PN-ABJ-872

Manejo de Suelos Tropicales en Latinoamerica

MANEJO DE SUELOS TROPICALES EN LATINOAMERICA

Editado por:

T. Jot Smyth
William R. Raun
Floria Bertsch

Trabajos presentados durante el II Taller
Latinoamericano de Manejo de Suelos Tropicales
San José, Costa Rica, 9-13 de julio, 1990

Co-Patrocinado por:

North Carolina State University
Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
Universidad de Costa Rica
U. S. Agency for International Development
Tropical Soil Management Collaborative Research Support Program

Publicado por:

Soil Science Department
North Carolina State University
Raleigh, NC 27695-7619, USA

1991

COMITE ORGANIZADOR DEL TALLER

Floria Bertsch, UCR

Freddy Sancho, UCR

T. Jot Smyth, NCSU

Héctor J. Barreto, CIMMYT

William R. Raun, CIMMYT

CONTENIDO

Prefacio.....vii

Estado actual de RISTROP. T. Jot Smyth.....1

Ensayos Regionales de Agronomía de los Programas Nacionales de Centroamérica y el CIMMYT, 1989. William R. Raun y Héctor J. Barreto.....8

SISTEMAS DE BAJOS INSUMOS.....13

Dinámica de Nutrimentos con Bajos Insumos, Sistema Arroz-Caupi en El Subtrópico Húmedo de la Provincia Carrasco, Bolivia. Jorge Aldunate y Raúl Mejia.....15

Adubação Fosfatada em Latossolo Amarelo para Cultura do Arroz (*Oriza sativa L.*) com Baixa Tecnologia em Rondônia-Brasil. Nelson F. Sampaio y Haroldo D. George.....23

Dinámica de Nutrimentos en un Sistema de Producción con Bajos Insumos en un Typic Dystropept del Trópico muy Húmedo, Río Frío, Heredia, Costa Rica. Floria Bertsch y Vidal Vega.....28

Dinámica de Nutrientes del Suelo en un Inceptisol Districo con Bajos Insumos en la Amazonia Peruana. Luis Zúñiga, Oscar Loli y R. Arce.....33

Dinámica de Nutrientes del Suelo Durante Tres Años de Cultivo de Bajos Insumos en un Ultisol de la Amazonia Peruana. T. Jot Smyth, Julio C. Alegre y Cheryl A. Palm.....39

Cultivos de Bajos Insumos para Suelos Acidos de los Trópicos Húmedos. Pedro A. Sánchez y José R. Benites.....48

Resumen de Resultados en Sistemas de Cultivo con Bajos Insumos. Manoel S. Cravo.....58

Recomendaciones del Grupo de Trabajo en Sistemas de Bajos Insumos.....61

SISTEMAS DE PASTURAS.....63

Establecimiento de Leguminosas Forrajeras en Praderas Poco Productivas de *Brachiaria decumbens*. Armando Ferrufino.....65

Problemas y Perspectivas en la Producción de Pastos: Experiencias en Suelos del Trópico Húmedo. Milton Villarreal Castro.....73

Avance de la Introducción de Leguminosas a Pasturas en Honduras. Linus Wege y Rubén Sinclair.....82

Productividad y Persistencia de Pasturas Asociadas Bajo Pastoreo en un Ultisol de Yurimaguas. Deysi Lara, Carlos Castilla y Pedro Sánchez.....86

Recientes Avances en el Desarrollo de Pasturas en el Trópico Latinoamericano. Miguel A. Ayarza....90

Resumen de Artículos Presentados Sobre Pasturas. Carlos Castilla....94

Recomendaciones del Grupo de Trabajo en Sistemas de Pasturas....95

SISTEMAS DE CULTIVO CONTINUO....97

La Precisión Experimental de los Ensayos Regionales con Maíz (*Zea mays L.*) a través de Centroamérica. Héctor J. Barreto y William R. Raun....99

Experiencias con Labranza de Conservación en Ladera, Sistemas Maíz-Sorgo y Maíz-Frijol, El Salvador. Víctor O. Mendoza, Heriberto Sosa, Héctor J. Barreto y William R. Raun....106

Disponibilidad del Fósforo en Bandas Localizadas de Superfosfato Triple y Yeso en un Vitrandept Molico Utilizando Dos Métodos de Extracción. Sonia Bonilla, C. de Asturias, William R. Raun y Héctor J. Barreto....110

Efectos de Intercalar Leguminosas a Diferentes Fechas de Siembra y Dosis de Fósforo Sobre el Rendimiento de Maíz (*Zea mays L.*), Centro América 1989. José L. Zea, William R. Raun y Héctor J. Barreto....115

Respuesta del Maíz a la Aplicación de Azufre y Fósforo en un Suelo Calcáreo de Ladera Bajo Labranza Convencional y Labranza Cero. Rodolfo Pierre, A. Robles, R. Celado, William R. Raun y Héctor J. Barreto....122

Evaluación de Fuentes y Métodos de Aplicación de Fósforo en el Cultivo de Maíz en 17 Localidades de Centroamérica, 1989. Román Gordon, William R. Raun, Héctor J. Barreto y T. Jot Smyth....128

Efecto del Encalado Antes de la Quema del Bosque Sobre el Rendimiento del Arroz, Maíz y Caupi en el Chapare, Bolivia. Alfredo Alvarado y Cleto Prado....133

Dinámica del Potasio en un Ultisol de Panamá. Benjamín Name, T. Jot Smyth y Enrique Márquez....138

Sistema de Cultivo com Altos Insumos na Amazônia Brasileira. Manoel S. Cravo y T. Jot Smyth....144

Manejo de Suelos con Cultivos Continuos en los Trópicos Húmedos del Perú. Julio C. Alegre, Pedro A. Sánchez y T. Jot Smyth....157

Manejo de Suelos en Cultivos de Importancia Agrícola en los Llanos Centrales de Venezuela. Eduardo Casanova....169

Respuesta de los Cultivos a la Fertilización en Areas de Agricultura Intensiva. Edgar Amézquita....175

Uso de Sistemas de Apoyo-Decisión para Hacer Recomendaciones de Cal y Fósforo. Russel Yost, T. Jot Smyth, Stephen Itoga y Zhi-Cheng Li....177

Resumen General de Artículos Sobre Cultivos Continuos. Edgar Amézquita....186

Recomendaciones del Grupo de Trabajo en Sistemas de Cultivo Continuo....187

SISTEMAS DE ARROZ BAJO RIEGO....189

Manejo de Solo de Várzea Para Arroz Irrigado na Amazônia Brasileira Central. Manoel S. Cravo y T. Jot Smyth....191

La Fertilización del Cultivo del Arroz Bajo Riego en Costa Rica. Alvaro Cordero....196

Respuesta del Arroz a la Fertilización Bajo Condiciones de Suelos Inundados. Luis A. Arévalo....206

Manejo Integrado de la Fertilidad en Arroz de Riego. Melitón Adams y Angel D. Rivillo....213

Resumen de Artículos Presentados Sobre Arroz Bajo Riego. Ricardo Melgar....218

Recomendaciones del Grupo de Trabajo en Sistemas de Arroz Bajo Riego....220

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA....223

Los Suelos del Area de Guaymí. Santander E. Jaramillo....225

Caracterización de la Fertilidad de Suelos de la Región Cafetalera de Santa Bárbara, Honduras. Carlos A. Moya....235

Correlación y Calibración de Soluciones Extractoras en Cuatro Grupos de Suelos de Costa Rica (Andisols, Inceptisol, Vertisols y Ultisols). Carlos Henríques, Gilberto Cabalceta, Eloy Molina y Arnoldo Gadea....242

Adelantos recientes en FCC. Stanley W. Buol....247

Resumen de la Sesión Sobre "Capacidad de Uso de la Tierra". Alfredo Alvarado....251

Recomendaciones del Grupo de Trabajo en Transferencia de Tecnología....252

SISTEMAS AGROFORESTALES 255

Situación de la Agroforestería en el Subtrópico Húmedo de la Región del Chapare - Bolivia. R. Delgadillo, Jorge Aldunate y Alfredo Alvarado 257

Seleção de Leguminosas Para Cultivo en "Alley-Cropping" sob Condições de Latossolo Amarelo em Porto Velho - Rondônia - Brasil. Marília Locatelli, Cheryl A. Palm y Marta dos Santos Ricci 264

Cultivos en Callejones: Algunos Resultados de Investigación en Yurimaguas - Cuenca Amazónica del Perú. Angel A. Salazar 267

Ensayo de Proveniencias de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. en un Ultisol de la Amazonia Peruana. Erick C.M. Fernandes 275

Agroforestería en Costa Rica y su Relación con el Manejo de Suelos. Gerardo Budowski 282

Avances Recientes de Investigación en Agroforestería. Cheryl A. Palm 283

Resumen de Artículos Presentados Sobre Sistemas Agroforestales. José Di Stefano 289

Recomendaciones del Grupo de Trabajo en Sistemas Agroforestales 291

CONTROL DE DEFORESTACION 293

Algunas Alternativas para el Desarrollo Agrícola y Forestal en Costa Rica. Alexis Vásquez M 295

Iniciativa para la Reducción de la Deforestación: un Imperativo para la Sostenibilidad del Mundo en el Siglo Veintiuno. Pedro A. Sánchez 298

Contribución de Investigación en el Manejo de Suelos para Control de Deforestación: Historia de Caso en el Paraguay. Enrique González E 303

Participantes del II Taller Latinoamericano de Manejo de Suelos Tropicales, San José, Costa Rica, Julio 9-13, 1990 305

PREFACIO

Los suelos acidos en el trópico representan aproximadamente 1.7 billones de hectáreas en países en desarrollo, muchos de los cuales se enfrentarán a una escasez de alimentos pronosticada para el ano 2000. El progreso en investigación en suelos durante la década pasada, ha contribuido al desarrollo de varias alternativas en manejo de suelos, las cuales explican diferencias en condiciones físicas y socio-económicas dentro de ecosistemas tropicales. Muchos de los componentes claves de estas practicas de manejo mejoradas deben ser evaluadas por investigadores locales que tienen interés en la adaptación de tecnologías para condiciones específicas por sitio. Existe la necesidad de validar y extrapolar tecnologías existentes en latinoamérica. En si, esto promueve interacción entre investigadores e instituciones, y ayuda en la identificación de modificaciones en practicas de manejo existentes.

Desde 1987, la Red de Investigación de Manejo de Suelos Tropicales (RISTROP) ha colaborado con científicos del programa nacional en todo Latinoamérica la cual provee un mejoramiento en la transferencia de tecnología y validación de practicas de manejo de suelos a condiciones locales. La red fue establecida a través de un taller de 21 días conducido por la Universidad Estatal del Carolina del Norte/TropSoils en Yurimaguas, Perú en 1986. El CIMMYT ha mantenido una red similar para Centroamérica y el Caribe para evaluar practicas de manejo de suelos mejorados para el cultivo de maíz. Esto se ha realizado a través de los Ensayos Regionales que lleva a cabo el CIMMYT en problematicas de fertilidad, sistemas alternativos en la siembra simultanea de leguminosas con el maíz y uso de la labranza de conservación. Los intereses mutuos y el hecho de que el RISTROP y el CIMMYT están colaborando con muchos de los mismos técnicos en Latinoamérica contribuye a la necesidad de aumentar la comunicación/ interacción entre los mismos para una mejor coordinación de los trabajos en suelos tropicales.

Las oportunidades para el intercambio de ideas entre técnicos son en si, motivadores para la participación en redes de investigación para el desarrollo de planes futuros. Los resultados preliminares acumulados por colaboradores en el RISTROP y los Ensayos Regionales del CIMMYT, fueron suficientes para justificar un taller en donde resultados presentes fueron comparados entre sitios de campo. Los objetivos del taller fueron: 1) promover el intercambio de información e ideas entre los colaboradores del las redes presentes, 2) evaluar progresos actuales en validación e investigación adaptados a un mejoramiento del manejo de suelos tropicales, y 3) modificar o cambiar planes para la continuación de la investigación de las redes. Un total de 103 científicos representando 43 instituciones de 15 países, participaron en el taller.

Los planes del taller fueron desarrollados en cooperación con cuatro instituciones patrocinadoras. La Universidad de Costa Rica ofreció ser el sede del taller y cordialmente apoyo esta actividad con sus instalaciones. El 'U.S. Agency for International Development' en San José dio apoyo a esta actividad con fondos para la conferencia. Las misiones del AID en Bolivia, Perú y Honduras colaboraron con fondos para los pasajes de los colaboradores de sus países respectivos. La oficina regional para la zona Andina del Potash and Phosphate Institute (INPOFOS) patrocinó un representante de Paraguay. El 'Soil Management Support Service', 'U.S. AID Science and Technology Office', 'Tropical Soil Biology Program', 'Sulphur Institute', CIAT e INPOFOS fueron representados en el taller. Fondos para los pasajes del resto de los científicos presentes fueron

donados por el CIMMYT, Tropsoils o NCSU. North Carolina State University con fondos del AID (AID/DAN-1406-G-SS-709400) contribuyo a la publicación de los artículos del taller en Inglés y Español y pasajes para los participantes.

Un total de 33 artículos sobre actividades de las redes y nueve papeles sobre tecnologías recientes en manejo de suelos fueron presentados en el taller y están incluidos en esta publicación. La mayoría de las presentaciones fueron agrupadas en secciones que representan seis sistemas específicos de manejo de suelos. Un resumen de los resultados de las redes en todas las localidades están incluidas con recomendaciones para futuras investigaciones basadas en las discusiones llevadas a cabo por el grupo esa misma semana.

Ningún taller, publicación o red puede cubrir la diversidad de intereses e investigación presente para mejorar el manejo de suelos tropicales en Latinoamérica. Se espera que esta colección de artículos no solo ilustra la magnitud de los esfuerzos de programas nacionales que han colaborado en el desarrollo y adaptación de prácticas mejoradas en el manejo de suelos tropicales, pero también provee información útil para otros científicos trabajando en áreas similares.

T. Jot Smyth William R. Raun Floria Bertsch

Estado Actual de RISTROP

T. J. Smyth[1]

ANTECEDENTES

Se estima que los suelos ácidos en los trópicos, clasificados principalmente como Oxisoles y Ultisoles, ocupan en Latinoamérica 798 millones de hectáreas (Nicholaides *et al.*, 1983). Aunque estos suelos comprenden una gran extensión de tierra potencialmente utilizable, restricciones químicas y físicas pueden limitar su productividad a menos que sean manejados apropiadamente. En los trópicos húmedos, por ejemplo, un incremento en el crecimiento de la población puede conducir a un incremento en deforestación y a un eventual desequilibrio en el manejo tradicional de la agricultura migratoria. Esto a su vez, conduce a una mayor deforestación y potencialmente a una sobreexplotación de los bosques tropicales.

Considerable progreso se ha hecho en el desarrollo de tecnologías de manejo adecuadas para suelos ácidos tropicales. Investigaciones realizadas por TropSoils (Programa de Apoyo Colaborativo para el Manejo de Suelos de la Agencia Internacional de Desarrollo de los Estados Unidos de Norteamérica) en colaboración con los Institutos de investigación nacionales han incluido los siguientes aspectos: 1) caracterización de suelos en relación a restricciones del paisaje y producción de cultivos; 2) evaluación de métodos de desmonte (desbosque); 3) estudios de dinámica a largo plazo para propiedades físicas, químicas y biológicas bajo diferentes sistemas de producción; 4) selección de germoplasma de árboles, cultivos y pasturas tolerantes a acidez y baja disponibilidad de nutrientes; 5) comparaciones de sistemas de cultivo; 6) manejo de barbechos provenientes de regeneración natural o especies introducidas; 7) hidrología de vertientes; 8) compatibilidad y persistencia de asociaciones de pastos y leguminosas bajo presión de pastoreo variable, y 9) recuperación de pasturas degradadas.

El Programa de Investigación de Suelos Tropicales de la Universidad de Carolina del Norte ha sistematizado sus hallazgos en una serie de opciones de manejo de uso de la tierra consistentes con las diferentes posiciones en el paisaje, limitaciones del suelo, aspectos socio-económicos existente en los trópicos húmedos. Este marco conceptual es ilustrado en la Figura 1 e incluye sistemas de manejo para arroz inundado en tierras bajas, cultivos continuos mecanizados con adiciones de cal y fertilizantes, cultivo con bajos insumos de especies tolerantes a acidez, pasturas (gramíneas-leguminosas) y agroforestería. Los mayores componentes de cada opción de manejo se pueden resumir como sigue:

Arroz bajo riego

Se efectúa en suelos aluviales que incluyen aproximadamente el 11% de la región Amazónica. Además de tener accesibilidad a agua y ventaja de transporte a los mercados por río, gran parte de estos suelos están caracterizados por sus condiciones de alta fertilidad. Investigación en suelos aluviales en Yurimaguas, Perú, condujeron a los siguientes principios generales: 1) la tierra es desmontada mediante tumba y quema y nivelada sólo para asegurar el flujo de agua por gravedad a lo largo de los contornos naturales; 2) el riego suplementario, ya sea por gravedad o bombeado de los ríos, aumenta los rendimientos en un 50% en relación al arroz en secano; 3) los rendimientos iniciales son más altos con trasplante aunque la siembra al voleo de semillas pregerminadas es igualmente efectiva en cultivos subsiguientes después de que las pozas son niveladas en forma adecuada; 4) bajo uso continuo, las respuestas a fertilizantes se limitan sólo a nitrógeno y 5) desde que 2 cultivos son obtenidos anualmente con un rendimiento promedio de 5.5 t/ha/año, una hectárea de arroz bajo riego rinde el equivalente a 14 ha de arroz de altura bajo sistema de agricultura migratoria (Arévalo *et al.*, 1983).

Cultivos continuos mecanizados

Esta opción está dirigida a agricultores ubicados cerca de áreas urbanas en donde la infraestructura de mercado asegura que la producción de cultivos alimenticios basada en fertilizantes pueda darse en forma continua. La clave para esta producción continua es una efectiva rotación de cultivos y una juiciosa aplicación de cal y fertilizantes. Si se asegura un crecimiento vigoroso del cultivo mediante adecuado encalamiento, fertilización y mecanización, las propiedades químicas del suelo mejorarán con el tiempo. En ensayos de cultivos continuos, actualmente en conducción, rendimientos sostenidos se han obtenido en 33 cosechas (13 años) en Ultisoles en Yurimaguas (Alegre y Sánchez, 1989) y en 17 cosechas (8 años) en Oxisoles en Manaus (Smyth y Cravo, 1989).

Cultivos de bajos insumos

Este sistema de manejo esta dirigido a agricultores en suelos ácidos, infértiles, en áreas rurales con capital e infraestructura de mercado limitados. Se trata de una tecnología de transición entre agricultura migratoria y otras opciones de manejo, la que permite producir cultivos por períodos cortos mientras el terreno es preparado para alternativas sostenidas de uso de la tierra. Las características principales del sistema son: 1) desmonte del bosque mediante tumba y quema; 2) uso de variedades de arroz y caupí tolerantes a acidez en rotación, en donde

1 Profesor Asistente en Ciencias del Suelo, Programa de Suelos Tropicales, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695-7619, USA.

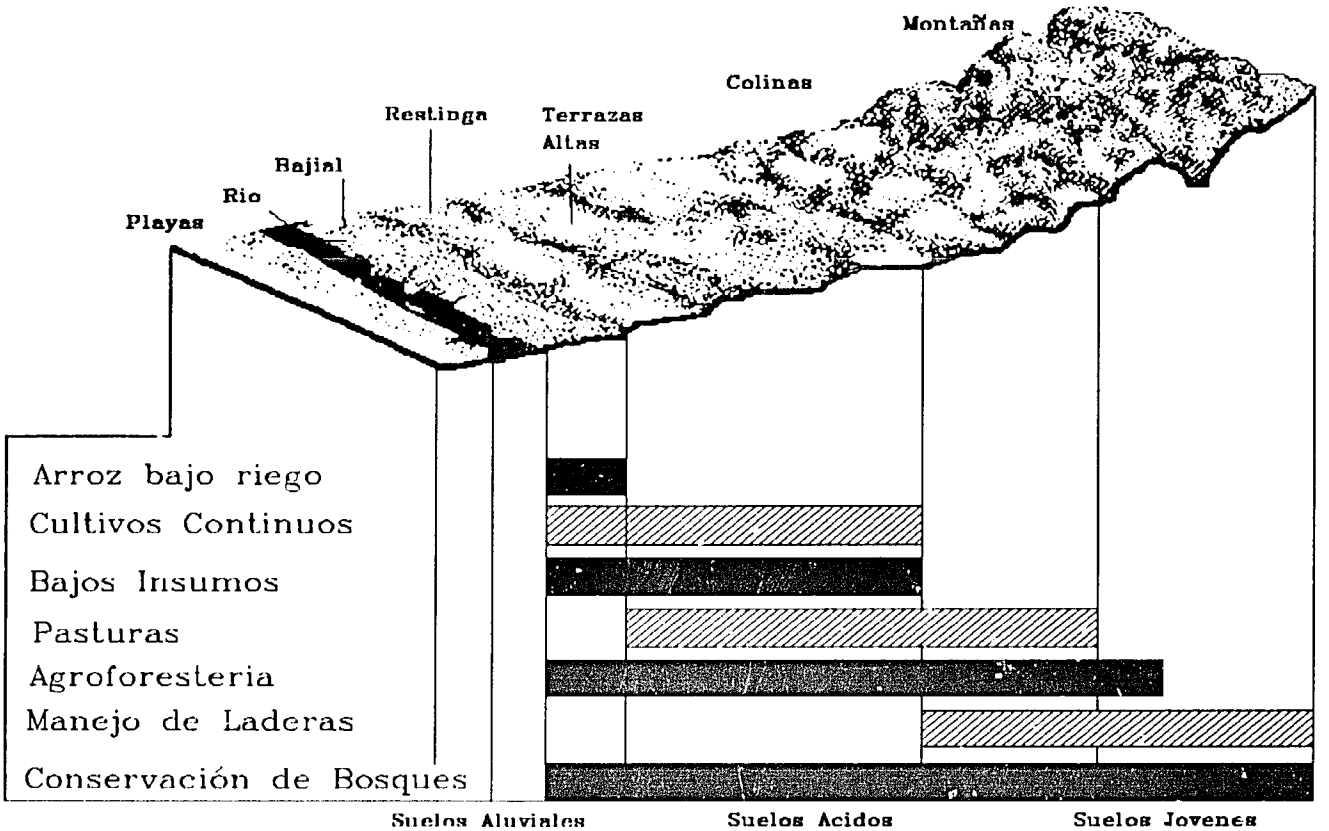


Figura 1. Opciones de manejo sostenidas como alternativa para la agricultura migratoria en los trópicos húmedos.

sólo el grano es removido para minimizar la exportación de nutrientes; 3) no uso de fertilizantes, cal o insumos orgánicos externos; 4) establecimiento de coberturas de leguminosas como barbechos cuando la competencia de malezas y deficiencia de nutrientes hacen el cultivo impracticable, y 5) después de un año, eliminación de los barbechos de leguminosas mediante tumba y quema para iniciar otras opciones de uso del terreno. Resultados actuales indican que el ciclo inicial de cultivo demora de dos a tres años reduciéndose en forma progresiva la duración de los ciclos subsiguientes después de cada barbecho de leguminosas (Sánchez y Benítes, 1987).

Asociación de pasturas gramíneas/leguminosas

Este sistema de pasturas esta dirigida la producción de animales de doble propósito (leche y carne) en granjas pequeñas en donde también se producen árboles y cultivos. Esta es una adaptación de la tecnología desarrollada por el Programa de Pasturas Tropicales del CIAT para ecosistemas de sabana, a condiciones del trópico húmedo. Las asociaciones de leguminosas con gramíneas fueron desarrolladas a través de una selección inicial para condiciones de suelos ácidos y posteriormente evaluadas por persistencia y compatibilidad bajo diferentes intensidades de pastoreo. Los ensayos que se vienen conduciendo por 11 años en Yurimaguas son los ensayos con repeticiones de mayor duración en los trópicos húmedos (Ayarza *et al.*, 1987). Si la actual persistencia de pasturas dominadas por especies leguminosas demuestra ser sostenida, un nuevo concepto para la producción de ganado podría emerger en los trópicos húmedos.

Agroforestería

Esta es una atractiva alternativa para la mayoría de los trópicos húmedos debido a que puede ser adaptada a un amplio rango de condiciones paisaje-suelo. La investigación ha sido enfocada en cuatro componentes principales del sistema: 1) selección y manejo de árboles leguminosos tolerantes a acidez; 2) sistemas de producción de árboles para alimento; 3) barbechos manejables, y 4) cultivos en callejones (Szott *et al.*, 1990). Las especies leguminosas han sido seleccionadas por su rápido crecimiento en suelos ácidos y su buena respuesta a poda, haciéndolas buenos candidatos para uso como árboles multipropósito (Salazar y Palm, 1987). Algunos de los barbechos de leguminosas evaluados han tenido la capacidad de restituir el abastecimiento de N, P y K y de suprimir malezas más rápido que los barbechos naturales. Las investigaciones en cultivos de callejones buscan superar problemas asociados con la disponibilidad de P en el suelo para los cultivos y la competencia entre árboles y cultivos.

Una vez que se obtuvo suficiente información de los principios fundamentales de las opciones de manejo se

Cuadro 1.Distribución de participantes por país, institución nacional y estación experimental en el Primer Taller Latinoamericano de Manejo de Suelos Tropicales.

País	Instituto Nacional	Lugar De Investigación	Numero de Participantes
Bolivia	IBTA	Chapare	3
Brasil	CEPLAC-CEPEC	Itabuna	1
	EMBRAPA	Belem	2
		Manaus	1
		Porto Velho	1
		Rio Branco	1
Colombia	UNIBAN	Uraba	2
Costa Rica	CATIE	Turrialba	1
	Univ. C. R.	Río Frío	1
Rep. Dominicana	ISA	Santiago	1
Ecuador	INIAP	Pichilingue	1
	PRONAREG	Quito	1
Guatemala	ICTA	Isabal	2
Honduras	Min. Rec. Nat.	Danlí	1
Panarná	IDIAP	Calabacito	2
Perú	IIAP	Iquitos	1
	INIPA	Pichis	1
		P. Maldonado	1
		Tingo María	2
		Iquitos	1
		Alto Mayo	1
		Tarapoto	1
	La Molina	Selva	1
	U. Amaz. Peruana	Iquitos	1

consideró apropiado empezar una validación sistemática y extrapolación de tecnologías a través de las instituciones nacionales de investigación en América Latina. Esto implicó un nivel mínimo de experiencia local en cada lugar de investigación. El Primer Taller Latinoamericano en Manejo de Suelos Tropicales se llevó a cabo en Yurimaguas en 1986 con el objetivo de 1) dar a conocer a científicos latinoamericanos las más recientes técnicas de caracterización y manejo de suelos tropicales y 2) identificar intereses comunes y dar el marco de inicio para la extrapolación y validación de resultados de investigación en un diseño en red. La Universidad Estatal de Carolina del Norte y el Instituto Nacional de Investigación Agrícola y Agroindustrial del Perú (INIAA) obtuvieron el auspicio del taller a través de la Agencia Internacional para el Desarrollo (U.S. AID), TropSoils y el Instituto Interamericano de Cooperación Agrícola (IICA). El material publicado fue también proporcionado por el Instituto Internacional de Agricultura Tropical (IITA), el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), el Servicio de Apoyo para el Manejo de Suelos (SMSS) y la Asociación Brasilera de Investigación en Potasio y Fósforo (POTAFOS).

La selección de participantes para el taller se basó en 1) el interés y capacidad demostrada por sus institutos en conducir investigación en manejo de suelos y 2) la designación de candidatos como personal directamente responsable de la conducción de tal investigación. Los 31 participantes que asistieron al taller representaban 23 centros de investigación distribuidos entre 15 instituciones nacionales en 10 países (Cuadro 1). Durante los 21 días de la reunión se suministró a los participantes las más recientes técnicas de campo y laboratorio y programas de computación usados en investigación en el manejo de suelos tropicales. Se presentaron aspectos fundamentales en caracterización de ecosistemas, química de suelos, fertilidad de suelos, física de suelos y análisis de suelos y plantas, en el contexto de su aplicabilidad de acuerdo a las opciones de manejo, tomando como ejemplo los experimentos de campo en Yurimaguas. Simultáneamente, se condujeron discusiones de grupo, dejando a los participantes compartir información de sus centros de investigación, problemas, prioridades de sus instituciones, así como también la potencial aplicabilidad de las diferentes opciones de uso del terreno a sus respectivos programas. Al final del taller, los participantes 1) identificaron los factores de manejo del suelo en cada opción de uso del terreno para investigación en red, 2) desarrollaron metodologías y requerimientos de infraestructura básica para experimentos con objetivos claramente definidos y 3) elaboraron guías operativas para la red a la que nombraron RISTROP (Red de Investigación de Suelos Tropicales).

Una descripción breve de los estudios dearrollados para cada opción de uso del terreno se presenta a continuación:

Arroz bajo riego

Objetivos:

1.Investigar sistemas de manejo de suelos aluviales para la producción de arroz bajo riego.

2.Evaluar, a través del tiempo, cambios en disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Estrategia:

Casi no existe experiencia local para la producción de arroz bajo riego en la Hoya Amazónica. La aceptación del sistema por los agricultores se cree que depende de que: a) los diques o canales persistan después de una inundación temporal, b) el mantenimiento de la inundación en las pozas reduzca las deshierbas y c) la siembra al voleo sea una alternativa viable para el trasplante, por lo tanto se planteó evaluar estos aspectos.

Cultivos continuos mecanizados

Objetivos:

1.Evaluar respuestas del cultivo a incrementos en niveles de fertilizantes potásicos en condiciones de cultivos continuos.

2.Evaluar los efectos de residuos de cultivos en la dinámica de K en el suelo.

3.Evaluar la respuesta del cultivo al fertilizante

potásico residual.

4.Determinar la influencia de niveles de K en las interacciones con Ca y Mg en suelos y plantas.

Estrategia:

Se estableció que las rotaciones de cultivos serían maíz-soya o maíz-caupí. Las respuestas en rendimiento a vegetación, presente en lugares con diferentes regímenes climáticos.

3.Establecer niveles de nutrientes del suelo para la formulación de recomendaciones mínimas de fertilizante para una producción sostenida de arroz de secano-caupí en suelos ácidos.

Cuadro 2.Distribución por país, institución y área de investigación de los científicos participantes en la red RISTROP.

País	Institución	Área de Investigación	Colaborador
Bolivia	IBTA/Chapare	Bajos insumos y Agroforestería	Ing. Jorge Aldunate
			Ing. Raúl Mejía
			Ing. Roberto Delgadillo
		Past. Mejoradas	Ing. Franklin Lastra
			Ing. Armando Ferrufino
		Sistema FCC	Dr. Alfredo Alvarado
Brasil	EMBRAPA/Manaus	Arroz Bajo Riego	Ing. Manoel Cravo
	EMBRAPA/P. Velho	Bajos Insumos	Dr. Nelson Sampaio
			Ing. Haroldo Duarte
		Agroforestería	Ing. Marília Locatelli
Costa Rica	Univ. C. R.	Bajos Insumos	Ing. Floria Bertsch
Guatemala	ICTA y CIMMYT	Cult. Continuos	Ing. Rosa M. Mayorga
			Ing. Francisco Olivet
			Dr. William Raun
Honduras	Min. Rec. Nat.	Past. Mejoradas	Ing. Jorge Rivera
			Ing. Conrado Burgos
			Dr. Linus Wege
	FHIA	Sistema FCC	Dr. Manuel Zantúa
			Ing. Carlos Moya
Panamá	IDIAP y CIMMYT	Cult. Continuos	Ing. Benjamín Name
		Sistema FCC	Ing. Santander Jaramillo
Perú	INIAA	Bajos Insumos	Ing. Luis Zúñiga
			Ing. Rafael Chumbimune
			Dr. Julio Alegre
Venezuela	Univ. Central Venz.	Arroz Bajo Riego	Dr. Melinton Adams
		Cult. Continuos	Dr. Eduardo Casanova
			Ing. Pedro Solórzano

K se evaluarían en 6 niveles variando de 0 a 250 kg K/ha. Los efectos de residuos de cultivos e interacciones se evaluarán en 4 tratamientos adicionales. El K sería controlado en el perfil del suelo y en el tejido vegetal.

Cultivos de bajos insumos

Objetivos:

1.Comparar la secuencia en la aparición de limitaciones de nutrientes, en suelos ácidos bajo producción de arroz de secano-caupí, en diferentes ecosistemas.

2.Comparar los efectos de la adición de nutrientes en la ceniza mediante la quema de diferentes tipos de

Estrategia:

Se diseñó un experimento común para todos los centros de investigación con 13 tratamientos de fertilización en bloques completos al azar con 4 repeticiones. En estos lugares existen regímenes de humedad údicos y ústicos, asimismo, la vegetación varía de bosque primario a sabana. Se estableció que el manejo posterior al desmonte debía ser constante para todos los lugares.

Pasturas asociadas gramíneas/leguminosas

Objetivos:

1.Determinar el método apropiado para renovar la

productividad de pasturas mediante la inclusión de leguminosas.

2.Determinar los efectos de la fertilización fosfatada en el establecimiento de las leguminosas.

3.Evaluar la persistencia de las pasturas asociadas en función del método de establecimiento.

Estrategia:

El experimento debía ser conducido en pasturas degradadas y se componía de 2 distintas fases: a) establecimiento de la leguminosa en función de la labranza y fertilización con P y b) dinámica de P y persistencia de la leguminosa en función del pastoreo. La fase inicial sería conducida en un experimento en red con 3 niveles de P, 2 métodos de labranza y 4 especies de leguminosas en un diseño de parcelas divididas con 3 repeticiones.

Agroforestería

Objetivos:

Mejorar la fertilidad del suelo y controlar la erosión e incidencia de malezas mediante barbechos mejorados en sistemas agroforestales.

Estrategia:

Se desarrolló un experimento para barbechos mejorados y dos para cultivos de árboles, en laderas y en topografía plana, respectivamente. El estudio de barbechos mejorados compara los efectos en el control de malezas, en la erosión del suelo y en la provisión de las reservas de nutrientes del suelo para cultivos subsiguientes, entre un barbecho seleccionado de árboles + cobertura de leguminosas (3 a 5 años) y un barbecho tradicional de bosque secundario (5 a 10 años). Los experimentos de cultivos de árboles comparan la productividad, la distribución de nutrientes y el uso de cultivos perennes seleccionados en sistemas multi-estrato. Los cultivos anuales estan excluídos del sistema en laderas.

Adelanto y Logros de RISTROP

Los participantes al taller establecieron las siguientes directrices para la estructura y operatividad de la red: 1) la validación y adopción de tecnologías mejoradas para el manejo de suelos ácidos y el intercambio de información adquirida entre colaboradores a lo largo de Latinoamérica serán objetivos comunes; 2) las actividades iniciales consistirán en los experimentos desarrollados durante el taller; 3) los costos de investigación en cada lugar serán cubiertos por las respectivas instituciones nacionales; 4) la coordinación central será proporcionada por una institución con acceso directo a la investigación en Yurimaguas, y 5) la participación en la red queda abierta a otras instituciones Latinoamericanas que no fueron representadas en el taller inaugural. La presente reunión es un resultado directo de la directriz final que estipuló que un segundo taller debería de conducirse en aproximadamente 2 años dándose énfasis a la evaluación y comparación de resultados preliminares entre los centros de la red.

Desde 1987, los fondos proporcionados por U.S. AID permitieron al Programa de Investigación de Suelos Tropicales de la Universidad Estatal de Carolina del Norte encargarse de la coordinación central y de dar

Cuadro 3.Propiedades del suelo en las localidades de investigación de RISTROP.

PAIS	LOCALIDAD	ENSAYO	pH	INTERCAMBIABLE Ca	Mg	K	Al	CIEC EFF.	SAT. Al	P ext. Me.	Ol.	P Abs.	C Org.
				----------cmol(+)/L----------					%	-mg/L-		mg/kg	%
Bolivia	Chipiriri	3	4.5	1.52	0.23	0.19	2.7	4.64	58	9	10	150	1.00
	La Jota	1 y 2	4.5	1.51	0.50	0.22	3.3	5.53	60	14	21	450	2.00
Brasil	Manaus	5	5.8	11.40	2.30	0.27	0.2	14.17	1	118	--	--	1.00
	P. Velho	1	3.8	0.13	0.11	0.08	2.4	2.72	88	6	10	375	2.09
		2	4.5	0.38	0.12	0.11	1.7	2.31	74	3	--	--	--
Costa Rica	Río Frío	1	5.9	7.66	1.52	0.29	0.2	9.67	2	2	4	--	4.61
Guatemala	Cristina	1	5.2	1.33	0.43	0.28	0.8	2.84	28	9	6	175	1.37
Honduras	Danlí	3	5.5	6.03	1.83	0.32	0.2	8.38	2	--	4	--	2.85
Panamá	Calabacito	4	4.5	1.90	0.32	0.10	5.1	7.42	69	2	3	350	1.10
Perú	Pichis	1	4.3	0.29	0.23	0.12	9.9	10.54	94	--	5	--	1.78
	Yurimaguas	1	4.4	0.56	0.23	0.08	0.8	1.67	48	6	7	175	1.08

1 = Bajos insumos, 2 = Agroforestería, 3 = Pasturas mejoradas, 4 = Cultivos continuos, 5 = Arroz bajo riego. P ext. = Fósforo extraible, Me. = Mehlich, Ol. = Olsen.

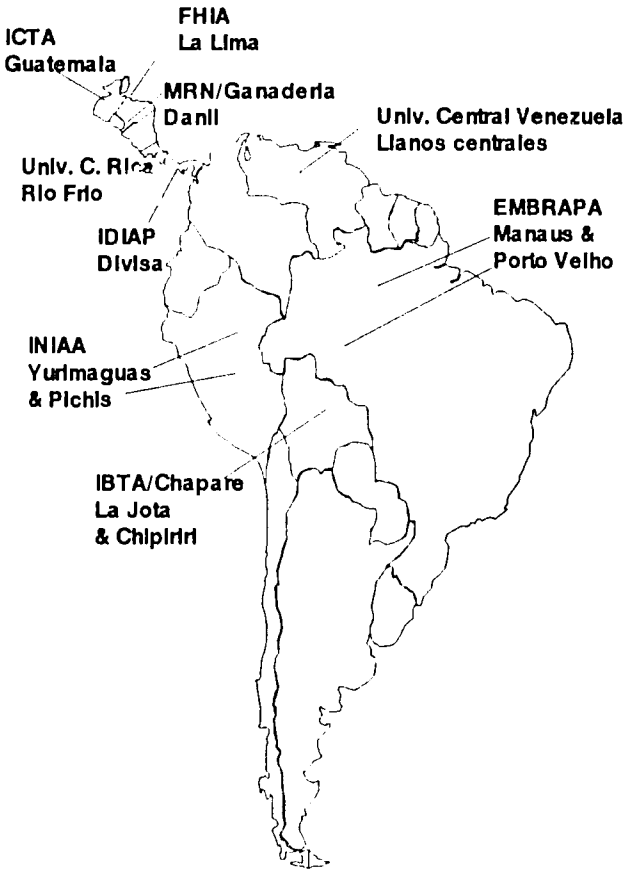


Figura 2. Ubicación de las localidades de RISTROP e instituciones nacionales colaboradoras en Latinoamérica.

apoyo técnico para RISTROP. El apoyo técnico fue delineado para suplir las necesidades de los colaboradores de la red en forma individual e incluyó la asistencia en la selección y caracterización de los lugares de investigación, ajustes en las metodologías para condiciones locales, análisis de suelos y plantas realizados en los laboratorios de la Universidad de Carolina del Norte, procesamiento de datos y búsqueda de material bibliográfico. Cada lugar de la red fue visitado anualmente para supervisar el progreso de la investigación, planear futuras actividades y mantener a los colaboradores y a las instituciones informadas de los avances a lo largo de la red. Los progresos en las actividades de RISTROP fueron incluidos en varios tipos de publicaciones (Caudle, 1988; Sánchez y Smyth, 1988; Smyth, 1986; Smyth, 1989; Smyth, *et al.*, 1989), para asegurar que las partes interesadas estuvieran al tanto de la existencia de la red y sus objetivos. El Boletín RISTROP (Smyth, 1988) fue creado como un informe de avances interno para los colaboradores de la red. Lazos fuertes de trabajo fueron también establecidos con la Red Centroamericana para Ensayos Agronómicos Estratégicos del CIMMYT, que son descritos en un artículo adjunto. La coordinación de actividades y el apoyo técnico entre las redes ha incrementado la accesibilidad de la experiencia en el manejo de los recursos naturales (suelo) y de los cultivos, para los colaboradores de los institutos nacionales América Central.

La localización de los experimentos RISTROP y las instituciones nacionales colaboradoras se muestran en la Figura 2. El área de investigación y los principales colaboradores para cada experimento son enumerados en el Cuadro 2. Las continuas actividades de la red están basadas en la directa colaboración de 27 científicos distribuídos en ocho países Latinoamericanos. El ensayo de cultivos de bajos insumos en Guatemala fue cancelado en 1988 debido a restricciones locales de financiamiento, sin embargo, la colaboración con ICTA y CIMMYT continúa en los ensayos de cultivos continuos mecanizados. Muchos colaboradores están realizando estudios relacionados con el sistema de Clasificación por Fertilidad y Capacidad (FCC) - sistema técnico de clasificación, que agrupa suelos de acuerdo a las limitaciones físicas y químicas para el manejo agrícola (Buol, 1987). Los ensayos en agroforestería desarrollados en el taller inaugural fueron modificados en el Taller para Cultivos en Callejones en Suelos Acidos conducido posteriormente en Yurimaguas, en diciembre de 1987, en el que participaron 16 científicos de 8 diferentes localidades de Latinoamérica. Los experimentos de campo fueron diseñados para permitir una secuencia sistemática en investigación, incluyendo la selección de especies de árboles adaptados, manejo de la frecuencia de podas, interacciones árbol-cultivo e interacciones nutricionales suelo-árbol-cultivo. Los ensayos actuales en agroforestería están enfocados hacia la comparación de producción de biomasa, frecuencia de podas y supervivencia de especies de árboles leguminosos locales e introducidos (Salazar, 1988).

Las propiedades químicas de los suelos en las localidades de la red, se muestran en el Cuadro 3. La precipitación anual varía de 1000 mm en Danlí a 5000 mm en las localidades bolivianas. Estos lugares incluyen Entisoles, Inceptisoles, Ultisoles y Oxisoles. Las opciones de uso de la tierra están siendo evaluadas en un amplio rango de suelos y regímenes climáticos. Las evaluaciones en cultivos de bajos insumos, por ejemplo, incluyen rangos de 2 a 88% de saturación de Al, 4 a 21 mg/L de P (Olsen modificado) y 175 a 450 mg/kg de P adsorbido a niveles de P en solución de 0.1 mg/L en 0.01 M $CaCl_2$.

Los actuales logros de la red ameritan las siguientes observaciones:

1.RISTROP no ha sufrido la reducción que podría esperarse para una red que requiere de financiamiento de instituciones locales para actividades de investigación de campo. De hecho, una comparación entre los actuales colaboradores (Cuadro 2) y los participantes al taller inagural (Cuadro 1), señala que 15 científicos y 2 instituciones se han unido a la red durante los últimos 3 años.

2.No hay una sola tecnología de manejo de suelos que

pueda aplicarse uniformemente a los suelos ácidos en Latinoamérica. Esto se evidencia prontamente por la variedad de ensayos en red iniciados, en los que se resalta la complejidad en el manejo de los recursos naturales en oposición al manejo de los cultivos.

EXPECTATIVAS DE LA RED

Durante sus tres años de existencia, RISTROP ha implementado exitosamente una serie de ensayos y ha establecido un mecanismo de intercambio de información entre los colaboradores dentro y entre los países Latinoamericanos. Una comparación de los resultados actuales, aunque inconclusos, debe darnos una buena indicación de los avances en la validación de tecnología y adaptación a condiciones locales. El continuo interés de TropSoils en los progresos de la red resulta de su mandato para desarrollar prácticas de manejo de suelos tropicales agronómica, económica y ecológicamente estables. Esto puede ser conseguido solamente mediante una retroalimentación de las instituciones nacionales colaboradoras, en cuanto a refinamientos y modificaciones los que deben ser examinados por sus programas de investigación. Existe solamente un limitado número de oportunidades para obtener tal retroalimentación en forma sistemática a lo largo de los trópicos y la mayoría incluye las redes representadas en esta reunión.

Ahora que RISTROP ha superado la fase de implementación, muchos puntos concernientes a sus futuras actividades y a su estructura operacional necesitan ser tratados. Una revisión de los resultados existentes puede indicar la necesidad de nuevos tipos de investigación, y la forma en que éstos deben hacerse, en forma individual o colectiva. El mantenimiento de la financiación local continúa siendo un serio impedimento para una mayor participación de los colaboradores de la red, por lo que el grupo podría considerar alternativas de financiamiento externo y desarrollar una estrategia para buscar el apoyo de donantes. De esta forma, los colaboradores podrían asumir roles más activos en la futura coordinación de la red. Esto podría incluir la creación de un comité directivo y/o consejero con responsabilidades claramente definidas para la revisión y planeamiento de las actividades de investigación, colección y diseminación de información y realización de visitas de supervisión a los experimentos en los países participantes.

LITERATURA CITADA

Alegre, J.C. y P.A. Sánchez. 1989. Central continuous cropping experiment. pp. 86-87. En N. Caudle (ed.) TropSoils Technical Report, 1986-1987. North Carolina State University, Raleigh, NC.

Arévalo, L.A., J.R. Benites, y D.E. Bandy. 1983. Paddy rice in the alluvial soils of the Peruvian Amazon Basin. INIPA, Yurimaguas, Perú. 25p.

Ayarza, M.A., R. Dextre, M. Ara, R. Schaus, K. Reátegui y P.A. Sanchez. 1987. Producción animal y cambios en la fertilidad de suelos en asociaciones bajo pastoreo en un Ultisol de Yurimaguas, Perú. Suelos Ecuatoriales 18:204-208.

Buol, S.W. 1987. Fertility capability classification system and its utilization. pp. 317-331. En M. Latham (ed.) Soil Management under Humid Conditions in Asia, Proceedings of the First Regional Seminar on Soil Management under Humid Conditions in Asia and the Pacific, Khon Kaen, Thailand, October 13-20, 1986. International Board for Soil Research and Management, Inc., Bangkok, Thailand.

Caudle, N. 1988. Soils network open to Latin American researchers. STAR 1(2):4-5.

Salazar, A. 1988. Taller sobre sistemas de cultivos en callejones en suelos ácidos del trópico. Diciembre 9-16, 1987. Yurimaguas, Perú. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria y Agroindustrial, Yurimaguas. 14p.

Salazar, A. y C.A. Palm. 1987. Screening of leguminous trees for alley cropping on acid soils of the humid tropics. pp. 61-67. En Gliricidia sepium: management and improvement. Nitrogen Fixing Tree Association Special Publication 87-01, Honolulu, Hawaii.

Sanchez, P.A. y J.R. Benites. 1987. Low-input cropping for acid soils of the humid tropics. Science 238:152-157.

Sanchez, P.A. y T.J. Smyth. 1988. Acid tropical soils network: a progress report. pp. 19-40. En M. Latham y P. Ahn (eds.) Land development and management of acid soil in Africa II: proceedings of the second regional workshop held at Lusaka and Kasama, Zambia from 9-16 April, 1987. IBSRAM Proceedings no. 7 International Board for Soil Research and Management, Bangkok, Thailand.

Smyth, T.J. 1989. Network development in Latin America: RISTROP. pp.14-15. En N. Caudle (ed.) TropSoils Technical Report, 1986-1987. North Carolina State University, Raleigh, NC.

Smyth, T.J. 1986. Report of the Latin American Workshop on Tropical Soils Management: Yurimaguas, Peru, August 31-September 21, 1986. North Carolina State University, Raleigh, NC. 45p.

Smyth, T.J. (ed.) 1988. Ristrop Bulletin. August, 1988. 5p. (Ingles y Español).

Smyth, T.J., J.R. Benites, D.E. Bandy, y P.A. Sanchez. 1989. Yurimaguas workshop. pp.10-13. En N. Caudle (ed.) TropSoils Technical Report, 1986-1987. North Carolina State University, Raleigh, NC.

Smyth, T.J. y M.S. Cravo. 1989. Nutrient dynamics. p. 148. En N. Caudle (ed.) TropSoils Technical Report, 1986-1987. North Carolina State University, Raleigh, NC.

Szott, L.T., C.A. Palm, P.A. Sanchez, J.M. Perez, E.C.M. Fernandes, A. Salazar, R.J. Scholes, B.Pashanasi, y C.B. Davey. 1990. Agroforestry systems for acid soils in the humid tropics. (in press).

Ensayos Regionales de Agronomía de Los Programas Nacionales de Centroamérica y el CIMMYT, 1989

W.R. Raun y H.J. Barreto[1]

INTRODUCCION

En mayo de 1989, se iniciaron tres experimentos regionales a través de Centroamérica con el fin de encontrar soluciones a problemas agronómicos comunes a cada país. Los tres tipos de ensayos no se encuentran necesariamente enfocados hacia el problema principal o prioritario en cada país, sino en realidad, hacia problemas de importancia que tienen características comunes en la mayoría de los países.

Una gran similaridad de parámetros biológicos y socio-económicos se encuentran en Centro América dado que las condiciones de cultivo y los suelos en las áreas donde se siembra el maíz son comparables. De hecho, otras regiones pueden poseer características similares que podrían ser enfocadas en forma parecida. Las áreas seleccionadas para este trabajo regional y resultados generales que se ha obtenido se presentan a continuación.

Rotaciones/Siembras Intercaladas de Leguminosas

Dado que la erosión es un problema fundamental en casi todos los suelos de ladera en donde se cultiva el maíz, la evaluación de opciones que incluyen una cobertura semipermanente al nivel del suelo, en asocio con el cultivo, complementarían los sistemas actuales de producción de maíz mediante la reducción de la erosión y el incremento de los niveles de materia orgánica del suelo.

El enfoque principal de estos ensayos es la evaluación de especies, fechas de siembra y fertilización con P y S. Estos ensayos han sido útiles en la identificación de leguminosas y fechas de siembras para varias especies. Hasta el momento se ha logrado una buena cobertura del suelo con una modesta reducción en el rendimiento del maíz cuando se utiliza Vigna unguiculata, variedad Costa Sur, como la especie intercalada. Dos de los sistemas evaluados han proporcionado un excelente control de malezas y evidencia de control de la erosión. Con respecto a la fertilización con P, se ha encontrado que el maíz intercalado con Canavalia ensiformis responde a los aplicaciones de P (40 kg P/ha), lo cual sugiere que quizá esta leguminosa tiene requerimientos altos de P. Se requieren estudios adicionales para determinar los requerimientos nutricionales de estas leguminosas intercaladas, para así disminuir el potencial de competencia por nutrientes con el maíz. Asimismo, se ha planteado la necesidad de asegurar la inoculación apropiada con Rhizobium para cada una de las leguminosas usadas en los ensayos. Futuros ensayos se enfocarán hacia densidades de siembras óptimas, y localmente, hacia la prueba de otras leguminosas asociadas que pueden tener potencial en la región. Debido a la importancia de obtener una buena cobertura al inicio del ciclo, cuando se siembra el maíz y cuando llegan las lluvias que causan la erosión, la fecha de siembra de las leguminosas para los ensayos de 1990 se han cambiado para que ocurran en forma simultánea con la del maíz. Dependiendo del manejo de las leguminosas, estos sistemas tienen el potencial de incrementar el nivel de materia orgánica del suelo y la fijación biológica de N, para así incrementar el contenido de N mineral. Sin embargo, en esta asociación existen problemas potenciales que deben ser cuidadosamente evaluados dado que la leguminosa intercalada compite con el maíz por agua y nutrientes. La discusión de los ensayos de siembras de leguminosas intercaladas con el maíz realizados durante 1989 se presenta en el papel de Zea et al. que forma parte de esta compilación.

Proyecto de Investigación en Fósforo y Azufre

En general, las metodologías de fertilización para suelos tropicales de origen volcánico han recibido, comparativamente, menos atención que otras áreas de investigación por parte de los programas nacionales en Centroamérica. Este trabajo se ha enfocado primordialmente a la identificación de sistemas apropiados de fertilización para suelos derivados de ceniza volcánica (Andisoles) deficientes en fósforo y/o azufre. Es importante mencionar que tanto el S como el P no deben considerarse independientemente, ya que ambos han demostrado interacciones antagónicas en términos de métodos de aplicación. Hasta el momento se han identificado métodos de aplicación de estos nutrientes que disminuyen, y en ciertos casos eliminan, la interacción PxS, mediante la aplicación localizada y conjunta de super fosfato triple (SFT) y yeso; de tal manera que al mismo tiempo que se corrige la deficiencia de azufre se incrementa la disponibilidad del P. Este método de fertilización ha demostrado una respuesta residual excelente y se ha planteado la hipótesis que es posible que estas fuentes reaccionen y formen precipitados de fosfato dicálcico (FD) y fosfato dicálcico dihidratado (FDD) y quizá otras formas incluyendo fosfatos de amonio.En los primeros dos ciclos de un ensayo en Cuyuta, Guatemala se utilizó este método de aplicar el SFT y yeso juntos y se midió la respuesta al efecto residual en los 2 últimos ciclos donde sólo urea a un nivel constante fue aplicado en todas las parcelas. Los resultados tienden a confirmar la disponibilidad tardía del fósforo que existe cuando se utiliza este método (Figura 1). En

1 Agrónomos del Programa Regional del CIMMYT para Centroamérica y El Caribe. Apdo Postal 231-A. Guatemala, C.A. Esta investigación fue apoyada parcialmente por el 'Sulphur Institute', Washington, DC., y el 'Texasgulf Co.', Raleigh, NC.

un suelo similar en Sitio Grande, El Salvador se ha demostrado este efecto residual en el frijol (Phaseolus vulgaris) donde se sembró en relevo de maíz, aunque no había una ventaja previa de este método en el cultivo de

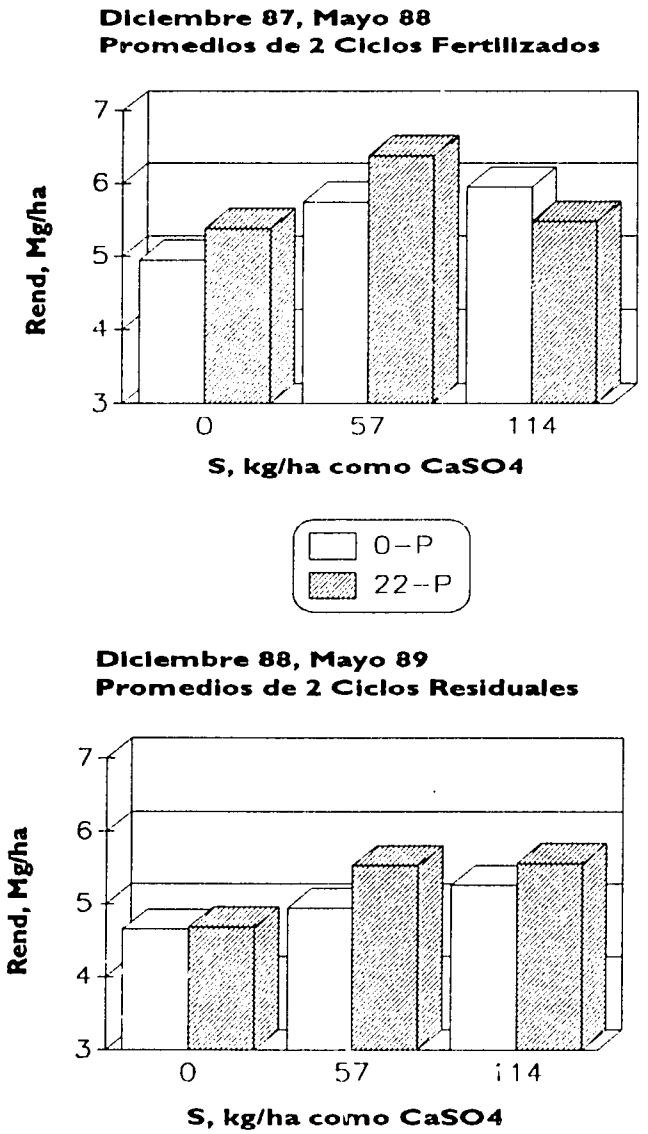


Figura 1. Respuesta a la aplicación de S, con y sin P en dos ciclos fertilizados y dos ciclos residuales en maíz, Cuyuta, Guatemala, 1987-89.

maíz (Figura 2). Considerando que el yeso es poco soluble, su disociación lenta puede favorecer la formación de FD y FDD debido al continuo aporte de Ca a la solución del suelo. A pH bajo, los precipitados de FD y FDD se esperarían que fuesen lentamente solubles y de esta manera se reduciría la cantidad de P que puede estar en contacto con oxidos e hidróxidos de Fe y Al y/o alófano. La discusión de los ensayos de fertilización con P y S realizados durante 1989 se presenta en el papel de Gordon et al. que forma parte de esta compilación. Ensayos de laboratorio en El Salvador utilizando dos métodos de extracción para comparar la disponibilidad del P a través del tiempo indican que la urea aplicada junto

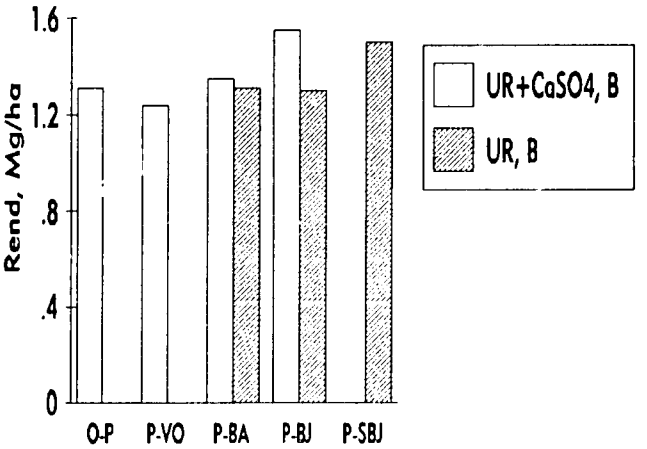


Figura 2. Efecto del método de aplicación del P en el cultivo de frijol en relevo de maíz, Sitio Grande, El Salvador, 1989 (BJ = banda junto, BA = banda aparte, SBJ = CaSO4 en banda junto, VO = voleo, B = banda).

con el SFT y el yeso afecta los productos de reacción y subsecuentemente el P disponible del suelo. En este experimento la aplicación conjunta de SFT y yeso demostró incrementos en P extractable con el método de Nelson, (1953), a través del tiempo. El método de Olsen et al., (1954) demostró reducciones en P extractable, especialmente cuando el SFT fue aplicado junto con el yeso (Figura 3). El contraste entre el P extraido por estos dos procedimientos era de esperarse dado que los dos métodos extraen diferentes formas de P. Estos datos se discuten más ampliamente en el trabajo de Bonilla et al., que aparece en esta compilación de documentos.

El método de aplicar el SFT junto con el yeso aparentemente funciona bien en otros tipos de suelo acidos (p.e. Ultisoles). Métodos generados a partir de estos ensayos podrían ser útiles en la Región Andina donde tanto los suelos como las condiciones para producción de maíz son similares.

Trabajos colaborativos adicionales de invernadero en Panamá, fueron establecidos para determinar la respuesta a la aplicación del S en cuatro suelos tropicales y para determinar niveles críticos de S del suelo. Los niveles críticos de S de estos suelos fueron el doble de los reportados por Fox et al., 1964. En dos suelos Ultisoles estudiados en este experimento, los datos sugieren un alto potencial de adsorción de SO_4^{-2}. El potencial para una alta capacidad de intercambio aniónico en suelos acidos altamente meteorizados, requiere de más investigación debido a que el P puede competir por los sitios de adsorción en el suelo y podría causar mayor lixiviación del SO_4^{-2} que puede estar a niveles deficientes (Kamprath et al. 1956).

Proyecto de Investigación en Labranza de Conservación

La labranza de conservación como sistema para reducir la erosión, ha sido evaluada intensamente en las

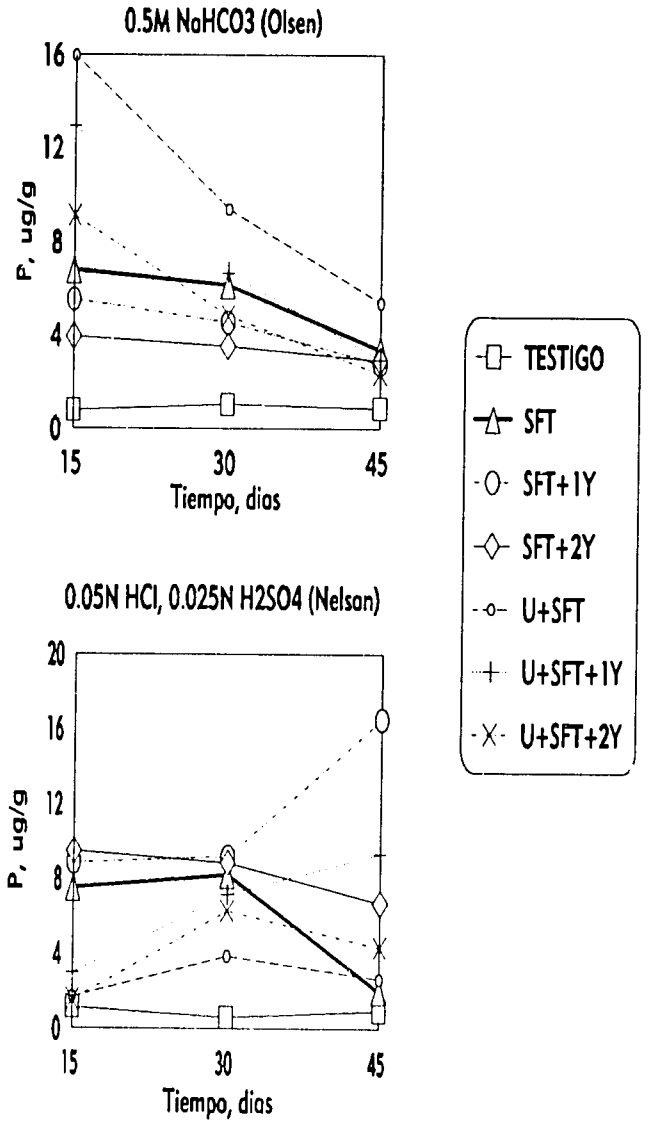


Figura 3. Fósforo extraible a través del tiempo (dias) en 7 tratamientos utilizando dos métodos de extracción, El Salvador, 1989.

regiones subtropicales; sin embargo, esta práctica no ha sido cuidadosamente documentada ni se encuentra ampliamente adoptada por los agricultores del trópico. Aún en los casos en que esta práctica se recomienda, a veces en forma indiscriminada, existe evidencia contradictoria con respecto a su aptitud de uso en diferentes suelos. Al considerar alternativas para la reducción de la erosión de suelo, la labranza de conservación aparece como una alternativa muy prometedora ya que no requiere de labor manual para la construcción de infraestructura como es el caso de las terrazas y otras obras tradicionales de conservación de suelos. Se considera de gran importancia el continuar la demostración de los beneficios de la labranza de conservación en suelos de ladera, aptos para este tipo de manejo, en donde existen problemas severos de erosión. Aunque la gran mayoría de los ensayos para los otros proyectos se manejan bajo labranza de conservación, en 1988 se realizaron ensayos específicos de comparación de la labranza de conservación en El Salvador y en la República Dominicana.

En la República Dominicana los rendimientos de maíz fueron menores cuando la labranza cero fue utilizada en comparación a la labranza convencional (Figura 4). Una mayor inmovilización del N y/o una mayor lixiviación del NO_3, quizá contribuyeron a este efecto. A pesar de que los rendimientos de grano fueron inferiores bajo labranza cero, los beneficios de la labranza cero para controlar la erosión, se consideran de esencial importancia para esta región. Bajo labranza convencional se observó una respuesta significativa en el rendimiento a la aplicación de S, la cual posiblemente se debe a las perdidas por volatilización del S cuando los residuos vegetales del ciclo anterior se queman (Figura 2). Alternativamente, la respuesta a la aplicación de S se esperaba que fuese

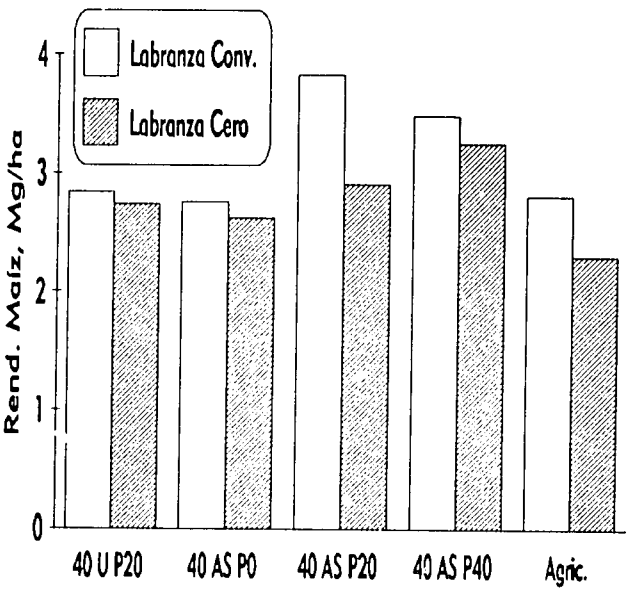


Figura 4. Efecto de aplicar el N, P y S bajo labranza cero y convencional en el área de Luperon, Republica Dominicana. (U = urea, AS = sulfato de amonio, P0, P20, P40= dosis de P en kg/ha respectivamente).

limitada bajo labranza cero debido a que las reservas de S orgánico mineralizables se consideraban mayores bajo este sistema de cultivo. Dosis más altas de P fueron necesarias para obtener rendimientos similares bajo labranza cero comparado con labranza convencional, lo que sugiere que quizas posible diferencias de pH en el suelo superficial, como consecuencia del método de labranza, podrían haber afectado la disponibilidad de este elemento. Una mayor información sobre este trabajo se presenta en el documento de Pierre et al. que forma parte de esta compilación.

A pesar de que la labranza de conservación ha demostrado un alto potencial para disminuir la erosión en tierras marginales de ladera, la adopción de esta tecnología por los agricultores ha llegado a ser un aspecto crítico que requiere ser estudiado detalladamente. La documentación

de la adopción de prácticas conservacionistas mediante la labranza cero, en el área de Metalío-Guaymango en El Salvador (3000 ha actualmente bajo labranza cero), ha sido iniciado como un proyecto conjunto del Programa Nacional de ese país con participación activa del CIMMYT, tanto en la parte de agronomía como en los aspectos socio-económicos. La información preliminar sobre esta región que ha sido recolectada hasta el momento se presenta en el trabajo de Mendoza et al. que forma parte de este documento. La documentación de la adopción de prácticas de conservación de suelos en otras regiones (p.e. las rotaciones con leguminosas en el Litoral Atlántico en Honduras), se realizarán en la medida que el tiempo lo permita y se obtenga una mayor experiencia metodológica para este tipo de estudios.

DISCUSION

La implementación de un proyecto regional presenta un reto en relación a la investigación agrícola tradicional, en el sentido que plantea hipótesis no-convencionales con el fin de generar resultados de investigación más eficientemente para la región como un todo. Aunque la ubicación geográfica y las características de la región Centroamericana facilitan, hasta cierto punto, la selección de problemas comunes en forma regional; como científicos, es necesario identificar ese "algo" que hace de un problema, una circunstancia única en términos de su comprensión y del desarrollo de soluciones adecuadas. Sea que se hable del ambiente "climático", "social" o del ambiente "suelo" debe siempre existir un enlace común para hacer una interpretación correcta de la estrategia a seguir en un programa de investigación.

Una limitación de los ensayos regionales de este tipo radica en su inhabilidad relativa de enfocarse rígidamente en áreas de investigación agronómica que tienen el mismo nivel de prioridad dentro de cada país. Sin embargo, al considerar que el producto final de la investigación agronómica es generar o mejorar recomendaciones existentes, los ensayos regionales deben considerar el área total de impacto y no solo la magnitud de los incrementos potenciales del rendimiento para una región dada con restricciones severas en la producción.

Las consultorías técnicas por parte de la Universidad Estatal de Carolina del Norte (USA) han proporcionado elementos importantes para el diseño de proyectos de campo con un enfoque regional.

A través de la colaboración horizontal en esta región, con características climáticas y edafológicas similares, el potencial de utilización de la información obtenida en diferentes países brinda una nueva alternativa, quizá más eficiente, para realizar investigación con recursos limitados para el beneficio de toda la región.

LITERATURA CITADA

Fox, R.L., R.A. Olson y H.F. Rhoades. 1964. Evaluating the sulfur status of soils by plant soil tests. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 28:243-246.

Kamprath, E.J., W.L. Nelson y J.W. Fitts. 1956. The effect of pH, sulfate and phosphate concentrations on the adsorption of sulfate by soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 20:463-466.

Nelson, W.L., A. Mehlich, y E. Winters. 1953. The development, evaluation, and use of soil tests for phosphorus availability. Agronomy 4:153-188.

Olsen, S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe, y L.A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Dep. of Agric. Circ. 939.

Los trabajos que se incluyen en esta publicación de parte del Programa Regional de Maíz para Centroamérica y El Caribe y el CIMMYT representan el esfuerzo combinado de los investigadores cuyos nombres aparecen a continuación. Sin embargo, en los diferentes documentos solo se citan aquellos investigadores que prepararon y expusieron el trabajo en extenso durante el II taller latinoamericano de manejo de suelos tropicales realizado en San José, Costa Rica, Julio 9-13, 1990. La Comisión Ejecutiva desea expresar los más sinceros agradecimientos a todos y cada uno de los integrantes del programa regional de maíz para Centroamérica y El Caribe por sus contribuciones científicas que creemos constituyen un valioso aporte a la investigación agrícola en Centroamérica y El Caribe.

Román Gordón M.
Presidente, Comisión Ejecutiva
Programa Regional de Maíz para Centroamérica
y El Caribe

Costa Rica:	Franciso Corella
	Kenneth Jiménez
	Walter González
Nicaragua:	Pablo Flores
	Marvin Obando
	Julio Pérez
	Roger Urbina
	Marco Mendoza
	Juan Carlos Ruiz Miranda
El Salvador:	Victor Mendoza
	Heriberto Sosa
	Ana Gertrudis Alvarado
	Sonia Bonilla
	Edgar Ascencio
Panamá:	Román Gordón
	Andrés González
	Nivaldo De Gracia
	Alberto Moreno
	Efraín Vargas
Guatemala:	Nery Soto
	Carlos Pérez
	Luis Larios
	José Luis Zea
	Baltazar Moscoso
	Mario Fuentes
	Eduardo Landaverry
	Humberto Alarcón
	Luis Quemé
República Dominicana:	Rodolfo Pierre
	Ramón Celado
	Ambrosio Robles
Honduras:	Gustavo Lopez
	Justiniano Díaz
	Franklin Osorio
	Osmedi Cerna
	Romulo Pascua
	Roger Flores
	Gerardo Lavaire
	Elio Dúron
Haiti:	Levael Eugene

SISTEMAS DE BAJOS INSUMOS

Dinámica de Nutrimentos con Bajos Insumos, Sistemas Arroz-Caupi en el Subtropico Húmedo de la Provincia Carrasco, Bolivia

Jorge Aldunate y Raúl Mejía[1]

INTRODUCCION

Los suelos ácidos tropicales infértiles abarcan alrededor de 498 millones de hectáreas de potencial de tierra utilizable en el mundo y son considerados marginales para la producción agrícola (Lopes *et al.*, 1987). El cultivo en estos suelos está precedido por la remoción del bosque por diferentes métodos de desmonte, donde predomina el sistema tradicional de roza, tumba y quema (Seubert *et al.*, 1977; Smyth y Bastos, 1984). Al igual que en estas regiones, en el área subtropical húmeda del departamento de Cochabamba que comprende las provincias Chapare y Carrasco (Chimoré), se practica el mismo sistema de quema al final del invierno, para posteriormente sembrar arroz a secano como cultivo de cabecera (Salaues y Fuentes, 1979).

Si bien la agricultura migratoria basada en la quema es el sistema tradicional de los trópicos que menos deterioro causa al medio ambiente (Nye y Greenland, 1960) ésta debe estar relacionada a aquellos sistemas que involucran períodos relativamente largos de barbecho y además considerar el movimiento de sitios del cultivo (Ruthenberg, 1980). En la zona (Chimoré) se practicaba hasta 1980 un tipo de agricultura migratoria basada en la quema del bosque o barbechos de más de 10 años de edad, involucrando, la primera fase, cultivos de ciclo corto hasta concluir en un asocio de cultivos perennes (coca-críticos). Posteriormente debido a las altas ganancias de la coca se dio una mayor presión demográfica sobre el uso de la tierra que produjo a su vez cambios en los patrones de producción y una disminución en los períodos de barbecho, cortándose los mismos a 5 años para producir coca, planta de excelente plasticidad agroecológica.

La fertilidad de los suelos de la región después de la quema y cultivos sucesivos como arroz-maíz, yuca y banano, declina de acuerdo a la edad del barbecho, la intensidad y manejo del suelo. En los sistemas con cultivos de ciclo corto la productividad se mantiene hasta los 18 meses después de la quema y en los de ciclo largo, como el banano, este período está alrededor de los 3 años. Posteriormente, el agricultor practica una agricultura itinerante de cultivos dentro de los límites de su dotación de tierras (10-20 ha).

Esta situación, puede ser modificada practicando una agricultura continua que proporcione rendimientos sostenidos con tecnología basada en un uso racional de los suelos, utilización de cal y fertilizantes (Sánchez, 1987). A este respecto existen ejemplos de producción de cosechas sostenidas y continuas en suelos ácidos del trópico húmedo en países como Perú (Sánchez *et al.*, 1983) y Brasil (Smyth y Bastos, 1984), basados en estudios sobre la dinámica de nutrimientos; entendida como el seguimiento o monitoreo de los parámetros de fertilidad del suelo en relación al tiempo después de la quema o al inicio del cultivo (Sánchez, 1987).

El conocimiento de la dinámica de nutrimientos ha sido utilizada como guía para establecer juiciosos programas de fertilización y productividad sostenida (Sánchez *et al.*, 1983). Este conocimiento también permitirá la no utilización o la utilización mínima de recursos que permitan al agricultor realizar la inversión mínima necesaria para mantener su sistema de producción (bajos insumos).

El presente trabajo, se realizó para estudiar la secuencia de aparición de las limitaciones nutricionales de un suelo ácido (Typic Dystropept) después de la quema de un barbecho de 11 años en el sistema arroz-caupí. Asimismo, determinar el efecto del aporte de nutrimientos al suelo después de la quema y con base en estos estudios establecer niveles críticos de nutrimientos que permitan efectuar recomendaciones juiciosas de fertilización para obtener una producción sostenida en el sistema arroz-caupí. Por otra parte, el presente estudio también permitirá recopilar e intercambiar información sobre la dinámica de nutrimientos bajo diferentes condiciones de clima, suelo y manejo entre los países participantes en la Red Latinoamericana de Suelos Tropicales (RISTROP).

MATERIALES Y METODOS

Descripción del Sitio Experimental

El presente estudio se llevó a cabo en la Estación Experimental La Jota, dependiente del Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA), ubicada en la zona de Chimoré a 16° 17' de latitud Sur y 65° 10' de longitud Oeste con una altura de 225 msnm.

Fisiográficamente el Chapare es una llanura aluvial que incluye formaciones de colinas bajas, con áreas relativamente extensas sujetas a inundaciones periódicas (PRODES, 1981). En la zona predomina un clima de bosque húmedo subtropical en transición a tropical, caracterizada por altas temperaturas y humedad con precipitaciones que fluctúan desde 3,500-4,300 mm (Figura 1). La temperatura media anual para el período en cuestión (1987-1989) fue de 24.6° C, las temperaturas máximas y mínimas anuales fueron de 29.3 y 20.0° C, respectivamente (Figura 1 y 2). Es de hacer notar que existen períodos cortos (días) en los meses de junio y julio durante los cuales la temperatura baja hasta los 7° C por

[1]Jefe de Investigación Agrícola y Técnico de Suelos del Proyecto IBTA/Chapare, respectivamente. Casilla 1983, Cochabamba, Bolivia.

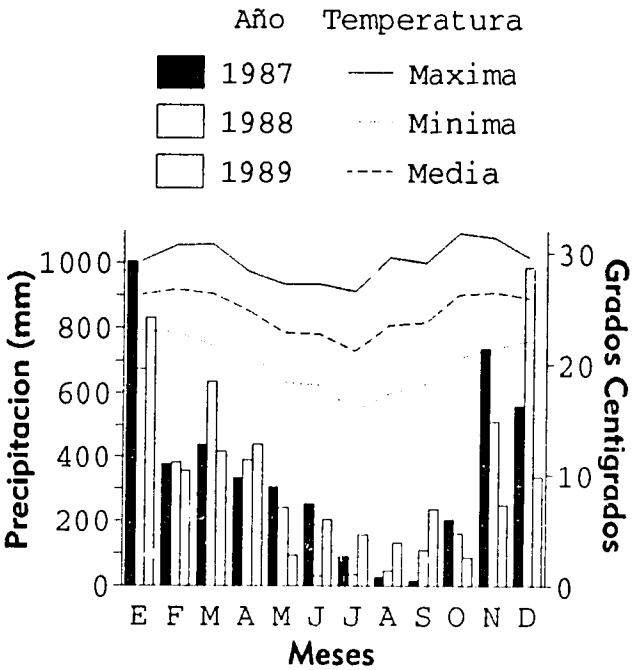


Figura 1.Precipitación pluvial (mm) y temperatura máxima, mínima y media mensuales (° C) para el periodo 1987-1989. Est. Exp. La Jota, Chimore, Bolivia.

la presencia de los vientos fríos que llegan del sur.

El suelo es de origen aluvial, de reciente formación cuyo perfil típico consta de deposiciones de arcilla, limo y arena con una escasa capa de material orgánico; está clasificado como Typic Dystropept (verificado por S.W. Buol), de textura franco arcillo-limoso y de régimen isohipertérmico. Las curvas de sorción elaborados mediante el método de Fox y Kamprath (1970) para nueve suelos del Chapare, establecieron valores de retención de 450 a 950 ug P/g suelo cuando 1000 ug P/g de suelo fueron adicionados. El P disponible (Olsen modificado) según Alvarado *et al* (1989) fluctúa entre 5 y 24 mg/L, con valores inferiores en suelos con alta saturación de Al intercambiable.

Antecedentes del Lote Experimental

El experimento se inicia en un bosque secundario de 11 años de edad (chume o barbecho), constituido por especies del tipo perennifolio con predominancia de árboles como la *Cecropia* sp. (ambaibo), *Ochroma lagopus* (balsa), *Inga* sp. (pacay) y otros de menor frecuencia (Cuadro 1).

Diseño experimental

El diseño experimental previsto fue de bloques al azar con 13 tratamientos con cuatro repeticiones y cada parcela fue de 5m x 10m. Los tratamientos fueron un testigo sin rastrojo, un testigo con rastrojo, tres niveles de N, tres niveles de P, tres niveles de K y dos dosis de cal. Ninguno de estos tratamientos se llegó a aplicar por no presentarse limitantes nutricionales en los análisis foliares y de suelos (en los tres cultivos) realizados en la E.E. de San Benito.

Cuadro 1.Composición florística del bosque secundario de 11 años del sitio del experimento.

Nombres Comunes	Nombres Científicos
Ambiabo	*Cecropia* sp (dominante)
Palula, Malba	Desconocido
Mechero, Fosforillo	Desconocido
Palo blasa	*Ochroma lagopus* (dominante)
Leche leche	Desconocido
Pacay	Varias (*Inga* sp.)
Blanco y otros	Desconocido
Papayón	*Jacaratia* sp.
Llausamora	*Heliocarpus* sp.
Palo hediondo	*Cyrocarpus* sp.
Tomatillo	*Solanácea*
Palmito	*Euterpe* sp.
Jacarandá	*Copai*
Suncho	*Tesaria integrifolia*
Laurel	*Ocodea* sp. o Cordia
Sanancachi	Desconocido
Palo blanco	Desconocido
Palo amarillo	*Stemmadenia* sp.
Charque	Desconocido
Chillicchi	*Erythrina* sp.
Palo santo	*Thyrplaris americana*

Procedimiento en el Campo

En agosto de 1987 se inició la roza y tumba de 1 ha de bosque secundario de 11 años, utilizando para el efecto hacha y motosierra, con previa demarcación de 4 parcelas de muestreo de biomasa en un área homogénea de 0.5 ha. La estimación de la biomasa en el bosque secundario (chume o barbecho), se realizó de acuerdo a metodología empleada por Palm (1986). Bajo este enfoque metodológico, en cuatro parcelas de muestreo distribuidos entre los transectos, fue medido el peso de los árboles con diámetro altura pecho (DAP) mayores a 15 cm; los árboles con DAP menores a 15 cm fueron muestreados dentro de un área de 50.26m^2. Los componentes pequeños más uniformemente distribuidos, como hojarasca y sotobosque, fueron muestreados en superficies de 0.0625 y 1m^2, respectivamente.

Después de realizar el muestreo destructivo de la parte aérea, se procedió el 25 y 26 de septiembre al muestreo de suelos antes de la quema a 0.20 m de profundidad por seis transectos y localidades para lograr

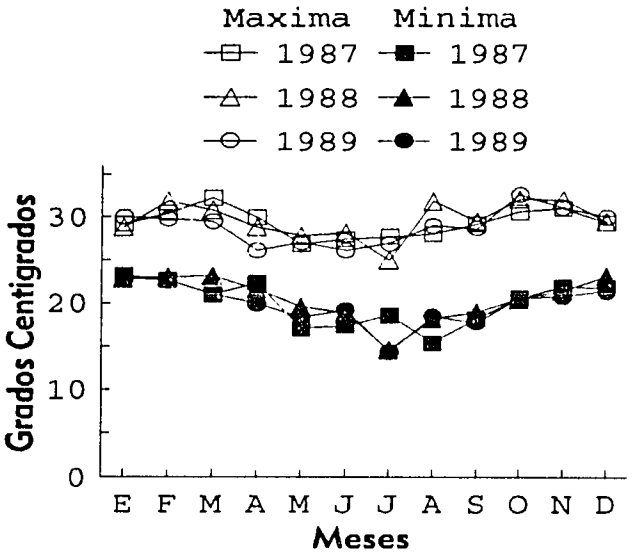


Figura 2.Temperaturas máximas, mínimas promedio (°C) 1987-1989 Est. Exp. La Jota, Chimore, Bolivia.

un total de 36 muestras. Para la recolección de ceniza se colocaron 25 bandejas de 0.50 x 0.50m entre los transectos de acuerdo a sorteo de coordenadas cartesianas, debajo de la hojarasca y palos. Posteriormente se realizaron muestreos sistemáticos de suelos un mes después de la quema (1MDQ) que coincidió con la siembra del arroz; al inicio de la floración del caupí (12MDQ) y a la floración del maíz (18 MDQ). Asimismo, se realizaron muestreos foliares al tiempo de floración en arroz, caupí y maíz.

La siembra de arroz, variedad Bluebonnet fue realizada con sembradora manual; para caupí variedad VITA-7 y el maíz, var. Acros 8136, se utilizó un punzón. Posteriormente el terreno permaneció en barbecho durante 10 meses, para luego iniciar la plantación de cultivos perennes asociados con cultivos anuales.

Durante el segundo y tercer cultivo (caupí-maíz), el rastrojo del cultivo anterior fue removido de dos parcelas por repetición (tratamientos 1 y 6). Se evaluaron datos de rendimiento de los cultivos en cuestión.

Procedimientos de Laboratorio

Los análisis de suelo, foliares y de materia seca se

Cuadro 2.Biomasa aérea evaluada en un bosque secundario de 11 años. Experimento bajos insumos RISTROP, Est. Exp. "La Jota", Chimore-Bolivia.

BIOMASA	SITIOS DE MUESTREO A	B	C	D	PROM.
	t/ha				
Hojarasca	15.84	12.96	10.44	11.20	12.61
Sotobosque	11.80	19.20	15.60	11.60	14.55
Arboles < 15DAP	14.65	25.65	9.52	31.42	20.31
Arboles > 15DAP	52.82	42.74	63.74	54.61	53.39
TOTAL	95.11	100.18	99.30	108.83	100.86

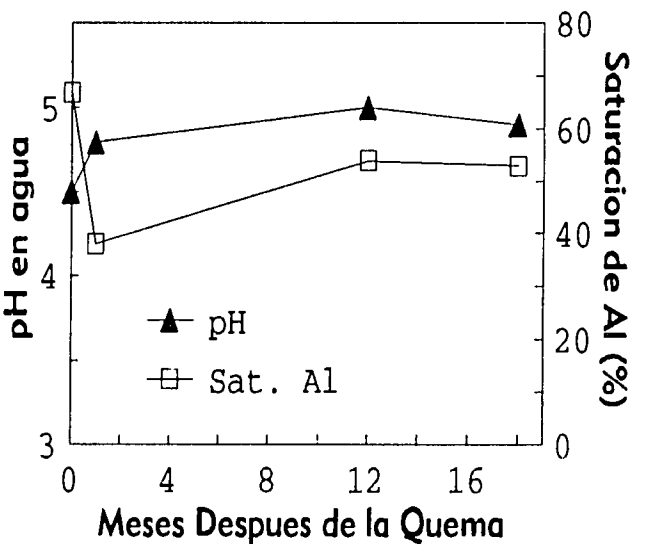


Figura 3.Variación del pH y la saturación de Al (%) en un suelo Typic Dystropept antes y despues de la quema de un barbecho de 11 años. Est. Exp. La Jota, Chimore, Bolivia.

realizaron en el laboratorio de la E.E. de San Benito. El pH fue determinado en una solución suelo y agua de 1:2.5. Calcio, Mg y K fueron extraídos, con acetato de amonio y determinados por espectrofotometría de absorción atómica. El Al fue extraído con una solución KCl 1N y determinado por titulación con NaOH al punto final de fenoltaleína. Fósforo disponible en el suelo y micronutrientes fueron extraídos con solución Olsen modificado y determinadas, el P por colorimetría y el restante por absorción atómica. Las mismas muestras de suelos fueron enviadas al laboratorio de Suelos de la Universidad Estatal de Carolina del Norte (NCSU) para su comprobación y comparación con los análisis realizados en San Benito, Cochabamba-Bolivia.

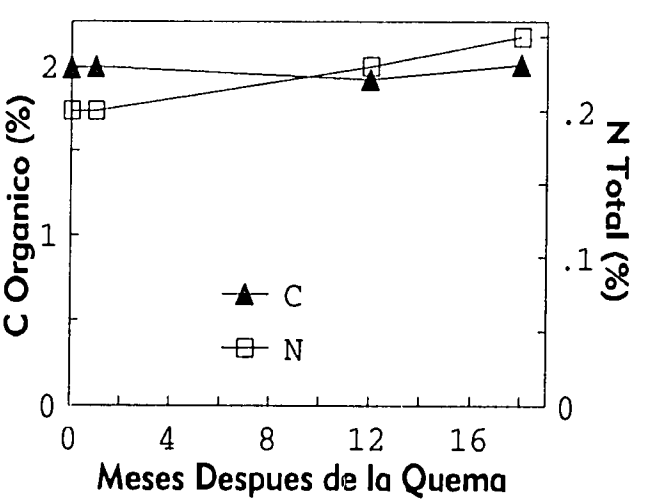


Figura 4.Contenido de C organico (%) y N total en un suelo Typic Dystropept antes y después de la quema de un barbecho de 11 años. Est. Exp. La Jota, Chimore, Bolivia.

Cuadro 3.Contenido de nutrientes en la ceniza después de la quema de un barbecho de 11 años. Experimento de dinámica de nutrientes con bajos insumos. Promedio de seis observaciones por transecto.

TRAN-	PESO	CONCENTRACION DE NUTRIENTES								
SECTO	SECO	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn
	t/ha	----------%----------					----------mg/kg----------			
I	1.59	0.09	0.65	10.54	1.98	2.14	2211	7748	158	619
II	1.57	0.09	0.57	10.87	12.51	2.42	1780	2791	94	551
III	0.97	0.09	0.73	12.14	14.17	2.53	2915	2583	164	393
IV	0.91	0.09	0.69	10.84	12.00	2.55	2287	4637	172	871
V	1.36	0.09	0.77	10.09	9.73	2.58	3431	3839	223	496
Prom.	1.28	0.09	0.68	10.89	12.08	2.44	2525	4319	162	586
Desv.	0.09	0.00	0.24	9.73	4.49	0.71	1299	4579	105	370

RESULTADOS Y DISCUSION

Efectos de Tumba y Fertilidad del Suelo

La biomasa aérea cuantificada en el bosque secundario de 11 años fue de 101 t/ha de materia seca, correspondiendo el 73.7% a los árboles (Cuadro 2), hecho que se confirma si se toma en cuenta que Sánchez (1981) al citar estudios de Bartholomew *et al* (1953), Greenland y Kowal (1960), Ovington y Olson (1979) y otros, indica que la proporción de los componentes principales del bosque es bastante constante y, aproximadamente, el 75% de la biomasa consiste en ramas y troncos. Considerando la biomasa (MS) en los 4 puntos de muestreo, se nota una mayor acumulación en los sitios B y D, ubicados entre los transectos II-III y IV-V.

En el Cuadro 3 se muestra la cantidad de ceniza adicionada después de la quema que alcanzó a 1.28 t/ha, sin considerar el material parcialmente quemado (carbón), que después de una lluvia empieza a desprenderse de los troncos o ramas, aportando nutrientes al suelo. Aunque el japuchado o práctica de requema puede incorporar nutrientes al suelo, sus aportes no fueron considerados entendiendo que la requema de palizada pequeña fue muy poca (cuatro montones de 1 m de diámetro); el resto se mantuvo sin disturbación. Del total de ceniza (1.28 t/ha) se obtuvo la mayor concentración de nutrientes para el Ca, K y Mg con 12.08%, 10.89% y 2.44%, respectivamente.

Prado y Alvarado (1987), al estudiar el efecto del sistema de quema y la aplicación de cal antes de la misma sobre el cultivo de maíz en un bosque primario, obtuvieron 2.6 t de ceniza/ha; mientras que Seubert *et al.* (1977),

Cuadro 4.Contenido total de nutrientes en la ceniza después de la quema de un barbecho de 11 años. Promedio de seis observaciones por transecto. Experimento de bajos insumos (RISTROP), E.E. La Jota, Chimore, Bolivia. Análisis de Laboratorio E.E. San Benito, Cochabamba, Bolivia.

TRAN-	CONTENIDO EN LA CENIZA								
SECTO	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn
		----------kg/ha----------							
I	1.4	10	168	191	34	3.5	12.3	0.3	1.0
II	1.4	9	171	197	38	2.8	4.4	0.1	0.9
III	0.9	7	117	137	24	2.8	2.5	0.2	0.4
IV	0.8	6	99	109	23	2.1	4.2	0.2	0.8
V	1.2	11	137	133	35	4.7	5.2	0.3	0.7
Prom.	1.2	9	140	155	31	3.2	5.5	0.2	0.8
Desvio	0.6	6	99	111	19	2.8	7.4	0.3	0.7

Cuadro 5.Rendimiento y análisis foliarde arroz, var. Bluebonnet, cultivado después de la quema en un suelo Typic Dystropept. Experimento de bajos insumos (RISTROP), Est. Exp. La Jota, Chimore, Bolivia.

Tratamiento	Rendimiento	Análisis Foliar		
			Experimento	Niv. Bajos[1]
	t/ha			
1	2.96	N %	2.25	1.50
2	2.98	P %	0.14	0.15
3	3.02	K %	1.18	1.00
4	2.99	Ca %	0.47	0.50
5	2.75	Mg %	0.25	0.10
6	2.70	Mn mg/kg	602	75
7	2.79	Fe mg/kg	25	100
8	3.19	Cu mg/kg	12	10
9	3.10	Zn mg/kg	48	15
10	2.95			
11	2.98			
12	3.00			
13	2.91			
Promedio	2.95			
Desv. Est.	0.35			

[1] Según Benítes (1986) para Yurimaguas-Perú.

citado por Sánchez (1981), después de la quema de un bosque secundario de 17 años, obtuvo 4 t/ha, cantidad que incluía partes de plantas parcialmente quemadas o chamuscadas, así como ceniza verdadera. La misma tendencia fue encontrada por Smyth y Bastos (1984) con diferentes tipos de vegetación en Manaus, Brasil, con un mayor aporte de ceniza (9.2 t/ha) para un bosque virgen.

El aporte de nutrientes de la ceniza adicionada (Cuadro 4) fue mayor para las bases cambiables, con un

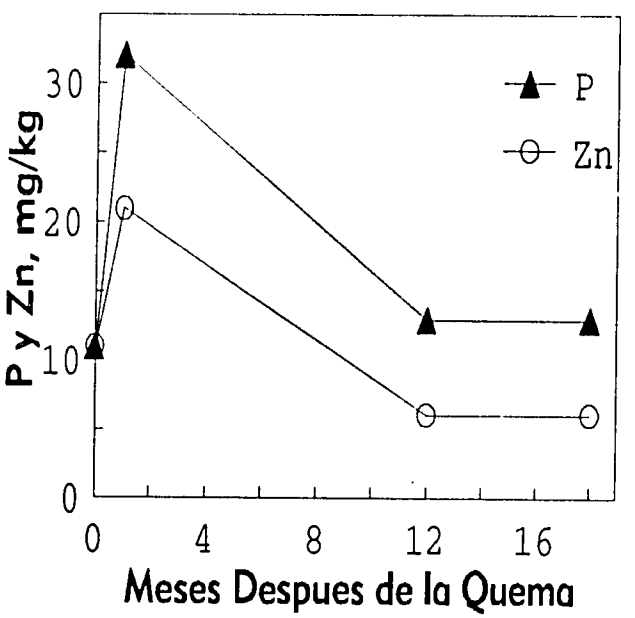


Figura 5.Variación de las concentraciones de P y Zn en un suelo Typic Dystropept antes y despues de la quema de un barbecho de 11 años. Est. Exp. La Jota, Chimore, Bolivia.

Cuadro 6.Rendimiento y análisis foliar de caupí, var. VITA-7, cultivado en un Typic Dystropept y análisis foliar. Experimento bajos insumos (RISTROP). Est. Exp. La Jota, Chimore, Bolivia.

Tratamiento	Rendimiento	Análisis Foliar	
		Est. Exp. San Benito	
	t/ha		
1	1.54[1]	N %	1.76
2	1.61	P %	0.17
3	1.85	K %	3.31
4	1.84	Ca %	2.11
5	1.77	Mg %	0.50
6	1.81[1]	Fe mg/kg	1058
7	1.68	Mn mg/kg	236
8	1.70	Cu mg/kg	20
9	1.78	Zn mg/kg	64
10	1.35		
11	1.93		
12	1.66		
13	1.88		
Promedio	1.72		
Desv. Est.	0.31		

[1] Referencias: tratamientos 1 y 6 sin incorporación de rastrojo.

aporte de 140 kg/ha de K, 155 kg/ha de Ca y 31 kg/ ha de Mg. Tomando en cuenta que las cantidades de Ca y Mg contenidas en la ceniza estuvieron como carbonatos, estas presentaron un equivalente a 0,387 t/ha $CaCO_3$ y 0,107 t/ha de $MgCO_3$, respectivamente.

Suárez de Castro (1956) refiriéndose al P, Ca, Mg y K manifestó que estos nutrientes se acumulan en las cenizas que se depositan al suelo y con el agua reaccionan a sus formas iónicas H_2PO_4, Ca, Mg y K, representando así una mayor disponibilidad y una mayor susceptibilidad

Cuadro 7. Rendimiento del maíz, var. Across 8136, cultivado en el suelo Typic Dystropept y análisis foliar. Experimento bajos insumos (RISTROP). Est. Exp. La Jota, Chimore, Bolivia.

Tratamiento	Rendimiento	Análisis Foliar		
			Experimento	Niv. Bajos[1]
	t/ha			
1	1.2[2]	N %	2.00	2.00
2	1.9	P %	0.29	0.15
3	1.5	K %	1.60	2.00
4	1.8	Ca %	0.57	0.20
5	1.7	Mg %	0.38	0.20
6	1.4[2]	Fe mg/kg	116	25
7	1.9	Mn mg/kg	81	25
8	2.0	Cu mg/kg	8	3
9	2.1	Zn mg/kg	21	10
10	1.5			
11	1.7			
12	1.8			
13	1.7			
Promedio	1.7			

[1] Según Benites (1986) para Yurimaguas-Perú
[2] Referencias: tratamientos 1 y 6 sin rastrojo

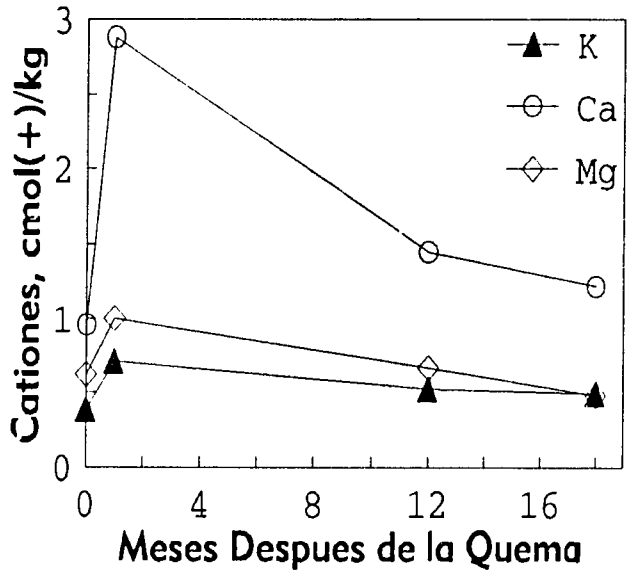


Figura 6. Variación de las concentraciones de K, Ca, Mg en un suelo Typic Dystropept antes y despues de la quema de un barbecho de 11 años. Est. Exp. La Jota, Chimore, Bolivia.

al lavado, a excepción del P. Existe un aporte efectivo de 9 kg/ha de P, cantidad que se halla dentro el rango de 7 a 25 kg/ha reportados por Nye y Greenland (1960) y North Carolina State University (1974), citados por Sánchez (1981).

El contenido de nutrimientos en la ceniza está influenciado por la edad y composición del bosque, además de la cantidad de precipitación que pueda producirse antes de la quema. Si bien la alta cantidad de ceniza adicionada al suelo está relacionada a la edad del bosque, parece obtenerse mayores aportes en cantidades de nutrimientos presentes en la ceniza de un bosque secundario, esto debido posiblemente a una mayor concentración de nutrimientos en la biomasa del bosque secundario y a una mejor quema de esta biomasa, fraccionada en troncos y ramas de menor diámetro. Esto se demuestra con datos obtenidos por Smyth y Bastos (1984), Alvarado y Prado (1990), principalmente para K, Ca, Mg y, con algunas diferencias, para el P.

El análisis de suelos, realizado antes de la quema mostró un nivel de fertilidad bajo con problemas de acidez (pH=4.5), toxicidad de Al (sat. Al>60%), y un nivel medio de materia orgánica alrededor de 3.4% (Figuras 3 y 4). Además, se notó que existe un gradiente en la saturación de Al a través de los transectos con valores más altos en I y V y los más bajos en III. La diferencia entre localidades dentro de los transectos no es tan grande como entre los transectos mismos, tanto antes como después de la quema. Al mes de la quema y como resultado del aporte de la ceniza (1.28 t/ha) la saturación de bases aumentó considerablemente de 1.56 a 4.59 cmol(+)/kg de suelo (234%), disminuyendo en forma notable el Al intercambiable de 4.2 a 2.7 cmol(+)/kg, como también la saturación de Al de 67% a 38%. El pH tuvo un ligero incremento de 4.5 a 4.8 y la acidez disminuyó de 4.6 a 3.07; asimismo, la CICE se incrementó de 6.3 y 7.5. Otras características edáficas se mantuvieron estables excepto para el P asimilable, el cual triplicó su disponibilidad de 11.1 a 31.6 mg/kg (Figura 5).

Relaciones entre las Variables Medidas y los Tratamientos

La siembra del arroz, considerado el cultivo de cabecera o de primer ciclo fue retrasada hasta que se produjo una precipitación adecuada. En este cultivo, no fueron aplicados los tratamientos con fertilizante y cal, debido a que era de esperar un efecto encalante y de fertilización por parte de la ceniza adicionada (Seubert *et al.*, 1977; Smyth y Bastos, 1984). El rendimiento promedio de arroz en cáscara (Bluebonnet), fue de 2.9 t/ha (Cuadro 5), valor normal para terrenos de más de 10 años en barbecho, confirmando el efecto benéfico de la quema en el cultivo de arroz, especie tolerante a la acidez.

Según Alvarado *et al.* (1989), este cultivo tiene un saturación crítica de Al de 70% y prospera en suelos con pH de 5 a 6. Arrázola y Alvarado (1989) determinaron para la región del Chapare las variedades Bluebell y Bluebonnet como las más tolerantes a condiciones de alta acidez. Al analizar los tenores foliares de macronutrientes de las hojas bandera del arroz con los datos publicados por Benítes (1986), se observa que existen deficiencias para el P y el Ca. Una estimación sobre la remoción de nutrientes por la cosecha de arroz alcanza a 59 kg/ha de N; 12 kg/ha de P y 17 kg/ha de K.

En el segundo ciclo correspondiente al cultivo de caupí, tampoco se practicaron tratamientos con fertilización, debido a que se confrontaron problemas en la determinación de los análisis y en la recepción oportuna de los mismos por parte del laboratorio de San Benito. Sin embargo, en las observaciones de campo, el caupí no presentó síntomas de deficiencia foliar y su rendimiento alcanzó a 1.7 t/ha, producción considerada bastante alta comparada a los rendimientos obtenidos bajo diferentes condiciones de suelo, fertilización y aplicación de cal, reportados para la región del Chapare por los trabajos de Ayala y Alvarado (1988), Inturas (1988) y Acosta (1988). No obstante, que en este ciclo, el rastrojo de arroz de los tratamientos 1 y 6 fue removido y distribuido en las parcelas adyacentes, los tratamientos no mostraron diferencias en el rendimiento en grano (Cuadro 6).

En el análisis de suelos, realizado 12 meses después de la quema que coincidió con el muestreo foliar en floración del caupí, no se presentaron deficiencias de nutrientes, manteniéndose los valores para las diferentes variables con un nivel medio comparados con niveles críticos publicados por Benítes (1986). Los datos de los contenidos foliares de macronutrientes no presentan deficiencias para P, K, Ca y Mg. Se deduce que esta especie tolera condiciones de acidez y alta saturación de Al y bajos niveles de P, K y Ca. Esta leguminosa, tiene una

saturación crítica de Al de 60%, existiendo variedades con diferente comportamiento en cuanto a su respuesta a la tolerancia de Al de acuerdo a trabajos realizados en Chapare y Carrasco por varios autores (Alvarado *et al.*, 1989). Esta tolerancia permitirá utilizar el caupí en variadas condiciones de suelo, clima y manejo (cobertura viva, cultivos mixtos, abono verde y forraje).

En el tercer ciclo de cultivo se utilizó maíz, var. Across 8136. Se mantuvieron los tratamientos 1 y 6 sin rastrojo. En los mismos se observaron los rendimientos más bajos comparados con los tratamientos con rastrojo, denotando una acción benéfica del rastrojo de los cultivos anteriores (Cuadro 7). En forma visual e indistintamente, en los tratamientos con y sin rastrojo se presentaron síntomas de deficiencias de N y K. Los mismos fueron corroborados por el análisis foliar a los 18 meses después de la quema. El rendimiento de maíz obtenido fue de 1.7 t/ha, considerado bajo frente al rendimiento promedio regional de 2.3 t/ha para la misma variedad reportado por Ayala (1987). Aún siendo bajo el rendimiento de maíz, se estimo una remoción de nutrimientos del suelo de 42.6; 10,2 y 25,6 kg/ha de N, P y K, respectivamente. A los 18 meses después de la quema (18 DMQ), se observó una disminución en la disponibilidad de gran parte de los nutrientes, posiblemente debido al lavado de bases, fijación de P y extracción por parte de los cultivos de arroz, caupí y maíz (Figura 3 a 6).

Dinámica de la fertilidad del suelo

La preocupación de una racional utilización de los suelos del trópico hacen que se tenga muy en cuenta la dinámica de los nutrientes después de la quema, si se considera a ésta como un cambio en la cantidad de nutrientes (después de la quema), como consecuencia de la utilización del suelo por los cultivos. La dinámica está influenciada por el método de desmonte, manejo posdesmonte y las propiedades intrínsecas del suelo. Durante los subsecuentes cultivos se observa que existe una declinación de la disponibilidad de nutrientes en proporción al manejo e intensidad de uso de la tierra (Sánchez, 1987). Los cambios en las propiedades químicas del suelo a 1, 12 y 18 meses después de la quema, período en el que se sembraron arroz, caupí y maíz se presentan en las Figuras 3, 4, 5, y 6.

Carbono Orgánico El contenido de carbono orgánico en los 20 cm de suelo superficial se mantuvo casi estable antes y después de la quema (1, 12 y 18 meses). Se presentaron pequeñas variaciones que van de 1.99 antes de la quema hasta 2.0% después de la quema para posteriormente disminuir a los 12 meses a 1.92% (Figura 4). Estudios de Nye y Greenland (1964) en Ghana, de Popenoe (1957) en Guatemala y de Seubert *et al.*, (1977) en Perú, muestran que hay un pequeño incremento en C del suelo y de N total después de la quema. Asimismo, Sánchez *et al.*, (1983) observaron un ligero aumento después de la quema, pero este no fue significativo.

Nitrógeno Al igual que el carbono no hubo cambios en el contenido de N a lo largo de los tres ciclos de cultivo (Figura 4). Sánchez *et al.*, (1983) obtuvieron ligeros cambios en el contenido de N después de la quema.

Acidez del suelo El pH del suelo (20 cm) aumentó de 4.5 a 4.8 y 5.0 a 1 y 12 meses después de la quema, respectivamente, disminuyendo levemente a 4.9 a los 18 meses. Suponemos que los 155 kg de Ca (0.387 t/ha de $CaCO_3$) contenidos en la ceniza tienen un efecto encalante residual hasta los 18 meses (Figura 3). Según Sánchez (1981) la magnitud y la rapidez de estos cambios varía de acuerdo con las propiedades del suelo y las cantidades de ceniza. Nye y Greenland (1964) encontraron que el pH aumentó de 5.2 a 8.1 en la capa superior de 5 cm de suelo, inmediatamente después de la quema, y bajó a 7 después de 2 años. Asimismo, Brinkman y Nascimiento (1973) observaron que el pH de un latosol amarillo (Oxisol), aumentó en la capa arable de 3.8 a 4.5 con la quema y bajó rápidamente a su valor original en unos 4 meses. Sánchez *et al.* (1983) encontraron que el pH del suelo superficial aumentó de 4.0 a 4.5 después de la quema y permaneció relativamente estable durante los 8 años subsiguientes.

El Al intercambiable disminuyó de 4.2 a 2.7 cmol(+)/kg suelo después de la quema, aumentando con el tiempo a 3.4 y 3.14 a los 12 y 18 meses después de la quema, respectivamente. Sánchez *et al.* (1983) reportan que el Al intercambiable disminuyó inmediatamente después de la quema pero aumentó con el tiempo en las parcelas sin cal, alcanzando el nivel que tenía antes del desmonte dentro los 10 meses después. Como una consecuencia del aumento de las bases cambiables K, Ca y Mg después de la quema, la saturación de Al disminuyó de 67% (antes de la quema) a 38% después de la quema, aumentando a 54% a los 12 meses después de la quema, y disminuyendo levemente a los 18 MDQ (Figura 3). En suelos ácidos, refiere Sánchez (1981), el Al es el catión dominante. El efecto de la quema en la disminución del Al intercambiable y de la saturación de Al fue bastante dramática en un Ultisol. Después de 6 meses, el agotamiento de las bases y quizás una alta tasa de descomposición de la materia orgánica cambiaron la dirección de la curva.

Potasio, Ca y Mg La saturación de bases intercambiables (K, Ca, Mg) se incrementa después de la quema para después bajar con el tiempo gradualmente hasta los 18 meses (Figura 6). Esta disminución no llega a valores críticos comparados con los valores reportados por Benítes (1986). Esta situación se puede atribuir en primera instancia al efecto encalante y de fertilización ocasionado por la adición de la ceniza para posteriormente declinar debido al lavado y a la extracción por parte de los cultivos de arroz, caupí y maíz. Sánchez (1981) afirma que los cationes básicos de la ceniza producen un aumento dramático en los niveles de Ca, Mg y K intercambiables después de la quema, seguidos de una disminución gradual durante el período de cultivo debido a la lixiviación y a la absorción de las plantas cultivadas.

CICE La CICE aumentó con la quema de 6.30 a 7.47

cmol(+)/kg. Este aumento es seguido de una disminución gradual a 6.34 y 5.92 cmol(+)/kg a los 12 y 18 meses, respectivamente. Este último valor de 5.92 es inferior al nivel antes de la quema.

Fósforo En el presente ensayo la cantidad de P adicionado con la quema triplicó su disponibilidad de 11 a 32 mg/kg, retornando casi a su nivel inicial a los 12 meses después de la quema (Figura 5). A los 18 meses, la situación disminuyó ligeramente. Este aumento de 21 mg/kg, fue suficiente para mantener el suelo a un nivel de 13 mg/kg hasta los 18 meses. Sánchez (1981) afirma que la disminución del P aprovechable con la siembra de cultivos no está bien comprendido y puede deberse a fijación y/o remoción por los cultivos.

PLANES FUTUROS

Los planes futuros, son implantar cultivos perennes, como pimienta, café y coco asociados con cultivos anuales. Estos se sembrarán durante tres años hasta el inicio de producción de los cultivos perennes, ya que después se sembrará una cobertura viva, posiblemente *Desmodium ovalifolium* o *Arachis repens*. Se está tratando de entrar hacia los sistemas de multiestratos (con árboles maderables) prescindiendo posiblemente de la semisombra por la alta nubosidad que impera en la zona, o bien, utilizando árboles de sombra pero a menor densidad para suplir materia orgánica al sistema.

LITERATURA CITADA

Acosta, G., 1988. Epocas de siembra de tres variedades de caupí en el Chapare. Tesis Ing. Agr. UMSS. Cochabamba-Bolivia.

Alvarado, A., Acosta, G., Ayala, E., Delgadillo, R., Inturias, G., Lenis, J. y Prado, C. 1989. La acidez del suelo y el encalado de cultivos anuales en el Chapare. Revista de Agricultura N° 14. pp.17-24. Cochabamba, Bolivia.

Alvarado, A. y Prado, C. 1990. Efecto del encalado antes de la quema del bosque sobre el rendimiento del arroz, maíz y caupí en el Chapare, Bolivia. Proyecto IBTA/Chapare, Cochabamba, Bolivia. P.15.

Arrazola, M.M. y Alvarado, A. Comparación de 8 variedades de arroz. Comunicación personal.

Ayala, E. y Alvarado, A. 1987. Fertilización y encalado de maíz en diferentes localidades del Chaparé. Proyecto IBTA/Chaparé. Trabajo presentado en la Cuarta Reunión de investigadores de Maíz. Pairunani, Cochabamba, Bolivia. 7p.

Ayala, E. y Alvarado, A. 1988. Adaptación de siete variedades de frijol y seis variedades de caupí a condiciones de suelo de fertilidad baja a alta del Chaparé. Informe anual 1988-1989, Proyecto IBTA/ Chaparé. E.E. La Jota, Cochabamba, Bolivia.

Bartholomew, W.V., Meyer, I. y Laudelot, H. 1983. Mineral nutrient immobilization under forest and grass fallow in the Yangambi (Belgian Congo) region. INEAC, Ser. Sci. 57, Institut Nacional pour l'Etude Agronomique du Congo, Brussels. pp.1-27.

Benítes, J.R. 1986. Interpretación de problemas claves y algunas recomendaciones para corregir la fertilidad de los suelos ácidos de los trópicos húmedos. Mimeografiado. En Taller Latinoamericano de Suelos Tropicales. 31 agosto-21 septiembre. Yurimaguas, Perú. p.33.

Fox, R.L. y Kamprath, E. 1979. Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirements of soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34: 902-907.

Greenland, D.J. y Kowal, J.M.L. 1960. Nutrient content od a moist tropical forest of Ghana. Plant and Soil 12:154-174.

Inturias, G. 1988. Respuesta del caupí, el frijol y el maíz a cuatro niveles de encalado en cuatro localidades del Chapare. Tesis Ing. Agr. UMSS. Cochabamba, Bolivia. En preparación.

Lopes, A.S., Smyth, T.J. y Curi, N. 1987. The need for a soil fertility reference base and nutrient dynamics studies. En P.A. Sánchez, E.R. Stoner y P. Pushparajah (eds.) Management of acid tropical soils for sustainable agriculture:proceedings of on IBSRAM inaugural workshop. Bangkok, Thailand. pp.147-166.

North Carolina State University. 1974. Research on tropical soils. 1973-1974 Annual Report. Soil Science Departament, North Carolina State University, Raleigh.

Nye, P.H y Greenland, D.J. 1964. Changes in the soil after clearing a tropical forest. Plant and Soil 21:101-112.

Nye, P.H y Greendland, D.J. 1960. The soil under shifting cultivation. England, Conmonwealth Bureau of Soils Technical Communication No. 51. 156p.

Ovington, J.D. y Olson, J.S. 1970. Biomass and chemical content of El Verde lower montane rain forest plants. En H.T. Ondom (ed.) A tropical rain forest. U.S. Atomic Energy Commission, Washington. pp. H35-H75.

Palm, C.A. 1986. Biomasa del bosque secundario de 11 años. Mimeografo. En Taller Lationamericano sobre Manejo de Suelos Tropicales. 31 agosto-21 septiembre. Yurimaguas - Perú. p.8.

Popenoe, H.L. 1957. The influence of the shifting cultivation cycle on soil properties in Central America. Proc. 9th Pacific Sci. Congr. (Bangkok) 7:72-77.

Prado, C. y Alvarado, A. 1987. Efecto del sistema de quema y la aplicación de cal antes de la misma sobre el cultivo del maíz. Informe Anual 1989. Proyecto IBTA-Chapare. Est. Exp. Chipiriri, Cochabamba, Bolivia, s/p.

PRODES. 1980. Estudio integrado de recursos naturales del Chapare, Bolivia. Informe de Suelos, Tomo II. La Paz, Bolivia. 166 p.

Ruthernberg, H. 1980 Farming systems in the tropics. Clarendon Press, Oxford. Third edion. p.424.

Salaues, E.E. y Fuentes, J. 1979. Sistemas de habilitación de tierras y prácticas culturales en asociaciones y rotaciones arroz-soja. Informe Anual 1978-1979. Est. Exp. "La Jota", Cochabamba, Bolivia. sp.

Sánchez, P.A. 1981. Suelos del trópico; características y manejo. Traducido del inglés por Edilberto Camacho. 1ra. ed. IICA, San José, Costa Rica.

Sánchez, P.A. 1987. Management of acid soils in the humid tropics of Latin America. En P.A. Sánchez, E.R. Stoner y P. Pushparajah (eds.) Management of acid tropical soils for sustainable agriculture:proceedings of on IBSRAM inaugural workshop. Bangkok, Thailand. pp. 63-107.

Sánchez, P.A., Villachica, J.H., y Bandy, D.E. 1983. Dinámica de nutrientes después del desmonte de un bosque tropical en el Perú. CIPA XVI-Estación Experimental Yurimaguas. Programa de Suelos Tropicales. Serie separatas no. 7. p.30.

Subert, C.E., Sanchéz, P.A., y Valverde, C. 1977. Effects of land clearing methods on crop performance and changes in soil properties in the Amazon of Perú. Trop. Agric. (Trin.) 54:307-321.

Smyth, T.J. y Bastos, J.B. 1984. Alteraçoes na fertilidade de um Latossolo Amarelo alico pela queima de vegetaçao. Rev. Bras. Ci. Solo 8: 127-132.

Suarez de Castro, F. La quema como práctica agrícola y sus efectos. Tesis Maq. Agr. Turrialba, Costa Rica. IICA. 1956. 55 p.

Adubação Fosfatada em Latossolo Amarelo para Cultura do Arroz com Baixa Tecnologia em Rondônia - Brasil

Nelson F. Sampaio[1] e Haroldo D. George[2]

INTRODUÇÃO

O problema da exploração com agropecuária, dos solos da Amazônia, ainda não tem uma solução generalizada e satifatória. Sanchez e Salinas (1981) Sanchez *et al* (1982, 1983), Sanchez, (1987), Singh *et al* (1983), Smyth e Bastos (1984) e Lopes *et al* (1987), dentre outros, fizeram estudos dos solos amazônicos, caracterizando seu potencial, limitações e algumas alternativas, dentre os quais se destaca o cultivo com baixo nível de insumos.

Cochrane e Sanchez (1982) mostraram a dimensão do problema de uso dos solos da Amazônia, quando citaram que 90% deles apresentam deficiência de P, 73% possuem Al tóxico, 50% tem limitações hídricas e 50% tem baixas reservas de nutrientes. Rondônia não foge a esta regra geral embora existam solos de média e boa fertilidade natural, contrastando com os Latossolos Amarelos ácidos e quimicamente pobres, que são predominantes.

O uso de sistemas de baixo nível de insumos (Sanchez & Benites, 1987) foi apresentada como alternativa de bons resultados, no Peru. A possibilidade de resultados semelhantes, nos solos pobres de projetos de colonização em Rondônia, motivaram a realização do presente trabalho. Miranda (1987) realizou um levantamento da situação de ocupação e uso da terra, no projeto de colonização do Machadinho. A pesquisa do autor mostrou uma situação geral de pobreza, insalubridade e perspectivas de progresso pouco promissoras, principalmente em função da baixa fertilidade dos solos, predominantes na região.

O objetivo desta pesquisa é definir respostas a doses de NPK, na produção de arroz (*Oriza sativa* L.) e caupi (*Vigna unguiculata* L.) em um Latossolo Amarelo álico recém desmatado, em Rondônia.

MATERIAL E METODOS

O experimento foi instalado na base física da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA), no município de Machadinho, em Rondônia, Brasil. O município de Machadinho está situado entre as coordenadas de 9° 30' de latitude sul e 62° 10' de longitude oeste de Greenwich. O clima é do tipo Am, segundo Koppen, com temperatura média anual de 2,400 mm. Medidas de clima ainda não são realizadas no local, podendo ser feita uma referência aproximada com os dados de chuva de Porto Velho, apresentados na Figura 1. A topografia da área é plana, com altitude de 131 m acima do nível do mar. O solo estava coberto pela mata amazônica primária.

O experimento está instalado em um Latossolo Amarelo álico argiloso. Um perfil típico deste solo é descrito por Wittern (1982) e na Tabela 1 constam algumas das características. A Figura 2 mostra a capacidade de fixação de P no Latossolo Amarelo do experimento.

A Tabela 2 mostra a sequência dos cultivos e variedades utilizadas e espaço de tempo da queima ao plantio. Após a terceira cultura de arroz a área toda foi coberta com mucuna preta (*Mucuna aterrimum* Piper & Tracy).

O delineamento experimental escolhido foi blocos completos inteiramente casualizados, com quatro repetições. Foram planejados treze tratamentos, a serem instalados gradativamente, em função de respostas obtidas a cada ano: 1) testemunha (manejo convencional do produtor), 2) sem insumos e sem o retorno dos restos culturais, 3) 0 kg de P/ha com futura dose conveniente de N e K, 4) 20 kg de P/ha a cada ano, 5) 40 kg de P/ha a cada ano, 6) sete tratamentos relativos a dose de N e K, em função de sinais de deficiência observados, e 7) dois

Tabela 1. Características físicas e químicas de um Latossolo Amarelo do Machadinho[1].

PROFUNDIDADE	ARGILA	AREIA	pH H_2O	pH KCl	Ca+Mg	K	Al	SAT. Al
cm	----%----				cmol(+)/kg			%
0-10	59	31	3.8	3.6	0.2	0.13	2.9	85
10-60	69	25	4.4	4.0	0.3	0.06	1.8	69

[1] Latossolo Amarelo álico, textura muito argilosa, fase floresta equatorial subperenifólia, relevo plano.

Tabela 2. Sequência de cultivos conduzidos durante o experimento.

CULTURA	VARIEDADE	TEMPO APÓS A QUEIMA PLANTIO	TEMPO APÓS A QUEIMA COLHEITA
		-------mes-------	
Arroz	IAC 164	4	8
Caupi	Vita 3	8	11
Arroz	IAC 164	16	20
Caupi	Vita 3	20	23
Arroz	Guapore	24	28
Cobertura	Mucuna	29	

[1] Pesquisador (Ph.D. em Agronomia) da EMBRAPA-UEPAE de Porto Velho, C.P. 406, 78.900 Porto Velho, RO, Brasil.
[2] Pesquisador (M.Sc. em Solos) da EMBRAPA-Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Goiânia, GO, Brasil.

Tabela 3.Fertilizantes adicionados aos diversos tratamentos durante o experimento.

TRATAMENTOS PLANEJADOS	CULTURA ARROZ P	CAUPI P	ARROZ P	CAUPI P	ARROZ P	P TOTAL
	----------kg de P/ha----------					
Testemunha	0	0	0	0	0	0
Sem resíd.	0	30	0	0	30	60
P-0	0	0	0	0	0	0
P-1	20	0	20	0	20	60
P-2	40	0	40	0	40	120
N-0	0	0	30	0	30	60
N-1	0	0	30	0	30	60
N-2	0	0	30	0	30	60
K-0	0	0	30	0	30	60
K-1	0	0	30	0	30	60
K-2	0	0	30	0	30	60
Calag. 1	0	0	30	0	30	60
Calag. 2	0	0	30	0	30	60

tratamentos restantes para futuro teste de dois níveis de calagem. Na Tabela 3, pode se observar a sequência dos tratamentos, em função de cada cultura. Como fonte de P foi usado o superfosfato triplo.

Em 1986, se iniciou o preparo da área com a derrubada da mata pelo método convencional na região. Uma queima acidental, no mes de agosto, prejudicou a condição final de preparo do solo, embora nova queima tivesse sido feita em outubro do mesmo ano. O material não queimado foi cortado e encoivarado fora da área experimental. Foram definidas parcelas de 50 m^2 (5 x 10 m), com área util de 24 m^2, prevendo-se duas amostragens de solo por ano para análise.

O plantio do arroz foi feito em sulcos, no espaçamento de 0.5 m entre sulcos e 0.3 m entre covas dentro dos sulcos.

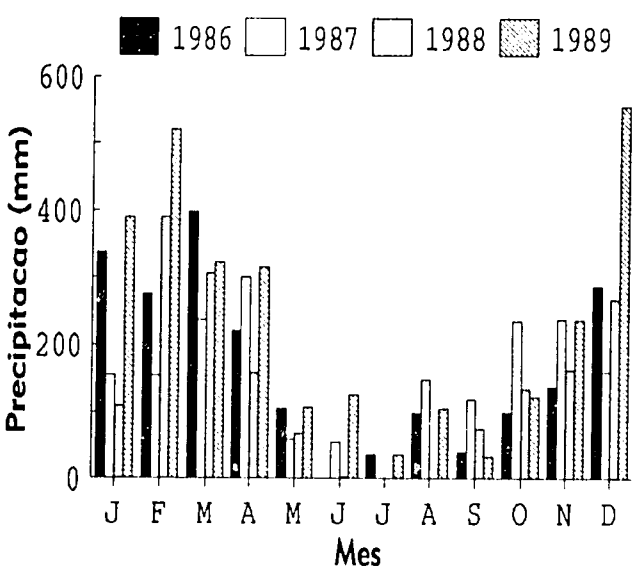


Figura 1. Distribuição mensal de chuvas em Porto Velho (RO), no período de 1986-1989.

Nas duas primeiras culturas a adubação com P foi feita a lanço e o plantio em covas, com plantadeira manual, não tendo sido aberto os sulcos. Na plantio da segunda e última cultura de arroz se aplicou uma dose média de P (30 kg/ha). Todas as parcelas, a exceção da testemunha e outras três correspondentes ao teste dos níveis de P, receberam esta dose. Na última cultura de arroz, foi aplicada uma dose de 10 kg de $ZnSO_4$/ha, em todas as parcelas. Com exceção da última aplicação de adubo, o P foi aplicado em cobertura total, sem incorporação.

As amostragens de solo para análise, foram feitas nas seguintes épocas: antes da queima, após a queima, julho/87, dezembro/87, março/88, agosto/88 e fevereiro/89. A partir de março/88 a coleta passou a ser feita, sistematicamente, em todas as parcelas. Na amostragem referente a fevereiro/89, cada amostra composta foi representada por 10 simples, sendo seis na entre linha de plantio e quatro na linha, aleatóriamente. Na análise do solo, Ca, Mg e Al foram extraídos por KCl 1N, enquanto K e P foram extraídos com uma mistura de H_2SO_4 0.025N e HCl 0.05N (Mehlich 1). Determinou-se o Al por titulação. O precedimento para a curva de fixação de P repetiu a rotina seguida por Fox e Kamprath (1970).

Na análise estatística dos dados de produção e teores de P das análises, se considerou apenas dois graus de liberdade para tratamentos, antes da aplicação da dose média de P (30 kg/ha) e quatro graus de liberdade, após esta adubação. Desta forma, os resíduos ficaram com 46 e 44 graus de liberdade, respectivamente. A análise com todos os graus de liberdade para o caráter produção de grãos, permitiu testar os seguintes contrastes: P-1 + P-2 vs. outros, e P-1 vs. P-2, na primeira cultura de arroz; testemunha + P-0 vs P-20, P-30 e P-40 (exceto sem resíduos), na segunda cultura de arroz; e P-0 vs. todas doses de P e P-20 vs. P-30 e P40, na terceira cultura de arroz.

RESULTADOS

Na Tabela 4, estão os resultados das análises de solo realizadas antes e depois da queima. Os resultados das análises de solo realizadas durante as diversas culturas encontram-se na Tabela 5. As análises de variânça para os teores relativos as três últimas datas de amostragem,

Tabela 4.Resultados médios de análises de um Latossolo Amarelo álico antes e depois da queima da floresta.

ÉPOCA	PROFUNDIDADE	pH	Ca+Mg	K	Al	P
	cm		---cmol(+)/kg---			mg/kg
Antes	0-10	3,3	0,84	0,12	2,10	3,4
	10-20	3,4	0,74	0,07	1,57	1,6
	20-30	3,6	0,72	0,05	1,32	1,0
	30-40	3,6	0,71	0,05	1,36	1,3
Depois	0-15	4,2	0,87	0,15	0,73	1,5

não indicaram significância estatística para diferenças entre tratamentos. As mesmas amostras relativas a fevereiro/89, foram analisadas no Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia (EMBRAPA), com a metodologia de absorção atômica, e os resultados constam da Tabela 6.

Os dados de produção, das três culturas de arroz, se encontram na Tabela 7. Os valores obtidos, estão representados em médias de produção por tratamento e médias ponderadas entre tratamentos com o mesmo nível de P. Os valores de correlação linear simples entre teores de P, obtidos das análises de solo, e produção de grãos são apresentados na Tabela 8.

DISCUSSÃO

Os resultados das análises de solo (Tabelas 4 e 5) representam diferentes situações de amostragem e também foram realizadas em épocas diversas. A metodologia de análise laboratorial permaneceu constante, mas fatores ligados à rotina de trabalho, não se mantiveram uniformes, o que sugere possíveis fontes de erro. Porções de uma mesma amostra, enviada a três laboratórios de solos distintos, mostraram resultados não consistentes entre si, mesmo quando utilizada metodologia similar. Porém, é admissível que o maior comprometimento das análises estaja em defeitos de

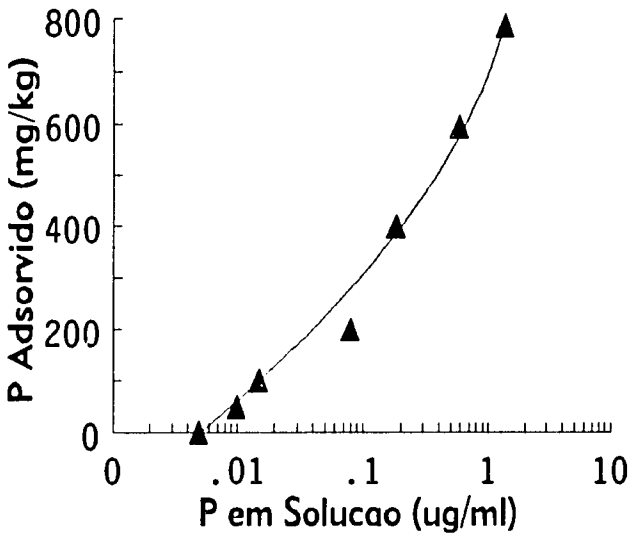


Figura 2. Curva de sorção de P pelo solo da área experimental. Machadinho - Rondônia.

amostragem. A distribuição do adubo na linha de plantio, com amostragems estratificadas, nas linhas e nas entre-linhas, não melhorou a representatividade das amostragems. Desta forma, a análise de solo não se mostrou eficiente como instrumento de avaliação da dinâmica dos nutrientes no solo. Análises de variânça dos teores obtidos para o P não mostraram diferença estatística,

Tabela 5. Resultados médios de análises de um Latossolo Amarelo álico durante o cultivo com arroz e caupi.

ÉPOCA	TRATAMENTO	pH	Ca+Mg	K	Al	P
			----------cmol(+)/kg----------			mg/kg
Arroz-1	Testemunha	4,2	1,15	0,16	1,45	4,0
	Sem resíduos	4,4	1,27	0,17	1,97	5,0
	P-20	4,2	1,00	0,16	1,78	7,0
	P-40	4,5	1,58	0,17	1,55	7,0
Arroz-2	Testemunha	3,6	1,35	0,20	1,91	13,0
	Sem resíduos	--	--	--	--	--
	P-0	3,9	0,80	0,23	1,90	10,0
	P-20	4,2	3,23	0,27	0,93	30,0
	P-40	3,6	1,83	0,19	1,80	30,0
	P-30	3,5	0,88	0,23	2,13	7,0
Caupi-2	Testemunha	3,5	1,40	--	1,50	3,3
	Sem resíduos	--	--	--	--	--
	P-0	4,3	3,30	--	1,20	16,0
	P-20	3,7	1,90	--	0,90	8,0
	P-40	4,2	2,80	--	1,50	27,3
	P-30	3,8	7,4	--	1,20	7,4
Arroz-3	Testemunha	5,3	4,00	0,16	0,30	20,5
	Sem resíduos	4,7	1,60	0,11	1,80	13,8
	P-0	4,3	3,50	0,13	1,30	17,5
	P-20	5,3	5,40	0,22	0,30	38,5
	P-40	5,0	3,10	0,14	0,40	16,5
	P-30	4,9	3,40	0,14	0,40	23,4

Tabela 6.Resultados médios de análises de um Latossolo Amarelo álico, pelo laboratório do CPAA.

TRATAMENTO	pH	Ca+Mg	K	Al	P
		-----cmol(+)/kg-----			mg/kg
Testemunha	4,9	3,63	0,13	1,30	90,5
Sem resíduos	4,7	2,37	0,09	1,55	52,7
P-0	4,9	3,63	0,18	1,43	69,5
P-20	4,9	2,93	0,23	1,52	89,7
P-40	4,9	4,03	0,20	1,35	78,7
P-30	4,9	3,31	0,23	1,42	91,4

Tabela 7.Produção de arroz com níveis de P em um Latossolo Amarelo álico.

P	ANO			MEDIA/NÍVEL DE P		
APLICADO[1]	86/87	87/88	88/89	86/87	87/88	88/89
kg/ha		----------t/ha----------				
0-Test.	0,62	1,17	0,81			
30-SR[2]	0,64	0,98	0,90		0,98	0,90
0	0,49	1,52	0,58	0,73	1,35	0,70
20	0,47	1,98	1,04	0,47	1,98	1,04
40	0,71	1,31	0,97	0,71	1,31	0,97
30	0,90	1,78	1,06		1,55	1,02
30	1,13	1,56	0,80			
30	0,56	1,93	1,14			
30	0,97	1,75	0,78			
30	1,04	1,37	1,08			
30	1,03	1,20	1,14			
30	0,70	1,52	1,00			
30	0,60	1,30	1,17			

[1] Ver Tabela 3 para cultivos que receberam doses de P.
[2] Com remoção de resíduos de cultivos.

embora quatro doses de P estivessem representadas nos tratamentos.

Com o comprometimento da eficácia dos resultados das análises de solo, ficam também suspeitas quaisquer comparações entre épocas de amostragem e possível evolução das condições químicas do solo. Na Tabela 6, é possível verificar que osteores de P estão muito elevados, não compatíveis com o solo em estudo, mesmo se consideradas as doses de adubo utilizadas[3]. Na Figura 2, se observa o elevado poder de fixação do P pelo Latossolo da área experimental, o que não seria coerente com os altos teores de P das análises acima referidas. Novamente, o critério da amostragem pode ter sido causa maior da distorção dos resultados, porém fica ainda a dúvida em relação as discrepâncias de resultados entre os laboratórios, em que pese a diferença de metodologia. Será necessário viabilizar o uso da análise de solo como instrumento da monitoria da disponibilidade de nutrientes do solo, alterando os critérios de amonst.agem e estabelecendo uma padronização metodológica mais rígida nos procedimentos da análise.

Os dados de produção de grãos relativos as culturas de arroz (Tabela 7), representam produtividades muito baixas. Houveram dificuldades para um adequado controle de plantas invasoras na área experimental, o que determinou um nível de competição não adequado, prejudicando a cultura. No período de 1988/89, houve forte infestação de trapoeraba (*Commelina spp.*) na maior parte das parcelas experimentais. Manchas de solo também foram evidenciadas no experimento.

A análise de variância mostrou significância estatística para a variância entre tratamentos, nas produções relativas a 1986/87 e 1988/89. A regressão linear não foi estatisticamente significativa em nenhum dos casos. Os resultados permitem inferir que os teores de P no solo, não foram limitantes da produção do arroz, isto é, para os

Tabela 8.Coeficientes de correlação linear simples entre os teores de P (ppm) e as produções de arroz em três safras.

DOSES	1986-1987		1987-1988		1988-1989	
DE P	P DISP.	RENDIM.	P DISP.	RENDIM.	P DISP.	RENDIM.
kg/ha	mg/kg	t/ha	mg/kg	t/ha	mg/kg	t/ha
0	4,2	0,80	3,8	1,35	4,8	0,69
30-SR[1]	--	--	--	--	4,7	0,90
20	4,2	0,47	4,2	1,98	5,3	1,04
40	4,5	0,71	3,6	1,31	5,0	0,97
30	--	--	3,5	1,55	4,9	1,10
r	0,25	0,27	0,03			

[1] Com remoção de resíduos de culturas.

[3] Nota dos editores: resultados de análise de solos do mesmo laboratório da EMBRAPA-CPAA foram usados para estabelecer níveis críticos de P, em Latossolo Amarelo álico de Manaus, para milho, caupi e amendoim (ver trabalho de Cravo & Smyth nesta edição). Na ausência de incorporação do P fertilizante ao solo, sua disponibilidade, possivelmente, manteve-se localizada à uma camada superficial, tornando-se inacessível as plantas, especialmente durante períodos quando esta camada de solo estava seco.

níveis de produtividade obtidos, a disponibilidade de P no solo foi adequada. O uso do Zn também não evidenciou um efeito positivo.

As culturas de caupi não apresentaram produção. A intensidade do período seco foi uma das causas da frustação das colheitas, devendo ser considerados também, a acidez do solo e a alta porcentagem de saturação de Al. Plantios durante o mes de março, deverão viabilizar a produção.

CONCLUSÕES

-Para os baixos níveis de produtividade obtidos no arroz, não foi possível identificar efeitos das doses de P testadas.
-Os resultados das análises de solo não foram eficazes na indicação do estoque de P disponível às plantas.

PESQUISAS FUTURAS

A elevada capacidade de fixação do P, no solo em estudo, indica a necessidade de se prosseguir os estudos para melhor identificar a resposta a este nutriente. Em paralelo, a importância da rusticidade das variedades para conseguir produtividades melhores, apesar da baixa fertilidade dos solos, torna necessário avaliar alternativas de cultivares, em função das doses de P. Para o próximo ano, estão programados dois experimentos novos.

O primeiro visando testar cinco níveis de P em três sistemas de aplicação, caracterizando um fatorial 5 x 3, com parcelas sub-divididas, onde o sub-tratamento será a presença ou ausência de leguminosa, na sequência do arroz. Os níveis serão 0, 11, 22, 33 e 44 kg de P/ha, aplicados a lanço com incorporação posterior, no sulco de plantio e na cova de plantio. O objetivo principal será identificar os efeitos das doses de P nas diferentes formas de aplicação, permitindo visualizar efeitos mais diretos sobre a cultura ao mesmo tempo em que também se viabiliza, pelo menos uma alternativa de medida de disponibilidade do nutriente através da análise de solo.

O segundo experimento faria o teste de cinco cultivares de arroz, em níveis de P, viabilizando a medida do efeito residual, no segundo ano. Doses de 0, 22, e 44 kg de P/ha serão combinadas em dois cultivos. Parcelas maiores no primeiro ano, se subdividirão em três, no ano seguinte, permitindo as combinações visadas. Dois tratamentos adicionais no primeiro ano, com doses de 11 e 88 kg de P/ha, levando a 11, 22, 44 e 88 kg de P/ha, respectivamente, no segundo ano, permitirão a composição de um delineamento em látice 7 x 7. O objetivo será avaliar respostas diferenciadas das cultivares ao P.

LITERATURA CITADA

Cochrane, T.T. & Sanchez, P.A. Recursos de teirras, suelos y su manejo en la region amazonica: informe acerca del estado de conocimentos. En S.B. Hecht (ed.) Amazonia: agricultura e investigacion de tierras. CIAT, Cali, Colombia. 1982. pp. 141-218.

Fox, R.L. & Kamprath, E.J. Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirements of soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34:902-907. 1970.

Lopes, A.S., Smyth, T.J. & Curi, N. The need for a soil fertility reference base and nutrient dynamics studies. En P.A. Sanchez, E.R. Stoner & E. Pushparajah (eds.) Management of acid tropical soils for sustainable agriculture. IBSRAM Proceedings 2:147-166. International Board for Soil Research and Management, Bangkok, Thailand. 1987.

Miranda, E.E. Rondônia: a terra do mito e o mito da terra. Os colonos do projeto Machadinho. EMBRAPA-UEPAE de Porto Velho. 1987. 175p.

Sanchez, P.A. Management of acid soils in the humid tropics of Latin America. En P.A. Sanchez, E.R. Stoner & E. Pushparajah (eds.) Management of acid tropical soils for sustainable agriculture. IBSRAM Proceedings 2:63-107. International Board for Soil Research and Management, Bangkok, Thailand. 1987.

Sanchez, P.A., Bandy, D.E., Villachica, J.H. & Nicholaides, J.J. Soils of the Amazon basin and their management for continuous crop production. Science 216:821-827. 1982.

Sanchez, P.A. & Benites, J.R. Low-input cropping for acid soils of the humid tropics. Science 238:1521-1527. 1987.

Sanchez, P.A. & Salinas, J.R. Low input technology for managing Oxisols and Ultisols in Tropical America. Adv. Agron. 34:279-406. 1981.

Sanchez, P.A., Villachica, J.H. & Bandy, D.E. Soil fertility dynamics after clearing a tropical rainforest in Peru. Soil Sci. Soc. Amer. J. 47:1171-1178. 1983.

Singh, R., Moller, M.R.F. & da A. Ferreira, W. Características da sorção do fósforo relacionadas com propriedades selecionadas de solos dos trópicos úmidos da Amazônia. R. Bras. Ci. Solo 7:233-241. 1983.

Smyth, T.J. & Bastos, J.B. Alterações na fertilidade em um Latossolo Amarelo álico pela queima da vegetação. R. Bras. Ci. Solo 8:127-132. 1984.

Wittern, K.P. Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e aptidão agrícola das terras em 100.000 hectares da gleba Machadinho, no município de Ariquemes, Rondônia. Rio de Janeiro, EMBRAPA/SNLCS, 1982. 274 p. (EMBRAPA, SNLCS. Boletim de Pesquisa, 16).

Dinamica de Nutrimentos en un Sistema de Producción con Bajos Insumos en un Typic Dystropept del Tropico Muy Humedo, Río Frío, Heredia, Costa Rica

Floria Bertsch[1] y Vidal Vega[2]

INTRODUCCION

Los suelos de las zonas tropicales muy húmedas son suelos pobres o con gran tendencia a serlo. El bosque, como vegetación originaria, constituye un ciclo cerrado de nutrimentos que garantiza un sistema natural estable. Al abrirse al cultivo, el ciclo se rompe y se presenta una alta susceptibilidad al deterioro nutricional que impide su uso continuo sin un manejo adecuado. Si la extracción es muy intensa y superior a la restitución natural de nutrimentos, el suelo se empobrece. Para estimar esta situación, y lograr un manejo nutricional adecuado que garantice el equilibrio en un sistema de producción dado, se requiere información sobre la dinámica de los nutrimentos en el mismo. La fertilidad de estos suelos debe ser atendida y compensada, o los terrenos tienen que ser prontamente abandonados, lo que conduce a una ampliación constante de la frontera agrícola.

A este problema se enfrentan muchos pequeños agricultores en Latinoamérica, razón por la cual, en el Taller Latinoamericano sobre Manejo de Suelos Tropicales realizado en la Estación Experimental de Yurimaguas, Perú, en 1986, con el apoyo y la coordinación de la Universidad de Carolina del Norte (NCSU), surgió la idea de enfrentarse al problema en una forma conjunta, a través una red de investigación, establecida en esa reunión con el nombre de RISTROP y que ha sido coordinada por la Universidad de Carolina del Norte.

La investigación dentro de una red internacional es una alternativa muy prometedora en la búsqueda de soluciones a un problema común, pues no sólo permite la exploración simultánea de varios ambientes, con la consiguiente ganancia en la comprensión global del fenómeno, sino que también, ocurre un intercambio y extrapolación de resultados a áreas semejantes en una forma más directa por la coordinación obligada que implica el trabajo en red.

Río Frío se considera una de esas condiciones ecológicas y edafológicas que merece ser tomada en cuenta dentro de la gama existente en los trópicos muy húmedos, por lo que se propuso participar en la red llevando a cabo un experimento para evaluar la dinámica de los nutrimentos que ocurre en esa localidad al establecer un sistema de manejo de suelos (arroz-caupí/barbecho) tendiente a obtener rendimientos sostenidos con la utilización de bajos insumos.

De esta manera, el objetivo de este trabajo es identificar la secuencia de aparición de las limitaciones nutricionales bajo ese sistema de manejo, en un suelo abundante y representativo de la región, y a la vez, proponer posibles alternativas, con el mínimo de insumos, para superar esos problemas conforme aparezcan, de modo que sea posible mantener una producción con rendimientos sostenidos y costos mínimos.

MATERIALES Y METODOS

Se seleccionó un área relativamente homogénea de 0.25 ha, sin uso agrícola desde hace casi 20 años, en los terrenos de la Finca Experimental de la UCR en Río Frío, cantón de Sarapiquí, provincia de Heredia, ubicada a una latitud norte de 10°21', una longitud oeste de 83°54', y a una altura aproximada de 100 msnm. Los datos climáticos de los últimos 4 años se presentan en la Figura 1.

La vegetación de bosque húmedo secundario dominante al momento de la tumba consistió de especies de la familia Piperaceae de porte intermedio, y algunos árboles de "lagartillo". Se procedió a efectuar el desmonte del terreno en forma manual y con la ayuda de una motosierra pequeña. Esta labor se realizó durante los meses más secos (febrero/marzo) con la intención de efectuar la quema de los residuos para obtener el valioso aporte inicial que estas cenizas pueden dar al suelo, y de este modo, ajustarse lo más posible a la propuesta inicial del experimento. Sin embargo, las húmedas condiciones prevalecientes en el lugar impidieron definitivamente esta labor, por lo que se siguió la técnica que usa el

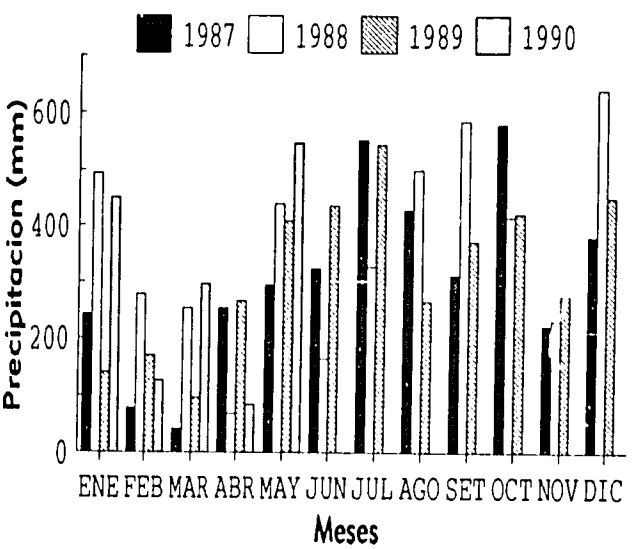


Figura 1. Precipitación mensual en Río Frío, Heredia, Costa Rica.

[1] Centro de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
[2] Finca Experimental de Río Frío, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. Sarapiquí, Heredia, Costa Rica.

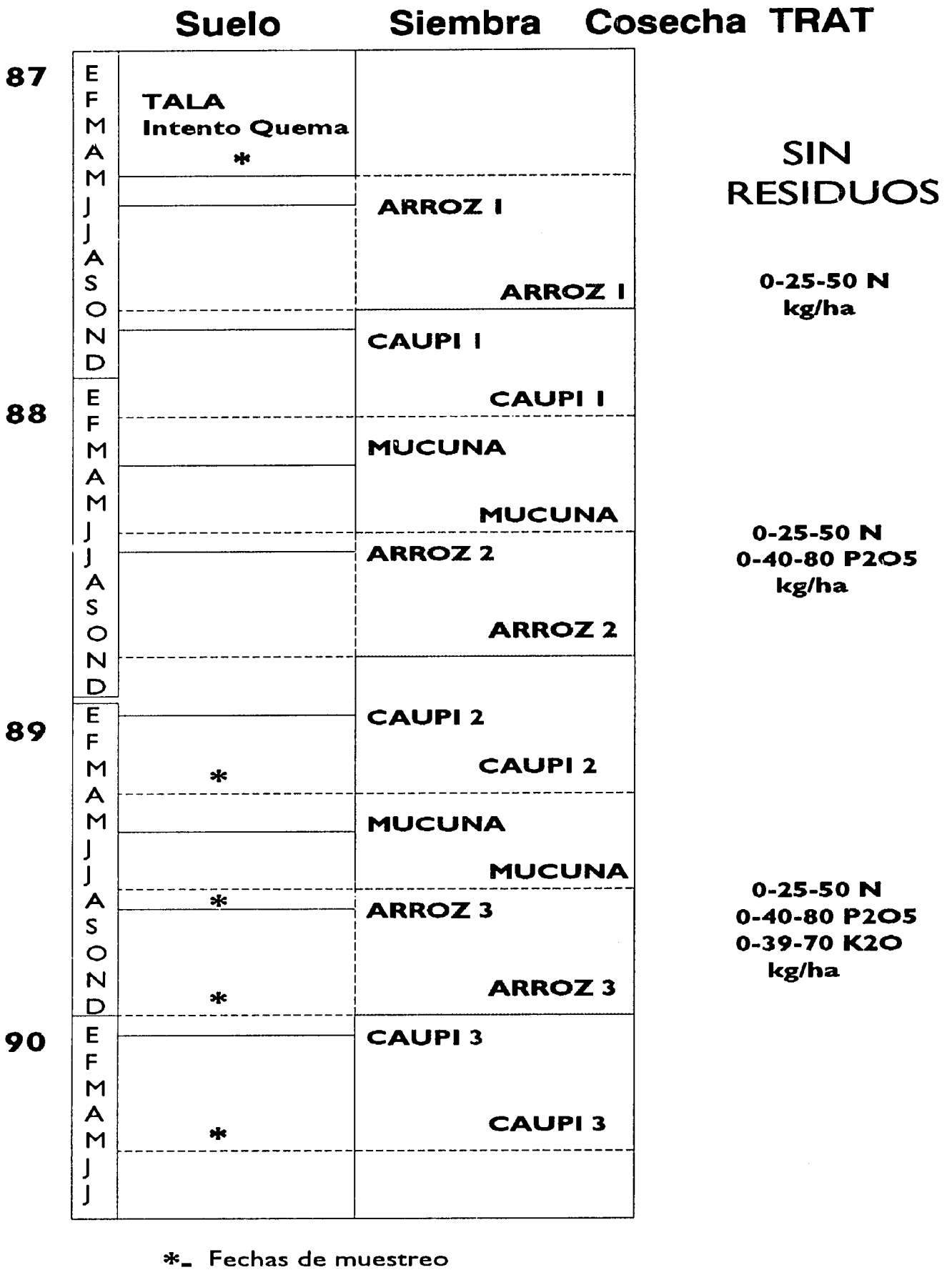


Figura 2. Cronograma de actividades del experimento de dinámica de nutrimentos con bajos insumos (Río Frío-Costa Rica).

Cuadro 1. Análisis de suelos promedio realizados a través del tiempo en el experimento de "Dinámica de nutrimentos con bajos insumos". Río Frío, Heredia, Costa Rica.

FECHA	pH	Ca	Mg	K	Al	MO	P	Zn	Mn	Fe	Cu
		--------cmol(+)/L--------				%	----------mg/L----------				
Mar 87	5.8	13.2	2.4	0.59	0.23	11.2	7	1.1	6	82	4
Oct 88	6.0	7.7	0.9	0.22	0.22	9.5	6	2.0	4	54	2
May 89	5.8	9.5	1.6	0.40	0.29	6.5	9	1.0	6	181	4
Oct 89	5.5	9.3	1.6	0.26	0.36		5	1.8	18	191	8
May 90	6.0	9.4	1.7	0.23	0.17	8.5	6	2.0	7	145	4
May 90[a]	6.1	12.7	1.3	0.22	0.18	8.3	6	2.3	6	135	5
May 90[b]	6.2	10.9	2.0	0.23	0.19	8.2	8	2.0	6	105	4

[a] Tratamiento sin residuos.
[b] Tratamiento de testigo absoluto.

agricultor en la zona; se procedió a acordonar los residuos más grandes a y desmenuzar al máximo lo restante.

El sistema de cultivos utilizado ha consistido en una rotación continua de arroz-caupí-mucuna como barbecho (*Oryza sativa-Vigna unguiculata-Styzolobium* sp.) sembrado utilizando variantes de la tecnología local en cuanto a semilla, distancias y métodos de siembra, y control de malezas.

El experimento consta de 13 parcelas repetidas 4 veces en Bloques Completos al Azar, en las cuales se han ido instalando los tratamientos progresivamente según se indica en el cronograma de actividades. Además de un testigo absoluto (TA), desde el inicio ha existido el tratamiento sin residuos, del cual, cosecha a cosecha se han retirado los restos orgánicos que quedaron sobre el terreno. En el resto de las parcelas los residuos producidos

Cuadro 2. Rendimientos parciales y acumulados (kg/ha) de arroz y caupí durante tres ciclos consecutivos de cultivo con bajos insumos en Río Frío, Heredia, Costa Rica.

Tratamiento	Arroz 1 87	Arroz 2 88	Arroz 3 90	Arroz Total	Caupi 1 88	Caupi 2 89	Caupi 3 90	Caupi Total	Gran Total
	----------t/ha----------								
SR[a]	1.58	1.33	0.33	3.25	0.59	0.15	0.03	0.77	4.02
0 N	1.88	1.35	0.47	3.69	0.49	0.34	0.02	0.85	4.55
50 N	1.49	1.82	0.92	4.22	0.65	0.30	0.02	0.97	5.19
100 N	1.85	1.85	0.72	4.41	0.57	0.36	0.04	0.98	5.39
0 P_2O_5	2.04	2.17	0.70	4.91	0.35	0.44	0.03	0.83	5.73
40 P_2O_5	1.99	1.07	0.43	4.67	0.67	0.48	0.03	1.18	4.67
80 P_2O_5	1.93	1.65	1.03	4.61	0.62	0.33	0.03	0.98	5.59
0 K_2O	1.88	1.63	0.88	4.39	0.52	0.30	0.03	0.85	5.24
39 K_2O	1.64	1.50	0.66	3.80	0.52	0.39	0.02	0.93	4.73
78 K_2O	1.60	1.58	0.67	3.85	0.63	0.40	0.03	1.06	4.91
Medio[b] 1	1.93	1.85	0.32	4.10	0.58	0.34	0.02	0.94	5.04
Medio 2	1.99	2.22	0.90	5.10	0.60	0.26	0.03	0.90	6.00
TA[c]	1.97	1.80	1.35	5.12	0.47	0.43	0.02	0.91	6.04

[a] sin residuos; [b] tratamientos testigo que van a recibir una fertilización intermedia; [c] testigo absoluto.

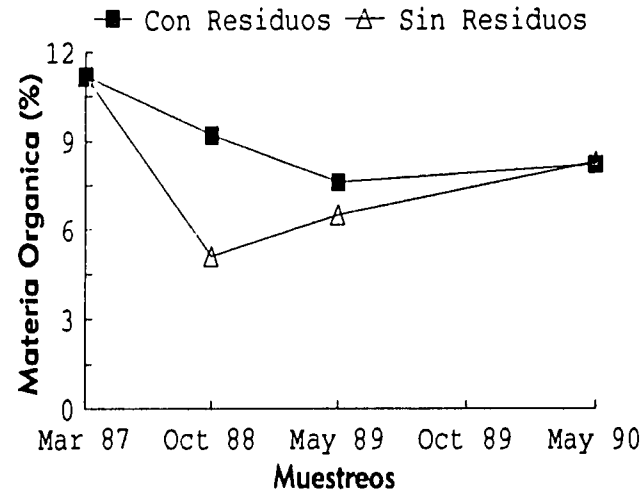


Figura 3. Variación en los contenidos de materia orgánica del suelo a través del tiempo.

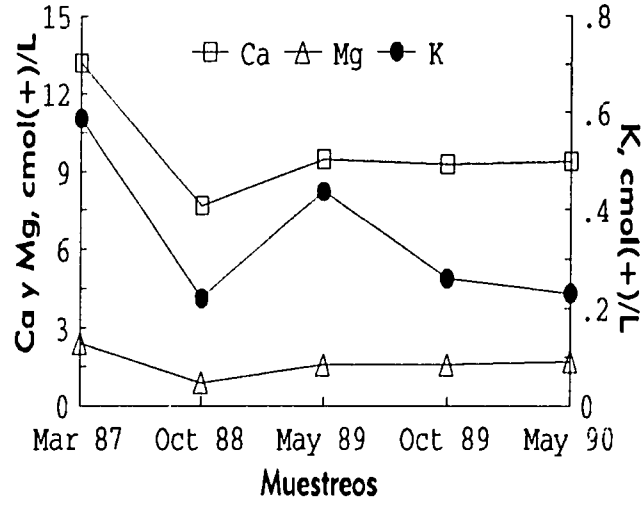


Figura 4. Variación en el contenido promedio de bases en el suelo a través del tiempo en el experimento de dinámica de nutrimentos.

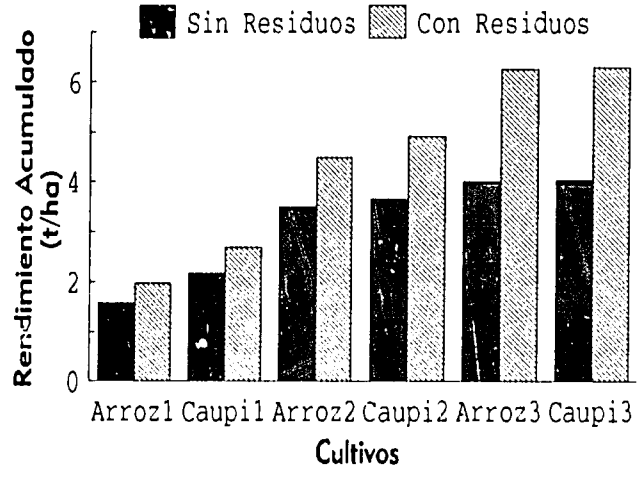


Figura 5. Rendimientos acumulados de arroz y caupí durante tres ciclos en Rio Frio, Heredia, Costa Rica.

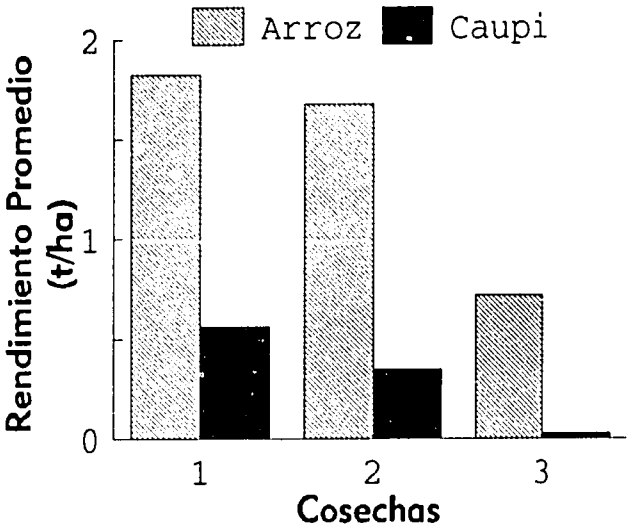


Figura 6. Rendimiento promedio de arroz y caupí a través del tiempo en Rio Frio, Heredia, Costa Rica.

después de cada cosecha y los restos de malezas, se han dejado sobre el campo. Hasta junio de 1990 se habían incluido progresivamente, tres niveles de N (0, 50 y 100 kg de N/ha), tres niveles de P (0, 40 y 80 kg de P_2O_5/ha) y tres niveles de K (0, 39 y 78 kg de K_2O/ha), en los ciclos de arroz. El caupí y la mucuna no recibieron fertilización en ninguno de sus ciclos.

Las parcelas son de $40m^2$ (4 x 10m), con un área útil de $18m^2$ (3x6m) en la primera cosecha de arroz, y de $15m^2$ (3 x 5m) en las restantes cosechas, para un área total de $2080m^2$.

Después de efectuar el desmonte se procedió a efectuar el primer muestreo de suelos, y de ahí en adelante, se han realizado muestreos por parcela, a 15-20cm de profundidad, en cada uno de los ciclos de arroz y caupí, excepto durante la primera rotación en la que se unieron las muestras de las 4 repeticiones para cada tratamiento. En la primera semana de junio de 1987, quedó plantado el primer ciclo de arroz, usando una variedad local de porte alto, a una distancia aproximada de 30 x 40cm y utilizando espeque. El calendario detallado de siembras y cosechas se resume en la Figura 2.

Las dosis de fertilización se han decidido con base en la experiencia y la información local. Los productos se han aplicado con fuentes individuales y al voleo (para el N) y en banda superficial (cuando se han aplicado dos o más productos).

Muestreos foliares sólo se realizaron en la segunda cosecha de arroz. En cada ciclo se ha evaluado el rendimiento en grano de arroz y caupí por parcela útil con humedad de campo, y se ha transformado a kg/ha.

En ninguna oportunidad se han presentado problemas por incidencia de plagas y enfermedades.

RESULTADOS Y DISCUSION

Dinámica de la Fertilidad del Suelo

Como se puede observar en el Cuadro 1, la fertilidad inicial natural de este suelo era bastante alta, y a pesar de los 3 años que el experimento ha permanecido en el campo y a los 4000mm de lluvia promedio que recibe la zona, los cambios en la misma no son aún demasiado dramáticos. Esto se puede atribuir a que este suelo, ubicado a 1-2km del Río Sucio, es de origen aluvial reciente y como la distancia al río no es muy grande su tabla de agua está relativamente superficial y sube con regularidad, lo que puede impedir que la lixiviación, a pesar de la alta precipitación, actúe en forma violenta.

En la Figuras 3 y 4 se puede observar el descenso relativo promedio en los contenidos de materia orgánica y bases a lo largo de los tres años. Aunque en algunos casos, como en el de K las cantidades actuales (1990) son la mitad de las iniciales, aún no se ha descendido por debajo de los niveles críticos.

En promedio, el P ha variado bien poco, y la acidez aún no muestra índices de aumento significativos (Cuadro 1).

Es importante anotar que, quizá por el mismo carácter aluvial del suelo, existe una alta variabilidad local en el área del experimento, que incluye diferencias altamente significativas entre repeticiones más que entre tratamientos. Aunque es un factor que involucra dificultades para el manejo e interpretación del experimento en relación con la Red de Investigación pues no ha permitido establecer aún el efecto de los tratamientos, desde un punto de vista local los resultados se consideran valiosos pues han permitido cuantificar dicha variabilidad, que de hecho ha de ser una condición bastante frecuente en la zona.

Los coeficientes de variación para las diferentes características de suelo fluctuaron entre 25 y 50%. Entre los bloques, los elementos con diferencias significativas fueron el K, el P y el Fe. En general, estos nutrimentos presentaron contenidos diferentes (mayores para el P y el Fe, y variables para el K) en el bloque 4, que, debido a una pequeña depresión que presenta, sufre de mayor acumulación de agua en ciertos períodos.

La Figura 3 muestra el efecto de la remoción de residuos sobre el contenido de materia orgánica. Aunque en este momento las cantidades están estabilizándose con o sin adición de residuos, es sensible el mayor y más rápido descenso en los primeros años.

Rendimiento

En este experimento, el suelo se ha sometido a 6 cosechas (3 de arroz, 3 de caupí) y 2 ciclos de barbecho con mucuna. Los resultados promedio de rendimiento, parciales y acumulados en kg/ha para cada uno de los

tratamientos establecidos, se presentan en el Cuadro 2.

Estadísticamente no ha sido posible establecer aún diferencias significativas entre los tratamientos, y en todas las cosechas se han presentado coeficientes de variación muy altos (30-60%). De nuevo, la variabilidad local ejerce un mayor efecto sobre los rendimientos de los bloques que los mismos tratamientos. En general, los bloques centrales, 2 y 3, han mantenido un comportamiento más estable, mientras que el 1 siempre ha presentado los rendimientos más bajos y el 4 los más erráticos. Sin embargo, si se observa el Cuadro 2, se puede establecer, cosecha a cosecha, una clara tendencia a presentarse rendimientos menores en los tratamientos con remoción de los residuos; si se valora en términos acumulados para las 6 cosechas, la diferencia llega a ser de un 30% (Figura 5).

El Cuadro 2 permite verificar, que aunque los promedios para algunos tratamientos fertilizados fueron menores que el del Testigo Absoluto, ninguno fue tan bajo como el del tratamiento Sin Residuos.

De estos resultados se desprende la ventaja que el uso y manejo adecuado de los residuos de cosecha traen para la agricultura de la zona.

El aspecto que es verdaderamente claro y significativo en relación a estos datos de rendimiento, es el descenso global de productividad del terreno con el tiempo. La Figura 6 muestra un promedio general por cosecha que desciende progresivamente. Para la tercera cosecha de ambos productos, los rendimientos descendieron casi a una quinta parte de los rendimientos de la primera cosecha. Aunque quizá aspectos de manejo como el desplazamiento gradual de la época de siembra, o el uso de semilla extraída de un ciclo anterior, hayan incidido en estos descensos, en general, no se han presentado problemas de plagas y enfermedades a las cuales pueda atribuirseles este efecto. A pesar de los resultados de los análisis de suelos (Cuadro 1), que en promedio no muestran grandes descensos, se considera que el factor nutricional sigue jugando el rol principal en el mantenimiento de los rendimientos, y que tal vez, los efectos de su compensación mediante los tratamientos de fertilización no se están logrando por estarse tratando aún en forma individual. Se considera que es necesario un replantamiento en la forma de solventar las deficiencias, en busca de los efectos por interacción de los nutrimentos, especialmente entre N y P.

Variabilidad

Dada la alta variabilidad expresada por el terreno, se realizó un análisis de varianza con las parcelas numeradas según su ubicación en el campo, y en forma estadística se pudo comprobar que las parcelas numeradas como 13 y 2 en todos los bloques, que están ubicadas en los dos extremos del terreno, son las que presentan siempre los más bajos rendimientos, mientras que las parcelas centrales, la 7 y la 8, generalmente son las de rendimientos máximos.

PLANES FUTUROS

Dado que los rendimientos han descendido tanto, y considerando que la agricultura de tan escasos insumos, no tiene una repercusión de aplicabilidad práctica en la zona, se ha decidido continuar con el seguimiento de la dinámica de los nutrimentos, pero con un replanteamiento de los tratamientos de fertilización que implican un mantenimiento con dosificaciones mayores y presencia de interacciones. Los tratamientos para la siguiente siembra de caupí quedaron así: SR = sin residuos + 25-80-40 (kg de N, P_2O_5, K_2O/ha, respectivamente), 0N = 0-80-40, 1N = 25-0-0, 2N = 50-80-40, 0P = 25-0-40, 1P = 0-80-0, 2P = 25-160-40, 0K = 25-80-0, 1K = 0-0-40, 2K = 25-80-80, Medios 1 y 2 = 25-80-40 y TA = 0-0-0.

Dinámica de Nutrientes del Suelo en un Inceptisol Cultivado con Bajos Insumos en la Amazonia Peruana

Luís Zúñiga,[1] Oscar Loli[2], R. Arce[3]

INTRODUCCION

El trópico húmedo comprende aproximadamente 666 millones de ha que representan el 46% del hemisferio occidental. Entre los Trópicos de Cáncer y Capricornio, es notoria la dominancia de suelos ácidos e infértiles clasificados como Ultisoles y Oxisoles que ocupan el 82% del área (Sánchez *et al.*, 1983).

La Selva peruana comprende más de 4.5 millones de ha aptas para el uso agrícola (60% del total nacional) de los cuales sólo el 10% es utilizado (ONERN, 1981). Desarrollar los suelos ácidos de baja fertilidad es una alternativa viable. La región de Selva Central del Perú constituye una zona del trópico húmedo que encierra un comprobado potencial de recursos naturales cuya producción debe estar destinada a cubrir el creciente déficit alimentario, proveer de insumos a la agroindustria y generar nuevas actividades. El valle del Río Pichis abarca una superficie de 128,000 ha donde se practica la agricultura migratoria (roza, tumba y quema). Esta es considerada ecológicamente correcta en condiciones de baja presión demográfica, pero ecológicamente dañina cuando se emplea el sistema en desequilibrio (Sánchez *et al.*, 1983; ONERN, 1981). La caracterización de la vegetación y el cuantificar volumétricamente el recurso forestal quemado permite tener la base química del área en estudio. El evaluar características químicas del suelo prequema y postquema, es un tema bien documentado, que indica buen contenido de nutrientes en las cenizas producidas como agentes de fertilidad natural. Por otro lado el tiempo de aparición de limitantes de fertilidad será determinado por la sucesión continua de cultivos.

El estudio de la dinámica de los nutrientes está basado en muestreos de suelo y parte foliar realizados en las sucesivas campañas de cultivos continuos. Se analizó pH, Ca, Mg, K, Al, CICE, P, saturación de Al, C y N total, además de Zn, Fe, Cu y Mn. La dinámica de los nutrientes en sistemas de cultivos debe ser estrechamente relacionada con la dinámica del crecimiento y del rendimiento del sistema en sí (McCollum, 1982). Tal criterio se tomó para evaluar la eficiencia de un sistema de rotación de cultivos gramínea-leguminosa en un período de dos años, para efectos del presente trabajo. La intención de desarrollar tecnología que permita la producción de cultivos anuales en suelos típicamente ácidos, infértiles y bien drenados, tiene por objeto establecer procedimientos para producir cosechas continuas con aplicaciones apropiadas de insumos, cal y fertilizantes (Sánchez y Bandy, 1982).

Los objetivos del presente experimento fueron 1) identificar la secuencia de deficiencias individuales de nutrientes y la aplicación de fertilizantes requeridas para corregir tales contrastes durante los cultivos continuos con bajos insumos, y 2) evaluar los efectos del reciclaje de nutrientes en los cultivos continuos con inclusión de una leguminosa en rotación de arroz y caupí.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se condujo en la estación experimental La Esperanza ubicada en la Selva Central del Perú, que constituye una zona del trópico húmedo. Geográficamente sus puntos extremos están comprendidos entre los paralelos 09°50'43" y 10°29'00" de latitud Sur y los meridianos 74°49'48" y 75°08'00" de longitud Oeste. Su altitud es 300 msnm. La precipitación anual promedio es de 3,300 a 3,900 mm con distribución unimodal y períodos de mínima precipitación mensual menores de 100 mm durante los meses de julio, agosto y septiembre (Figura 1). De acuerdo a la clasificación de Holdridge, ecológicamente se define como zona de vida "bosque húmedo tropical" con temperatura anual promedio de 26°C, promedio máximo mensual de 33°C y promedio mínimo mensual que no es inferior a 18°C, con un régimen de humedad del suelo perúdico, y humedad ambiental de 85%.

De acuerdo a la clasificación taxonómica se ubica dentro del subgrupo Dystropept Typic (Soil Survey Staff, 1975). Por los niveles altos de saturación de Al (90-95%) se podría definir como un Dystropept Alico

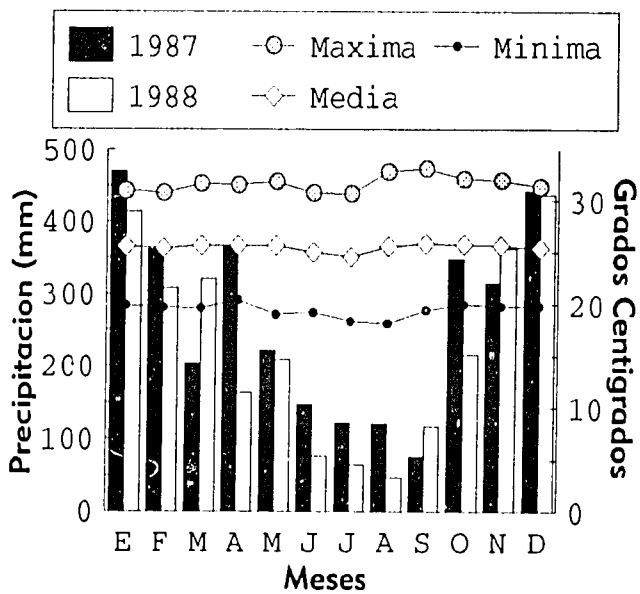


Figura 1.Distribución de precipitación mensual y régimen mensual de temperatura. en Pichis, Perú.

[1]Investigador, Instituto de Investigación Agropecuaria y Agroindustrial, Apartado 100, Lima 41, Perú.
[2]Profesor de Ciencias del Suelo, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
[3]Estudiante postgraduado, Programa Forestal, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Cuadro 1. Fertilización aplicada en la secuencia de rotación de cultivos.

TRATA-	FERTILIZACION APLICADA POR COSECHA							
		CAUPI		BARBE-	ARROZ			CAUPI
MIENTO	ARROZ	RESID.	CAL	CHO	N	P	RESID.	RESID.
			kg/ha		--kg/ha--			
Testigo abs.	0	SI	0	SI	0	0	SI	SI
Sin residuo	0	NO	0	NO	0	0	NO	NO
P_0	0	SI	0	SI	0	0	SI	SI
P_1	0	SI	0	SI	0	22	SI	SI
P_2	0	SI	0	SI	0	44	SI	SI
N_0	0	SI	0	NO	0	0	SI	SI
N_1	0	SI	0	NO	30	0	SI	SI
N_2	0	SI	0	NO	60	0	SI	SI
K_0	0	SI	0	SI	0	0	SI	SI
K_1	0	SI	0	SI	0	0	SI	SI
K_2	0	SI	0	SI	0	0	SI	SI
Cal_0	0	SI	0	SI	0	0	SI	SI
Cal_1	0	SI	400	SI	0	0	SI	SI

correspondiente a la serie Esperanza (Es). Fisiográficamente es una terraza media con material parental aluvial antiguo y profundidad efectiva de 90 cm, moderadamente profundo amarillento, textura franco arcillo limoso a arcillosa, con pH 4.5-5.0, drenaje imperfecto permeabilidad moderadamente lenta y lenta y fertilidad natural baja. Los factores limitantes del suelo son: toxicidad del Al, baja CICE, y escasas reservas de la mayor parte de los elementos nutritivos.

Diseño experimental

El diseño estadístico empleado fue de bloques completos al azar con 13 tratamientos y 4 repeticiones. Los tratamientos se describen en el Cuadro 1. Un testigo absoluto y un testigo sin residuos, que se inician el primero automáticamente con la primera campaña y el segundo, con la siguiente campaña del cultivo secuencial. Los siguientes 9 tratamientos se proyectaron para observar la respuesta del cultivo a tres rangos de N P K los cuales se iniciaron cuando se tuvo evidencias de la deficiencia en los análisis de suelo y foliares que indicasen un factor limitante. (Benítes, 1986). El objetivo de poner tratamientos de N P K con nivel cero fue tener una prueba de acercamiento para evitar respuestas confudidas y eventuales durante la evaluación de cada elemento en su dinámica. Se emplearon dos tratamientos para probar la respuesta encalado con dosis de 0 y 400 kg/ha de calcita.

La frecuencia de muestreo abarca la fase prequema, postquema y el momento de la floración de cada campaña. Los tratamientos se iniciaron según el Cuadro 1. El tamaño de cada parcela es de 10x5 m y el área neta a evaluarse es 18m^2.

Cuadro 2. Cronograma de actividades y muestreos para el experimento de bajos insumos en Pichis, Perú.

Labor	Muestreo	Año	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Inventario		1987				*								
Tumba y roza								*						
	Prequema									*				
Quema											*			
	Ceniza										*			
	Postquema[1]										*			
Siembra arroz													*	
	Suelo	1988		*										
	Foliar			*										
Cosecha					*									
Encalado							*							
Siembra caupí							*							
	Suelo								*					
	Foliar								*					
Cosecha caupí									*					
Siembra mucuna										*				
	Foliar													*
Mulch mucuna														*
Aplicación de P[2]														*
Siembra arroz														*
Aplicación de N[3]			*											
Aplicación de N[3]		1989	*											
	Suelo					*								
	Foliar					*								
Cosecha arroz							*							
Siembra caupí								*						
	Suelo									*				
	Foliar									*				
Cosecha caupí											*			

[1] Después de una lluvia de 5mm.
[2] Aplicación de 22 y 44 kg ha^{-1} incorporado.
[3] Aplicación fraccionada al voleo.

Procedimientos en el campo

Evaluación de biomasa. Se realizó el inventario dendrológico al 100% en una ha. En ella se determinó la composición de la flora y abundancia de las especies más conspicuas. Se calculó el volumen ponderable ha ser quemado en 3,800m^2 que llevado a la ha resulta 97.65m^3/ha. El Cuadro 2 muestra la secuencia de actividades y los muestreos para el experimento.

Tumba y quema La tumba se efectuó en forma manual y luego se procedió a picar la biomasa. Para la primera fase de la evaluación se dispuso cinco transectos y 35 parcelas de 11x13m distribuidas en cada transecto. Para la evaluación prequema se marcaron puntos de muestreo de suelo, precediéndose de igual forma para el muestreo postquema. A su vez, éstos se ubicaron próximos a las bandejas de zinc usadas para el muestreo de cenizas (0.5x0.5m). El muestreo de suelo postquema se realizó después de una lluvia de 5mm y de acuerdo a los resultados obtenidos en el laboratorio, se realizó la distribución de bloques y parcelas, para evitar, en lo posible, el error

experimental.

Siembra y manejo La siembra de la primera campaña de arroz se realizó en forma uniforme con el método tradicional (a tacarpo o espeque). El distanciamiento que se usó fue de 0.5m entre surco y 0.25m entre planta con un área neta de evaluación de 18m^2. Las variedades tolerantes a la acidez fueron, arroz Africano Desconocido y frijol caupí variedad Vita-7. En la segunda rotación (caupí) se probó el tratamiento con encalado aplicándose dosis de 400 kg de calcita/ha. La aplicación se efectuó al voleo y se incorporó con rototiler a 20cm de capa arable.

Una vez cosechada la segunda campaña, se sembró *Mucuna conchinchinensis*, leguminosa que se utilizó como abono verde. Todos los tratamientos fueron sembrados con Mucuna a excepción de los proyectados para probar dosis de N. Con una cobertura del 100% se evaluó biomasa fresca, seca y en el tratamiento sin residuos se tomó muestras foliares para determinar el potencial de elementos reciclados por este barbecho.

En la tercera rotación (arroz) se iniciaron los tratamientos de N con dosis de 0, 30 y 60 kg de N/ha y urea como fuente. La forma de aplicación fue fraccionada aplicándose la mitad a los 15 días de germinado el arroz y la otra parte en la etapa del primordio panicular. La aplicación se realizó al voleo. El tratamiento con P también se inicio en esta tercera rotación en dosis de 0, 22 y 44 kg de P/ha, la cual se aplicó al voleo incorporándose con rototiler.

Los muestreos de suelo y foliares se realizaron en la etapa de floración de cada cultivo. Las muestras de suelo fueron tomadas a una profundidad de 15cm en tres submuestras, con las que se constituyó una muestra compuesta que se envió al laboratorio de suelos de la Estación Experimental Yurimaguas. Las cosechas se realizaron en cada parcela y los residuos o rastrojos fueron distribuidos uniformemente para el reciclaje correspondiente. Tan sólo se retiraron los rastrojos del testigo sin residuos, biomasa que fue distribuida entre las demás parcelas del bloque correspondiente. Dentro de los labores culturales se realizaron dos deshierbas manuales en cada campaña y un control sanitario de acuerdo a los requerimientos de mantenimiento del cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSION

Biomasa transformada y su importancia económica

Al analizar la composición de la flora se aprecia la presencia de *Euphorbiaceae*, *Gutiferae*, *Palmae*, *Bignoniaceae* y *Mimosaceae* entre las más importantes (Cuadro 3). Es interesante destacar la presencia minoritaria de *Cecropia sp.*, lo que indica se encuentra en franco retroceso para dar paso a otras especies propias de mayor estado de desarrollo del bosque. La variabilidad en velocidad de crecimiento, peso específico de las maderas y morfología foliar, son factores que dinamizan la sucesión del bosque y conllevan al mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo. El coeficiente de mezcla de 1/8.22 corrobora la alta heterogeneidad de la flora (Figura 2).

La presencia de Zancudo caspi y las Pichirinas indican alto grado de deterioro del suelo (J. Pérez comunicación personal, 1988). Volumétricamente, el Zancudo caspi, Quillabordón y la Pichirina menuda son las más

Cuadro 3. Lista de especies del inventario para el ensayo cronológico en la zona de la Esperanza, Pichis, Perú.

Nombre Vulgar	Codigo	Nombre Científico	Familia
Zancudo caspi	36	Alchornea triplinervia	Euphorbiceae
Quillabordón blanco	28	Aspidosperma sp.	Apocinaceae
Desconocido[1]	11	----------	----------
Pichirina hoja menuda	26	Vismia sp.	Gutiferae
Pasaya	23	----------	----------
Shimbillo	33	Inga sp.	Mimosaceae
Pichirina hoja ancha	25	Vismia sp.	Gutiferae
Huamanzamana	12	Jacaranda copaia	Bignoniaceae
Carahuasca	4	Guatteria sp.	Anonaceae
Tanque	34	----------	----------
Tanque bajial	35	----------	----------
Cetico	7	Cecropia sp.	Moraceae
Parinari	21	Couepia sp.	Chrysobmanaceae
Rifari	30	Miconia sp.	Melastomaceae
Mohena	17	----------	Lauraceae
Cumaceba	9	Platymisclum sp.	Fabaceae
Pashaco	22	----------	Momosaceae
Aceite caspi	1	Didimopanax sp.	Araliaceae
Aguaje	2	Mauritia flexuosa	Palmae
Capirona verde	3	Calycophyllum sp.	Rubiaceae
Cedro	5	Cedrela edorata	Meliaceae
Cepanchina	6	Sloanea sp.	Eleocarpaceae
Cetico hoja ancha	8	Cecropia sp.	Moraceae
Chontaquiro amarillo	10	Aspidosperma	Apocynaceae
Inayuca	14	----------	Palmae
Leche caspi	15	Couma sp.	Apocynaceae
Marupa	16	Simarouba amara	Simarubaceae
Moquete de tigre	18	----------	----------
Nispero	19	----------	----------
Oje	20	Ficus sp.	Moraceae
Peine de mono	24	Apeiba tiborbou	Tiliaceae
Renaco	29	----------	Moraceae
Rijari hoja ancha	31	Miconia sp.	Melastomaceae
Sacha uvilla	32	Pouroma sp.	Moraceae

[1]Arboles de una especie que no era conocida por el matero. Los nombres científicos son deducidos del catálogo de especies forestales del Informe de Encarnacida (1983).

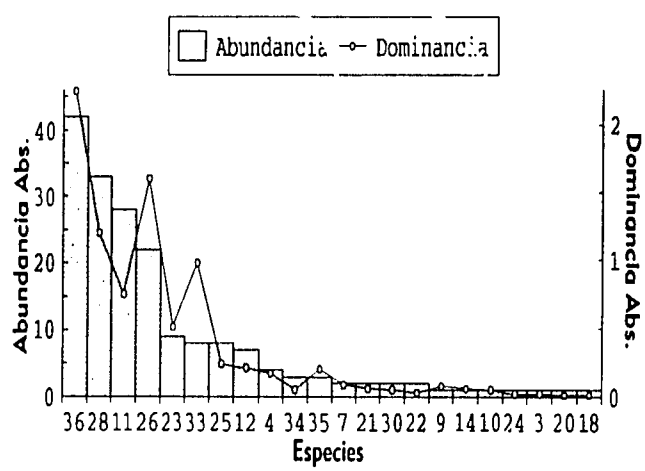


Figura 2.Relación de dominancia y abundancia de especies forestales en el bosque original de Pichis, Perú.

Cuadro 4. Propiedades del suelo en el área experimental antes y después de la quema. Pichis, Perú. (valores promedio de 35 observaciones).

		INTERCAMBIABLES				SAT.				
TIEMPO	pH	Ca	Mg	K	Al	Al	Mg	P	C	N
		-------cmol (+)/L-------				--- % ---		mg/kg	- % -	
Antes	4.3	0.30	0.25	0.12	9.9	93	2	5	1.77	0.26
Después	4.6	1.05	0.63	0.36	8.0	78	7	13		

importantes. Asumiendo que toda la madera es aprovechable para diversos usos y asignándole un precio subestimado de US$0.25/p.t., se tiene que en los 97.65 m^3/ha calculados para este bosque secundario, se ha quemado madera por un valor de US$10,357. Considerando sólo las especies más importantes se tiene que en Zancudo Caspi y en Quillabordón se ha quemado madera por un valor de US$2,997 y 1,732 respectivamente, por un total de US$4,729 en ambas especies. Actualmente el ritmo de deforestación en el Perú es de 256,000 ha/año (FAO, 1981) entonces se puede comprender como cada año se están quemando nuestras posibilidades de salir del subdesarrollo (Arce, 1987).

Efectos de la tumba y quema

La quema después del proceso de desmonte enriquece el suelo debido a los nutrientes que contiene la ceniza. Los cambios en las propiedades del suelo dependen del tipo de vegetación, intensidad de la quema y cantidad de precipitación (Smyth y Bastos, 1984).

El Cuadro 4 expone las características químicas del suelo antes y después de la quema. En ella se puede apreciar que el catión predominante del complejo intercambiable fue el Al. Por efectos de la quema las bases cambiables se incrementaron y en consecuencia el porcentaje de saturación de Al se redujo. Sin embargo, la disminución no fue sustancial debido a los altos valores iniciales de saturación de Al. El incremento de pH y la reducción de la acidez intercambiable corroboran una vez más los efectos encalantes de la ceniza, que resultan en la conversión de cationes básicos a formar oxidadas, luego del proceso de quema.

La reducción del Al intercambiable fue de 1.96 cmol(+)/L equivalentes a 19.7% del total. Las bases intercambiables, Ca, Mg y K, se incrementaron en 0.75, 0.38 y 0.24 cmol(+)L respectivamente, que representan 270, 82.2 y 168.5 kg/ha de Ca, Mg y K, respectivamente. Expresados en su forma oxidada se traducen en 378, 136.8, 203.97 kg/ha de CaO, MgO y K_2O, respectivamente (densidad aparente 1.2 g/cm^3 y profundidad de 15 cm). Los valores de P se incrementaron en 8 mg kg^{-1} y expresan un contenido de 14.5 kg P/ha que representan 33.2 kg de P_2O_5/ha. Los incrementos mencionados son atribuibles

Cuadro 5. Promedio de materia seca incorporado por *Mucuna cochinchinensis* y cantidad de nutrientes aportados.

MATERIA SECA	N	P	K	Ca	Mg
t/ha	----------	----------	kg/ha	----------	----------
1.73	75.9	6.1	32.1	12.1	5.5
CV% 39	45	42	40	52	46

a la biomasa quemada. Sin embargo, deberán interpretarse tomando en cuenta que la quema no se produjo en el 100% de biomasa.

Variables medidas y los tratamientos

Los análisis químicos de suelo sugieren una reducción de Ca, Mg, K y una elevación de Al cambiable que incrementaron el % de saturación de Al, lo que resultó en una acidificación del suelo conjuntamente con un mayor agotamiento del P. La dinámica de los elementos respecto al tiempo fue notoria (Figura 3 y 4). Esta tendencia se observa durante la secuencia de cultivos. Considerando la rusticidad de las variedades empleadas en este experimento, es una dura prueba no sólo por las condiciones extremas de acidez (pH 4.3-4.6) y los elevados niveles de saturación de Al (78-93%), sino también por las características climáticas de la zona (Kamprath, 1980). Se hace evidente la habilidad de estos cultivares para extraer nutrientes en suelos agotados e infértiles.

Durante el primer cultivo de arroz, se produjo una drástica disminución en la concentración de bases cambiables, mientras que en el segundo cultivo la extracción fue menor, debido probablemente a la incorporación de biomasa de mucuna, la cual aportó nutrientes fácilmente mineralizables (Cuadro 5).

El caupí, leguminosa bastante adaptada a estas condiciones, tiene niveles bajos de extracción lo cual permitió mantener estable el nivel de bases y de P. Las diferencias en rendimientos no fueron significativas entre campaña y campaña de arroz y caupí (0.46 y 0.48 t/ha para arroz y 0.86 y 0.61 t/ha para caupí). Realizada la prueba de contrastes ortogonales no se encontró diferencias significativas entre los rendimientos de caupí, pero sí hubo una respuesta significativa entre los rendimientos de arroz a la aplicación de dosis crecientes de P. También se

Cuadro 6. Efecto del N en el rendimiento en grano de arroz y caupí, Pichis, Perú.

APLICACION DE N	Arroz Sin N	Caupi Sin N	Arroz Con N	Caupi Sin N	Incremento Arroz	Incremento Caupi
kg/ha	----------	----------	t/ha	----------	----------	----------
0	0.50	0.76	0.35	0.54	-0.15	-0.22
30	0.44	0.86	0.40	0.60	-0.05	-0.26
60	0.43	1.00	0.55	0.60	0.12	-0.40
DMS (0.05)	NS	NS	NS	NS		

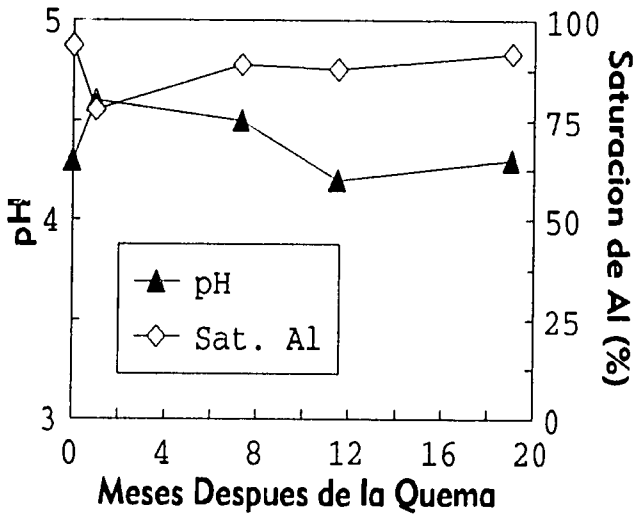


Figura 3. Dinámica de pH y saturación de Al respecto al tiempo en la sucesión de cultivos con bajos insumos, Pichis, Perú.

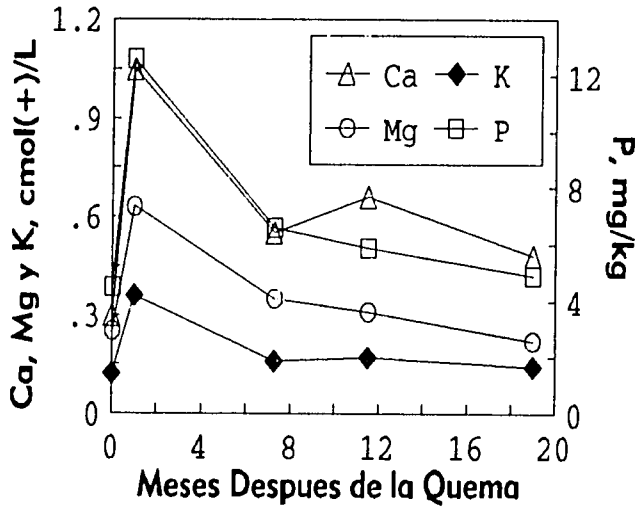


Figura 4. Dinámica de bases cambiables y P respecto al tiempo en la sucesión de cultivos con bajos insumos, Pichis, Perú.

pueden apreciar efectos residuales de P, sobre el caupí.

No hubo correlación significativa entre la materia seca de mucuna y el rendimiento de arroz en este experimento, lo que sugiere que la variación en el rendimiento de arroz no estuvo relacionada con la variación de producción de materia seca de mucuna. Las concentraciones de Ca en la segunda cosecha de arroz indicaron que no hubo deficiencias de este elemento, sin embargo hubo problemas de toxicidad de Al, que se manifestó por el engrosamiento de raíces (observación de campo).

Efectos del N

Las tendencias de respuesta del N aplicado en dosis crecientes de 0, 30 y 60 kg/ha, no fueron significativas (Cuadro 6). Debido a la variabilidad existente en el suelo vemos, la respuesta a la aplicación de N puede ser mal interpretada. Por esto es conveniente trabajar con las diferencias de producción durante la primera y segunda campaña de arroz y de igual forma con las campañas de caupí. Esta comparación permite observar que existe tendencias a un incremento de rendimiento del arroz por aplicación de N, de acuerdo a la dosis creciente aplicada en función de la producción inicial.

Los incrementos en rendimiento determinan una mayor extracción de N, elemento que puede perderse con gran facilidad por extracción del cultivo, volatilización o percolación, provocando agotamiento del suelo (Sánchez, 1982), lo que va a repercutir en la producción posterior del caupí, cuyo rendimiento con respecto a la primera cosecha se incrementó paralelamente a las dosis de N aplicado.

Cuadro 7. Efecto del P en el rendimiento en grano de arroz y caupí, Pichis, Perú.

APLICACION DE P	ARROZ SIN P	CAUPI SIN P	ARROZ CON P	CAUPI SIN P	INCREMENTO ARROZ	INCREMENTO CAUPI
kg/ha	t/ha					
0	0.34	1.43	0.48	0.72	0.15	-0.71
22	0.63	0.89	0.79	0.69	0.17	-0.20
44	0.41	0.66	0.74	0.57	0.23	-0.10
DMS (0.05)	NS	NS	*	NS		

Efectos del P

Los resultados indican que el arroz es un cultivo agotador de P (Cuadro 7) mientras que el caupí (VITA-7) es un cultivar menos exigente en este elemento, debido a que puede soportar mejor una baja concentración de P disponible en el suelo. Los rendimientos de arroz respecto a las dosis crecientes de P aplicados presentan una respuesta significativa que se traduce en una diferencia positiva entre la segunda y la primera campaña. Estas diferencias positivas de 146, 166 y 229 kg/ha de arroz para las dosis crecientes de P, hacen evidentes la respuesta a la aplicación de fertilizante fosfatado, considerando que el rango de P disponible fue de medio a bajo en las diferentes campañas (Figura 4). Por otro lado se puede apreciar en esta figura que luego de tres campañas de cultivos sucesivos la concentración de P disponible se redujó de 13 a 5 mg/kg.

Reciclaje de nutrientes

La capacidad de reciclar nutrientes por *Mucuna conchinchinensis* como abono verde para este experimento está en relación directa al volumen de biomasa producida en estas condiciones de suelo; se incorporó, entre 1.2 y 2.3 t/ha de materia seca con un promedio de 1.73 t/ha.

ALGUNAS CONCLUSIONES Y PLANES FUTUROS DEL EXPERIMENTO

De la información obtenida en la secuencia de rotación de cultivos anuales puede concluirse que, las especies tolerantes a suelos ácidos e infértiles son la alternativa más viable por su habilidad de extraer nutrientes y responder a estímulos de fertilización química, las cuales deberán ser manejadas con criterio racional en la generación de tecnología. El experimento también permitió la introducción de una nueva alternativa en el manejo adecuado de suelos con bajos insumos. La posibilidad de incorporar niveles aceptables de nutrientes en forma de abono verde queda abierta, vista la precocidad y capacidad de reciclaje de *Mucuna conchinchinensis*.

Se sugiere que el presente trabajo sea evaluado por un tiempo mayor, sobre todo las variables con respuesta positiva a las aplicaciones de fertilizantes. Esto con la intención de validar resultados obtenidos y también para poder observar el momento en que se presenten las limitantes para K, evaluar la capacidad neta de reciclaje de nutrientes por rastrojos de cultivo y abono verde, así como definir su potencial real. El trabajo se proyectó para establecer un sistema de cultivo permanente con especies tolerantes a suelos ácidos e infértiles que puedan ser manejados con un mínimo de insumos. La opción más próxima es el establecimiento del cultivo de achiote (*Bixa orellana*), cultivo tradicional con futuro agroindustrial.

LITERATURA CITADA

Arce, R. 1987. Análisis estructural de un bosque secundario joven, reserva forestal La Esperanza. Reporte INIAA, Pichis-Perú. pp.1-16.

Benítez, R. 1986. Interpretación de problemas claves y algunas recomendaciones para corregir la fertilidad de los suelos de los trópicos húmedos. Reporte. Yurimaguas-Perú, INIPA-NCSU. pp.1-44.

Encarnación, F. 1983. Nomenclatura de las especies forestales comunes en el Perú. Proyecto PNUD/FAO/PER/81/002 Fortalecimiento de los Programas de Desarrollo Forestal en Selva Central. Lima. Documento de trabajo No.7. 150 pp.

Kamprath, E.J. 1980. La acidez en suelos bien drenados de los trópicos como una limitación para la producción de alimentos. Series de Separatas No.8. Yurimaguas-Perú, INIPA-NCSU. pp.1-25.

McCollum, R.E. 1982. Dinámica de los nutrientes en el suelo en sistemas de cultivos múltiples con relación al uso eficiente de fertilizantes. Serie de Separatas No.10. INIPA-NCSU. pp. 1-42.

Sánchez, P.A., J.H. Villachica y D.E. Bandy. 1983, Dinámica de nutrientes después del desmonte en un bosque tropical en el Perú. Serie de Separatas No.7. INIPA-NCSU, Yurimaguas-Perú. pp. 1-30.

Sánchez, P.A. 1982. El nitrógeno en sistemas de agricultura migratoria en América Latina. Serie de Separatas No.3. INIPA-NCSU. Yurimaguas-Perú. pp. 1-26.

Sánchez, P.A. y D.E. Bandy. 1982. Suelos de la amazonia y su manejo para producción continua de cultivos. Serie de Separatas No.1. INIPA-NCSU. Yurimaguas-Perú. pp.301-315.

Smyth, T.J. y J.B. Bastos. 1984. Alterações na fertilidade de um Larossolo Amarelo Alico pela queima da vegetação. R. Bras. Ci. Solo 8:127-132.

Soil Survey Staff. 1975. Soil Taxonomy. U.S. Dept. Handbook 436 (Soil Conservation Service, Washington).

Dinámica de Nutrientes del Suelo Durante Tres Años de Cultivos de Bajos Insumos en un Ultisol de la Amazonia Peruana

T. J. Smyth , J. C. Alegre y C. A. Palm[1]

INTRODUCCION

En extensas áreas de la Amazonía, los suelos se caracterizan por su alta acidez y bajos niveles de bases intercambiables y P disponible. De un total de 484 millones de hectáreas, se estima que el 81% tiene pH <5.3, 59% tiene saturación de aluminio >70% y 57% tiene P disponible <3 mg/kg (Cochrane y Sánchez, 1982). En estos suelos se puede producir cultivos en forma continua con un adecuado suplemento de cal y fertilizantes (Lopes *et al.*, 1987) para lo cual se debe contar también con una adecuada infraestructura de mercadeo. En condiciones en donde los precios de los fertilizantes y la accesibilidad al mercado no son favorables, la tecnología de manejo de suelos con bajos insumos se presenta como una alternativa potencial.

Los cultivos con bajos insumos estan basados en : 1) adaptación de las plantas a las limitaciones del suelo, en vez de descartarlos por no convenir a los requerimientos de las plantas; 2) maximización de los rendimientos por unidad de insumo químico añadido y 3) uso ventajoso de los atributos favorables de los suelos ácidos infértiles (Sánchez y Salinas, 1981). Ensayos en el campo con numerosos cultivares y líneas de arroz (52), camote (25), soya (22), maní (11) y caupí (37) en Ultisoles con niveles de saturación de Al de 63-82% revelaron muchos cultivares de arroz y caupí con alto potencial de rendimiento, bajo condiciones de toxicidad de Al (Nicholaides y Piha, 1987). Posteriormente, Sánchez y Benítes (1987) desarrollaron un sistema de cultivos de bajos insumos para suelos ácidos en los trópicos húmedos basado en 1) desmonte mediante tumba y quema, 2) rotación de cultivares de arroz y caupí tolerantes a acidez, 3) máximo retorno de residuos y 4) no aplicación de cal y fertilizantes y sin labranza. Después de tres años, los rendimientos declinaron como resultado de un aumento en la competencia con malezas y a la deficiencia de nutrientes. La competencia con malezas y las limitaciones de nutrientes pueden ser aliviadas poniendo el terreno en barbecho de kudzú por un año (Benítes y Sánchez, 1989) con la posibilidad de que la duración del ciclo de cultivo sea acortada con cada barbecho consecutivo.

La información actual no permite una clara distinción en la deficiencia de un nutriente en particular, asociada con la reducción de rendimiento en el ciclo inicial del cultivo de bajos insumos. Se compararon los rendimientos de arroz y caupí entre tratamientos sin fertilizante y tratamientos que recibieron una cantidad constante de N, P y K aplicados en cada cultivo de arroz. Es también difícil determinar si los efectos benéficos del barbecho de kudzú por un año en los rendimientos de arroz son atribuibles al mejoramiento en la disponibilidad de nutrientes o a la reducción en la competencia con malezas. Sin embargo, es posible que la duración del ciclo de cultivo pueda ser extendida y que el tipo y secuencia de las limitaciones nutricionales puedan ser alteradas reemplazando las prácticas actuales de un año de barbecho de kudzú cada tres años, con una siembra más frecuente de una leguminosa de cobertura tolerante a acidez y de rápido crecimiento. Los objetivos del presente experimento fueron 1) identificar la secuencia en la aparición de deficiencias de nutrientes en forma individual y la cantidad de fertilizantes requeridos para corregir dichas limitaciones durante el cultivo continuo con bajos insumos y 2) evaluar el grado por el cual el período de cultivos pueda ser prolongado por la inclusión anual de una leguminosa de cobertura en rotación con arroz y caupí.

MATERIALES Y METODOS

Caracterización del lugar

El experimento fue conducido en la Estación Experimental de Yurimaguas (5° 45' latitud S, 76° 05' longitud O, 182 m de altitud). La precipitación anual es de 2200 mm excediendo a la evapotranspiración potencial durante nueve meses del año. El suelo usado fue un Typic Paleudult franco-fino, silíceo, isohipertérmico. De acuerdo con la designación (Llak) del sistema de clasificación por fertilidad y capacidad (FCC), este suelo tiene la capa arable y el subsuelo francos, problemas potenciales con toxicidad de Al y baja capacidad para abastecer K. La vegetación inicial de esta área (1 ha) fue de un bosque secundario de 11 años.

Durante el proceso de desmonte, las provisiones de biomasa y nutrientes en el ecosistema fueron estimados mediante muestreos de suelo y mediciones destructivas de la vegetación sobre el suelo, bajo el suelo y en la hojarasca. Los esquemas de muestreo para biomasa y suelo se ilustran en la Figura 1. Los transectos en el muestreo de suelos fueron distribuídos a través del área en intervalos de 20m. Seis áreas de muestreo, cada una con un radio de 2m, fueron establecidas en cada transecto espaciado a 20m. Las áreas para el muestreo de biomasa consistieron en cuatro parcelas circulares de 6m de radio. Las parcelas fueron estratificadas a través del área, primeramente seleccionando al azar cuatro de las cinco franjas de 20x100m y localizando al azar cada parcela dentro de las franjas seleccionadas (Figura 1a). La vegetación en pie, hojarasca y raíces fueron muestreadas en forma estratificada, dentro de cada parcela, para reducir errores en el muestreo. Los componentes de la biomasa distribuídos uniformemente (hojarasca y

[1] Profesor Asistente en Ciencias del Suelo, Líder del Proyecto en Perú, Profesor Asistente en Ciencias Forestales, Programa de Suelos Tropicales, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695-7619, USA.

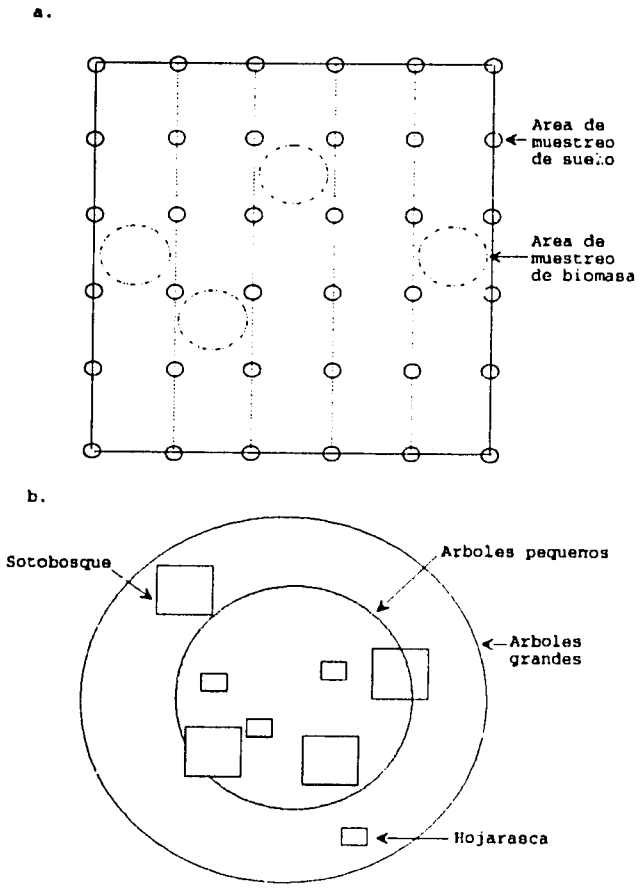


Figura 1. Distribución de (a) áreas de muestreo de suelo y biomasa en 1-ha de bosque secundario y (b) áreas para el submuestreo de componentes vegetativos dentro de las áreas de muestreo de biomasa.

sotobosque) fueron muestreados de subparcelas en las parcelas circulares, mientras que los árboles grandes fueron medidos en toda la parcela. El esquema de muestreo para cada componente de la biomasa se ilustra en la Figura 1b, y se describe a continuación:

Hojarasca - cada parcela circular fue subdividida en cuatro áreas iguales y la hojarasca fue colectada de una área de 0.25x0.25m seleccionada al azar dentro de cada subparcela. Las cuatro submuestras fueron combinadas en una muestra compuesta, la que fue pesada después de haber sido secada a 70°C, molida y analizada para determinar el contenido total de nutrientes.

Sotobosque - consistió en toda la vegetación con menos de 0.025m de diámetro a la altura del pecho (dap). Toda la biomasa dentro de cuatro subparcelas de 1x1m fue cortada al nivel del suelo. Después de separar los materiales en pastos, lianas y arbustos, cada componente fue secado, pesado, molido y analizado para determinar el contenido total de nutrientes.

Arboles pequeños - todos los árboles con un dap de 0.025-0.15m fueron medidos en una subparcela delineada por un círculo con un radio de 4m. Los árboles fueron subdivididos en hojas, ramas pequeñas (<0.025m de diámetro), ramas grandes (>0.025m de diámetro) y troncos (los que incluyeron las ramas más altas). Después de determinar el peso fresco de cada fracción, se tomaron submuestras para determinar humedad y análisis de nutrientes.

Arboles - todos los árboles (dap >0.15m) fueron medidos en cada área de muestreo de 6m de radio, usando un procedimiento similar al usado para árboles pequeños.

Raíces - la biomasa de raíces fue medida en una área de 0.25x0.50m en cada parcela a profundidades de 0-0.05, 0.05-0.15, 0.15-0.30 y 0.30-0.50m. En cada profundidad, las raíces fueron separadas por tamaños de <1, 1-3, 3-5, 5-10 y >15mm de diámetro.

Una muestra de suelo compuesta, conformada por 10 submuestras al azar, fue colectada a tres profundidades (0-0.15, 0.15-0.30 y 0.30-0.50m) en cada área de muestreo designada antes de quemar el bosque. La textura del suelo fue determinada por el método del hidrómetro en la mitad de las áreas de muestreo en cada transecto (un total de 18 áreas de muestreo). La densidad aparente fue medida en muestras de suelo no disturbadas con dimensiones de 76mm de altura y diámetro. Las mismas áreas de muestreo designadas fueron usadas para colectar las muestras inmediatamente después de la quema, el 8 de septiembre de 1986, pero sólo a 0-0.15m de profundidad.

Muestras de ceniza fueron colectadas inmediatamente después de la quema en una área de 0.25x0.25m seleccionada al azar dentro de cada área de muestreo de suelos designada en cinco de los seis transectos. Bandejas de lata de 0.02m de lado fueron puestas en la superficie del suelo, poniéndose manualmente la hojarasca y la biomasa en las bandejas antes de la quema. Los pedazos de carbón y de material no quemado se separaron y descartaron de las muestras de ceniza por medio de tamizado y remoción del material pequeño con pinzas. Después de secadas y pesadas, se analizaron los contenidos de nutrientes mediante los mismos procedimientos utilizados para la biomasa.

Descripción de los tratamientos y secuencia de cultivos

El experimento contiene 13 tratamientos distribuídos en un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones. Las dimensiones de las parcelas son 5x10m. Además de un testigo absoluto y un tratamiento con remoción de los residuos del cultivo, se diseñaron 9 tratamientos para la evaluación de la respuesta del cultivo a tres niveles de N, P y K. La respuesta del cultivo a Ca se evaluó en dos tratamientos adicionales, con y sin 0.5 t de cal/ha. El testigo absoluto y el tratamiento con remoción de los residuos del cultivo fueron iniciados en el primer y segundo cultivo, respectivamente. Los otros tratamientos se han iniciado sólo cuando los rendimientos y los análisis de suelo y planta han sugerido probables deficiencias de N, P, K o Ca para el cultivo siguiente. Apenas se obtiene una respuesta a rendimiento de un determinado nutriente, este es aplicado a una dosis constante, en el siguiente

Cuadro 1.Cantidad de fertilizantes por tratamiento durante los ocho cultivos de arroz, caupí y mucuna.

	NUMERO DE CULTIVO					
	2		3		5	6
TRATAMIENTO	N	P	N	P	N	N
	kg/ha					
Testigo	0	0	0	0	0	0
Sin residuos	0	0	30	44	0	0
P0	0	0	30	0	0	0
P1	0	22	30	22	0	0
P2	0	44	30	44	0	0
N0	0	0	0	44	0	0
N1	30	0	30	44	30	30
N2	60	0	60	44	60	60
K0	0	0	30	44	0	0
K1	0	0	30	44	0	0
K2	0	0	30	44	0	0
Cal0	0	0	30	44	0	0
Cal1	0	0	30	44	0	0

cultivo, a todas las parcelas a excepción del testigo absoluto y de los tres tratamientos designados para evaluar la respuesta a rendimiento de las diferentes dosis del nutriente en cuestión. Esta condición procura evitar respuestas confundidas de algún nutriente en particular. Las adiciones de fertilizantes realizadas durante el curso del experimento se muestran en el Cuadro 1.

La secuencia de cultivos y cobertura de leguminosas durante los 40 meses iniciales del experimento son mostrados en el Cuadro 2. Para arroz se utilizó la variedad 'Africano', para caupí la variedad 'VITA 7' y como leguminosa de cobertura se usó *Mucuna cochinchinensis*. Se sembró mucuna en todas las parcelas excepto aquellas designadas para evaluar respuesta a fertilización nitrogenada. Todas las semillas fueron sembradas utilizando el método del tacarpo (o espeque) con 10, 6 y 3 semillas por hoyo para arroz, caupí y mucuna, respectivamente. Los distanciamientos entre hoyos y entre líneas para arroz, caupí y mucuna fueron 0.35x0.35, 0.20x0.40 y 0.50x0.50m, respectivamente. Las prácticas existentes en bajos insumos como labranza cero y la no remoción de residuos de cosecha, se mantuvieron como parte del manejo general. Sin embargo, para asegurar el control de P disponible en el suelo, fueron aplicados fertilizantes fosfatados al voleo e incorporados con un rotocultor de dos ruedas. Las malezas se controlaron manualmente para evitar respuestas confundidas a rendimiento de los tratamientos con fertilización, con competencia de malezas.

Mediciones en el suelo y en los cultivos

Los rendimientos de grano y paja para arroz y caupí

Cuadro 2. Secuencia de los cultivos y duración de cada uno después de la quema.

CULTIVO	TIEMPO DESDE LA SIEMBRA HASTA LA COSECHA
	meses después de la quema
Arroz	0.3 - 4.9
Arroz	5.6 - 9.8
Caupí	10.4 - 12.8
Arroz	13.8 - 17.2
Arroz	18.4 - 22.3
Caupí	23.3 - 26.0
Mucuna	26.3 - 29.9
Arroz	30.1 - 34.4
Caupí	35.6 - 37.8
Mucuna	39.0 - 41.2

fueron medidos en una área central de $18m^2$ en cada parcela. Se tomaron submuestras para determinar humedad y analizar el contenido de nutrientes. La biomasa de mucuna se midió en la parcela completa después de haber sido cortada manualmente, para sembrar los cultivos subsiguientes de arroz. Se tomaron submuestras de mucuna de cada parcela para determinar humedad y contenido de nutrientes. Se hicieron también, análisis foliares de arroz y caupí, en las muestras colectadas en cada parcela, al 50% de la floración. Las muestras consistieron en 30 hojas bandera para arroz y 20 hojas trifoliadas completamente desarrolladas de la parte más alta de la planta para caupí. A todos los tejidos vegetales y muestras de ceniza se les analizó N, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn y Zn después de una digestión en húmedo con H_2SO_4 y H_2O_2.

Muestras de suelo superficiales (0-0.15m) fueron tomadas en todas las parcelas entre la floración y la cosecha para cada cultivo. Muestras de subsuelo a profundidades de 0.15-0.30 y 0.30-0.45 fueron también colectadas de cada parcela al mismo tiempo en que las muestras superficiales fueron tomadas en el primer y segundo cultivo de caupí y en el primer cultivo de mucuna. El pH del suelo fue determinado en agua a una proporción suelo/solución de 1:2.5. Ca, Mg y acidez se extrajeron con KCl 1N mientras que K, P, Cu, Mn y Zn fueron extraídos con la solución Olsen Modificada ($NaHCO_3$ 0.5N + EDTA 0.01N). Se midió la acidez intercambiable mediante titulación con NaOH usando fenoltaleína como indicador. El carbono orgánico se determinó usando el procedimiento de Nelson y Sommer (1975).

En los extractos de suelo y planta se midieron Ca, Mg, K, Cu, Mn y Zn mediante el espectrofotómetro de absorción atómica, P usando el método de Murphy and Riley (1962) y N mediante destilación con micro-Kjehldal. Todos los análisis químicos de suelo, excepto C orgánico y N total, se hicieron en base a volumen. Las proporciones peso:volumen de las muestras a profundidades de 0-0.15,

0.15-0.30 y 0.30-0.45 fueron 1.12, 1.16 y 1.21 g/cm^3, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSION

Suministro de nutrientes por la quema

Las propiedades del suelo iniciales se muestran en el Cuadro 3. El catión predominante en el complejo de cambio fue Al, siendo el suplemento de P y K limitado. El contenido de arcilla aumentó de 20% en la capa superficial a 27% en la capa de 0.30-0.45m. La biomasa total del bosque secundario fue de 83.7 t/ha siendo los árboles el componente primario seguido por la hojarasca, el sotobosque y las raíces, en orden decreciente (Figura 2a). Menos de un décimo del total de la biomasa se atribuyó a las raíces en los primeros 0.5m del perfil del suelo. Números comparativos de biomasa en bosques húmedos tropicales en otros Ultisoles son 504 t/ha para un bosque primario en Manaus, Brasil (Fittkau y Klinge, 1973), 144 t/ha para un barbecho de 8 años en Yangambi, Zaire (Bartholomew et al., 1953) y 57 t/ha para un barbecho de 6 años en Darién, Panamá (Golley et al., 1975).

Observaciones en numerosos campos desmontados mediante tumba y quema revelan que grandes porciones de la biomasa del bosque permanecen después de la quema. Se tomó un estimado de la biomasa combustible como la suma de hojas, ramas de árboles pequeños, vegetación del sotobosque y hojarasca (Figura 2b). Este estimado indica que cerca del 25% de la biomasa del bosque es combustible y que casi la mitad de este material esta compuesto por hojarasca.

La distribución relativa de nutrientes entre los componentes vegetativos y el suelo (0-0.45m) se muestran en la Figura 3. Los estimados de Ca, Mg, K y P en el suelo son representativos de las cantidades "disponibles" para las plantas mientras que los estimados de N están basados en el análisis total del suelo. Más de la mitad del N, Ca y Mg se encuentran en el suelo y la mayor parte del P y K en la vegetación. Las provisiones totales de N, P, K, Ca y Mg fueron 5.4, 66, 623, 879 y 165 kg/ha respectivamente. La biomasa combustible suministró un 7, 37, 31, 19 y 25% del N, P, K, Ca y Mg total presentes en la vegetación y en el suelo. Los niveles de biomasa de N, P y K en este bosque

Cuadro 3. Propiedades del suelo antes del desmonte a la quema del bosque.

PROF.	d.a.		INTERCAMBIABLE				SAT		C	N
		pH	Ca	Mg	K	Al	Al	P	ORG.	TOTAL
cm	g/ml		------cmol(+)/kg------				%	mg/kg	-----%-----	
0-15	1.26	4.7	0.79	0.27	0.07	4.0	78	4	1.08	0.10
15-30	1.41	4.8	0.32	0.09	0.03	5.8	93	2	0.84	0.07
30-45	1.41	4.7	0.30	0.06	0.02	6.1	94	2	0.74	0.06

d.a. -densidad aparente.

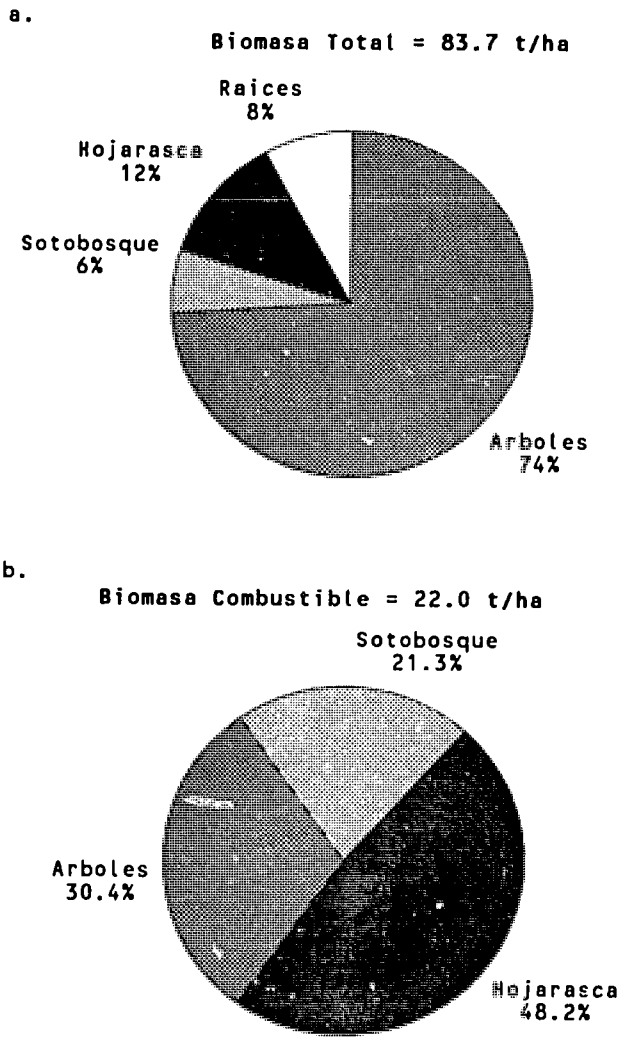


Figura 2. Distribución relativa de (a) biomasa total y (b) biomasa combustible entre los componentes vegetativos en un bosque secundario de 11 años.

secundario estuvieron dentro del rango de valores reportados para bosques secundarios en otros Ultisoles (Bartholomew *et al.*, 1953; Golley *et al.*, 1975) pero los niveles de Ca y Mg en Yurimaguas, fueron bajos.

En el Cuadro 4 se comparan los nutrientes de la biomasa combustible con dos estimados de adición de nutrientes después de quemar el barbecho de 11 años: 1) contenido de nutrientes en la ceniza y 2) diferencias actuales en el contenido de nutrientes del suelo entre las muestras colectadas antes y después de la quema. Los cambios en el contenido de nutrientes del suelo estuvieron restringidos a la profundidad de 0-0.15m debido a que las muestras posteriores a la quema fueron colectadas seis días después de la quema y la escasa lluvia ocurrida durante este período (24mm) permite suponer que la lixiviación a mayores profundidades no fue significativa para tomarse en cuenta. El peso seco promedio de ceniza de las 36 muestras fue de 1.14 t/ha con una desviación estandard de 0.59. Comparaciones entre los análisis de ceniza y la biomasa combustible son indicativos del grado

Cuadro 4. Comparaciones entre los estimados de adición de nutrientes al suelo después de la quema de un barbecho natural de 11 años.

ESTIMADO	N	P	K	Ca	Mg
	----------kg/ha----------				
Biomasa combustible	350	24	193	174	41
Análisis de ceniza	10	10	81	217	51
Cambio en el suelo (0-15cm)	593	15	182	328	72

en que una fracción dada de biomasa total podría predecir la provisión de nutrientes. La biomasa combustible en la ceniza sobrestimó el aporte de N, P, y K y subestimó el Ca y Mg. El bajo contenido de N en la ceniza puede ser atribuido a la volatilización de N durante la quema (Sánchez, 1979). El bajo contenido de P y K podría sugerir una quema incompleta de la biomasa combustible, mientras que el alto contenido de Ca y Mg podría estar relacionado a la quema de otros componentes de la biomasa excluidos de la fracción combustible. Las diferencias entre los estimados de la adición de nutrientes y los cambios en el contenido de nutrientes en el suelo podrían deberse a: 1) quema de la hojarasca y de las raíces debajo de la superficie del suelo, 2) lixiviación de nutrientes de la biomasa del bosque durante los 72 días entre el corte y la quema, y 3) solubilización de nutrientes en el carbón excluido del análisis de ceniza.

Las adiciones de Cu, Mn y Zn al suelo fueron de 0.2, 14 y 1 kg/ha, respectivamente. El efecto encalante de la ceniza podría ser equivalente a 756 kg/ha de $CaCO_3$, asumiendo que todo el Ca y el Mg en la ceniza este en forma oxidada.

Dinámica de los nutrientes del suelo durante el cultivo

Los cambios en los parámetros de fertilidad en la superficie del suelo a lo largo del tiempo de cultivo, para el tratamiento testigo que no recibió fertilización, se

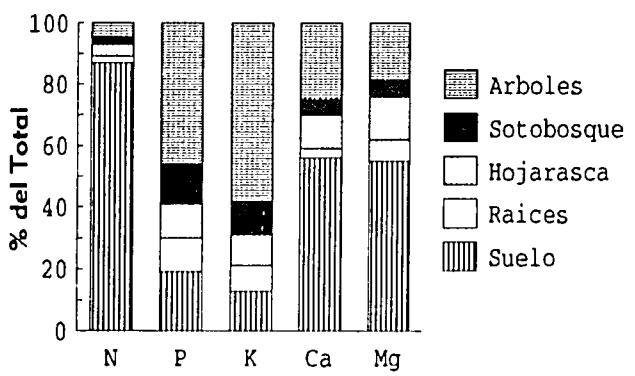


Figura 3. Distribución relativa de las reservas de nutrientes antes de la quema entre los componentes de la biomasa y en los 0.45m de suelo superficiales.

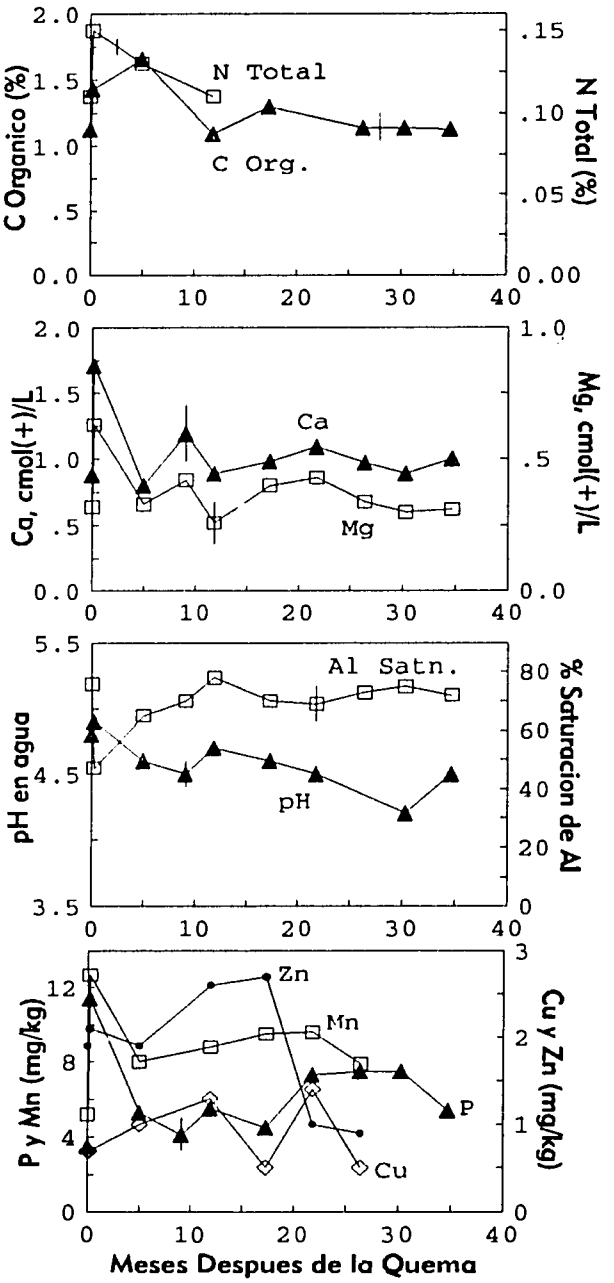


Figura 4. Cambios en los parámetros de fertilidad del suelo (0-0.15m) en el tratamiento testigo durante tres años de cultivo de bajos insumos. Las barras verticales son las DS al nivel de probabilidad de 0.05.

muestran en la Figura 4. El N total, Cu, Mn y Zn no fueron medidos en todas las fechas de muestreo. Las tendencias a través del tiempo para la mayoría de los datos se pueden sumarizar como sigue:

-Inmediatamente después de la quema hay un rápido incremento en todos los parámetros químicos como resultado de la adición de la ceniza al suelo. Esto es particularmente evidente para el Ca y Mg que aumentaron dos veces y para el P disponible que aumentó tres veces.

-A fines del tercer año, la fertilidad del suelo declinó a niveles iguales o menores que los encontrados antes del

desmonte del bosque.

Tendencias similares han sido reportadas en otros estudios de cultivos continuos en suelos ácidos tropicales, tomando en cuenta que las muestras, posteriores a la quema, fueron colectadas al poco tiempo del quemado (Seubert *et al.*, 1977; Lopes *et al.*, 1977; Sánchez *et al.*, 1985; Serrao *et al.*, 1979). El efecto encalante de la ceniza fue confirmado por la reducción en la saturación de Al, de 76% antes del desmonte a 47% después de la quema. El incremento en la saturación de Al a niveles previos a la quema después de 12 meses sugiere también que los efectos residuales de la ceniza sobre la acidez duran sólo corto tiempo.

Rendimiento de los cultivos

Los rendimientos promedio en grano de arroz y caupí, en todos los tratamientos, se muestran en la Figura 5. Los rendimientos acumulativos en grano durante tres años de cultivo fueron 6.9 t/ha de arroz y 1.4 t/ha de caupí. Los rendimientos de arroz son considerablemente menores que el rendimiento promedio de 2.3 t/ha obtenido con cuatro cultivos de la misma variedad en un campo adyacente (Sánchez y Benítes, 1987). Comparaciones entre la lluvia total y su distribución durante los cinco cultivos de arroz sugiere que la variabilidad climática pudo haber influenciado el desempeño del cultivo (Figura 6). La lluvia total varió de 1200mm para el primer cultivo de arroz a 460mm para el cuarto cultivo. Los cultivos cuarto y quinto fueron también afectados por la pobre distribución de las lluvias durante la floración.

Influencia de los fertilizantes y del manejo

Nitrógeno: Se aplicó urea-N a todos los tratamientos con N, menos al cultivo inicial de arroz, a niveles de 0, 30 y 60 kg/ha (Cuadro 1). No hubo respuesta significativa de rendimiento a N en ninguno de los cultivos de arroz

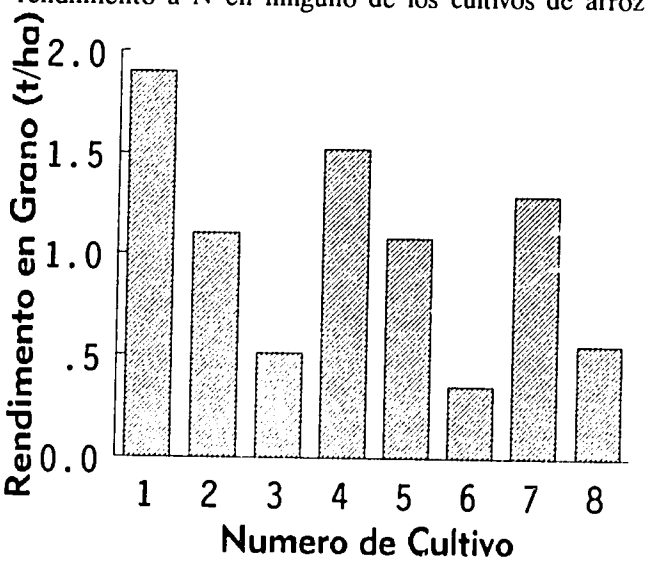


Figura 5. Rendimientos promedio de grano de todos los tratamientos (n=52) en ocho cultivos consecutivos de arroz y caupí.

Cuadro 5. Rendimiento en grano de cuatro cultivos de arroz consecutivos en función de niveles de N aplicados a cada cultivo.

N APLICADO	CULTIVO 2	3	4	5
kg/ha	----------t/ha----------			
0	1.24	1.53	1.13	1.31
30	1.17	1.60	1.16	1.28
60	1.44	1.82	1.38	1.77
DMS (0.05)	NS	NS	NS	NS

(Cuadro 5). La aplicación de 30 kg N/ha a los otros tratamientos en el segundo cultivo de arroz fue por consiguiente descontinuada en los cultivos siguientes. Se excluyó mucuna de los tratamientos fertilizados con N con la finalidad de determinar la contribución potencial de N de esta leguminosa al cultivo de arroz subsiguiente. Aunque el mulch de mucuna que precedió al quinto cultivo de arroz contenía un promedio de 43 kg N/ha, no hubo diferencia significativa entre el rendimiento del tratamiento con 0 de N y los tratamientos con mucuna. Estos resultados sugieren que la mineralización de N en el suelo suministró N suficiente para los cinco cultivos de arroz. El promedio de N exportado en el grano fue de 111 kg/ha para los cinco cultivos de arroz y 47 kg/ha para los tres de caupí. Si todo el N en los residuos de caupí y mucuna fueron derivados de la fijación biológica de N_2, entonces, 105 kg N/ha podrían haber sido añadidos al experimento. Esto podría casi igualar el N exportado en los granos de arroz.

Fósforo: Los tratamientos con 0, 22 y 44 kg P/ha fueron iniciados en el primer cultivo de caupí. En el siguiente cultivo, los tratamientos con P recibieron una segunda aplicación a niveles similares, mientras que a todos los otros tratamientos, excepto al testigo, se aplicó 44 kg P/ha (Cuadro 1). El P en el suelo, determinado con Olsen Modificado, en función del tiempo después de la quema para los tres tratamientos con P, se muestra en la Figura 7. Después de la quema, las adiciones de P en la ceniza y/o los cambios en la solubilidad de las fracciones de P en el suelo aumentaron los niveles de P disponible a 11 mg/L. Sin embargo, al quinto mes después de la quema, el P en el suelo declinó a 5 mg/L. A pesar de que el bajo nivel de P en el suelo se mantuvo durante los cultivos subsiguientes, los rendimientos de arroz y caupí no aumentaron con las aplicaciones de P (Cuadro 6). El balance neto de P en el suelo, después de considerar los insumos de la ceniza y fertilizantes fosfatados, la exportación de P en el grano y los cambios en el P determinado por Olsen Modificado para los tres tratamientos con P, se muestran en el Cuadro 7. El cambio de P en el suelo entre el desmonte y la quema (15 kg/ha) fue usado como un estimado del P adicionado en la ceniza. Los resultados muestran una reducción neta de

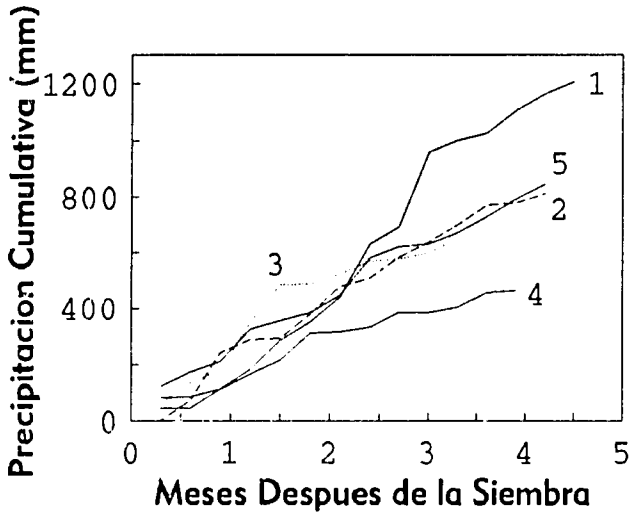


Figura 6. Precipitación acumulada durante el período de siembra a cosecha en cinco cultivos de arroz. Los números se refieren al orden sucesivo de cultivos descrito en el Cuadro 2.

44 kg P/ha en el tratamiento 0-P en oposición a un balance aproximado entre las adiciones y exportaciones con la dosis de 22 kg P/ha y un aumento de 55 kg/ha en las reservas de P en el suelo al nivel más alto de P.

Potasio: Los niveles de K en la superficie del suelo en el testigo y en los tratamientos en los que el residuo de cosecha fue removido, se comparan en la Figura 8. Las adiciones de K con la ceniza aumentaron en cuatro veces el K del suelo para ambos tratamientos. Con cultivos subsiguientes y con la remoción de K por el grano cosechado, el K del suelo declinó progresivamente con el tiempo. Después de dos años de cultivo, sin embargo, el K en el suelo en el tratamiento con remoción de residuos declinó a la mitad del valor del testigo. La disminución de K en el suelo por la remoción de los residuos es considerada como el principal factor asociado con las reducciones en el rendimiento de los dos cultivos finales en relación al testigo (Cuadro 8). El K exportado en el grano en los ocho cultivos fue similar para ambos tratamientos: 49.4 kg/ha para el testigo y 48.6 kg/ha para el tratamiento con remoción de residuos. La principal diferencia entre los

Cuadro 6. Rendimiento en grano de seis cultivos consecutivos de arroz y caupí en función de niveles de P aplicados a los cultivos 3 y 4.

P	NUMERO DE CULTIVO					
APLICADO	3	4	5	6	7	8
kg/ha	----------t/ha----------					
0	0.5	1.3	1.1	0.2	1.3	0.5
22	0.7	1.4	1.1	0.4	1.6	0.6
44	0.[illegible]	1.5	1.1	0.3	1.2	0.6
DMS (0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Cuadro 7. Cambios en las reservas de P en el suelo después de la adición y exportación de P y cambios de P en el suelo según el método de Olsen Modificado en tres años con cultivo de bajos insumos.

Nivel	Adiciones de P		P	Cambios	Balance neto
De P	Ceniza	Fertilizante	Exportado	En P[1]	En El Suelo[2]
	---------- kg/ha ----------				
0	15	0	49	-10	-24
22	15	44	51	-5	-3
44	15	88	48	4	51

[1] Disminución (-) o aumento de P por el método de Olsen Modificado, 35 meses después de la quema, en relación al P del suelo después de la adición de ceniza.
[2] Balance = Adiciones - Exportaciones - Cambios de P en el suelo.

Cuadro 8. Rendimiento de cultivos con y sin remoción de los residuos durante siete cultivos consecutivos de arroz y caupí.

	SECUENCIA DE CULTIVOS						
TRATAMIENTO	2	3	4	5	6	7	8
	---------- kg/ha ----------						
Testigo	1.09	0.46	1.21	0.85	0.26	1.35	0.48
Sin residuos	1.40	0.45	1.42	0.81	0.27	0.80	0.29
DMS (0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.17

tratamientos fue de 185.1 kg/ha removido en los residuos durante los ocho cultivos de arroz y caupí. Se debe notar también que el K exportado en los residuos de cultivo asemeja muy de cerca la cantidad de K adicionado con la

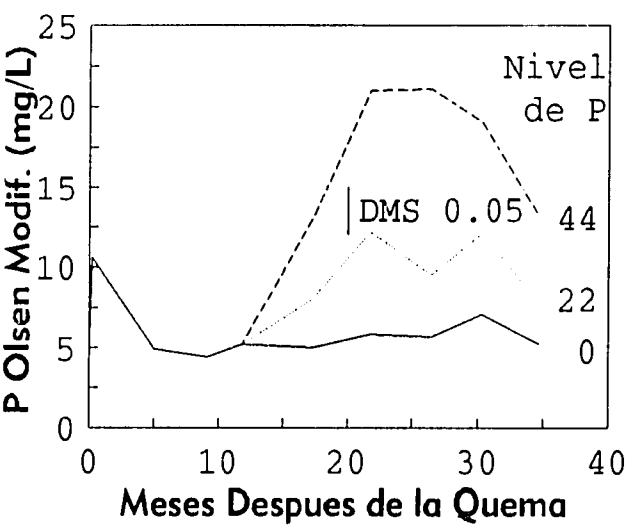


Figura 7. Cambios en P del suelo según el método de Olsen Modificado para los tres niveles de P aplicado en función del tiempo de cultivo. El P fue aplicado a los niveles designados a los 10.4 y 13.8 meses después de la quema.

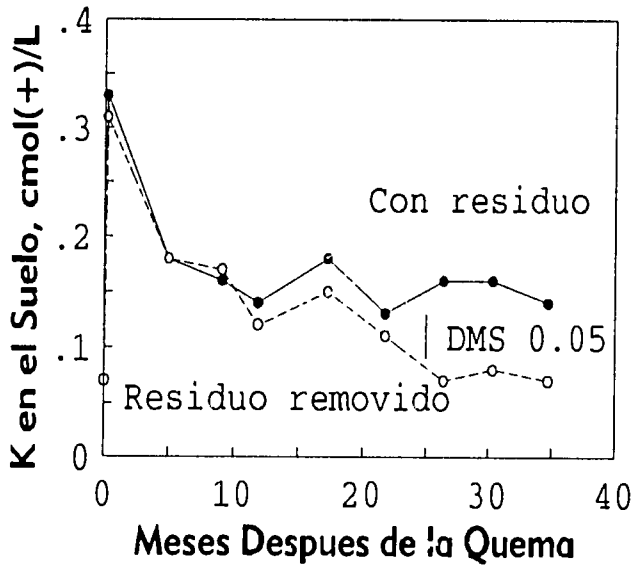


Figura 8. Dinámica del K en la superficie del suelo (0-0.15m) en los tratamientos con y sin remoción de los residuos de cultivo.

ceniza, cuando es estimada por los cambios iniciales de K en el suelo (Cuadro 4). Consecuentemente, el balance del K en el suelo para el tratamiento con remoción de residuos alcanzó un déficit que equivale aproximadamente al K exportado en el grano.

Leguminosas de cobertura: Se utilizó *Mucuna cochinchinensis* como cultivo de cobertura debido a que experiencias previas en Yurimaguas mostraron que esta especie es tolerante a acidez, provee 100% de cobertura en 30 días y alcanza un máximo de biomasa a los 105 días (floración) después de la siembra. En este experimento, el establecimiento de mucuna fue severamente afectado por hormigas cortadoras de hoja. Al momento en que el primer cultivo de mucuna fue cortado y puesto como

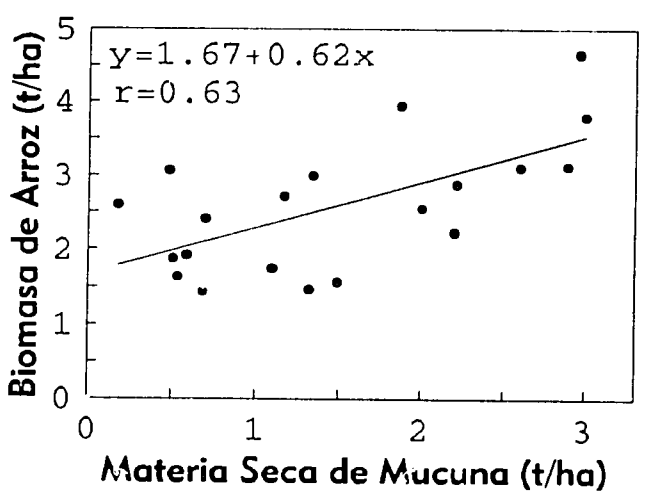


Figura 9. Relación entre materia seca de mulch de mucuna y biomasa sobre el suelo a la cosecha de los cultivos de arroz subsiguientes entre los tratamientos con manejo uniforme.

mulch para el cultivo de arroz subsiguiente, el rango de cobertura y materia seca fue de 10-100% y 0.2-3.0 t/ha. El rango en materia seca del segundo cultivo de cobertura fue de 0.2-1.8 t/ha. La regresión lineal del contenido de nutrientes de mucuna a través del rango de materia seca producida indicó que cada tonelada de mucuna contenía 21, 2, 19, 2 y 1 kg/ha de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente. Con miras a evaluar la contribución de N de los cultivos de cobertura sobre los cultivos subsiguientes, la mucuna no fue sembrada en los tratamientos que recibieron fertilización nitrogenada. Aunque los rendimientos de arroz no respondieron significativamente a las adiciones de N, hubo una correlación significativa entre el grano de arroz más la materia seca del residuo y la biomasa de mucuna entre las parcelas que previamente recibieron solamente 44 kg P/ha (Figura 9). Los datos del suelo para acidez, bases intercambiables y P, antes y después del cultivo de arroz, no proveen información adicional para esta relación.

IMPLICACIONES DE LOS RESULTADOS Y PLANES FUTUROS

Se produjeron ocho cultivos de arroz y caupí bajo un sistema de bajos insumos durante tres años, sin una respuesta o necesidad de aplicación de fertilizantes. Esto es primeramente atribuido a un enriquecimiento en la provisión de nutrientes del suelo después de la quema del bosque secundario de 11 años. La rotación anual de arroz con caupí y la leguminosa de cobertura compensó la necesidad de fertilización nitrogenada. La importancia del mantenimiento de los residuos del cultivo para evitar o retrasar las limitaciones de K en el suelo fue evidente en el último cultivo de caupí. Las reservas de P del suelo se redujeron a niveles menores que los inicialmente presentes en el bosque secundario y la continua exportación de grano podría eventualmente resultar en una deficiencia de P. La interpretación del P extraído por el método de Olsen Modificado, en Yurimaguas, esta basada en un valor crítico de 10 mg/L para la mayoría de los cultivos. Resultados de este estudio sugieren que valores de P en el suelo de 5 mg/L están todavía sobre el nivel al que el arroz y el caupí podrían responder a adiciones de fertilizantes fosfatados. Investigaciones futuras son necesarias en Yurimaguas, con el objetivo de determinar el "nivel crítico de P en el suelo" para cultivos de bajos insumos en estos Ultisoles. Si tal valor es mucho más bajo que 5 mg/L, entonces surgirán preguntas en relación a la adecuación de este extractante para determinar el estado del P en estos suelos.

Los tratamientos con N y P serán mantenidos para futuros cultivos en el experimento. Las aplicaciones de estos nutrientes a los otros tratamientos serán sólo iniciados después de obtener una respuesta significativa en rendimiento. Los tratamientos con K se iniciarán en el siguiente cultivo de arroz en dosis de 0, 44 y 88 kg/ha.

LITERATURA CITADA

Bartholomew, W.J., J. Meyer y H. Laudelot. 1953. Mineral nutrient immobilization under forest and grass fallow in the Yangambi (Belgian Congo) region. Congo Belge. Inst. Natn. Etude Agron. (Serie Scientifique 57). 27p.

Benites, J.R. y P.A. Sanchez. 1989. Central experiment: transition to. Central experiment: transition to other technologies. pp. 44-51. En N. Caudle (ed.) TropSoils technical report, 1986-1987. North Carolina State University, Raleigh, NC.

Cochrane, T.T. y P.A. Sanchez. 1982. Land resources, soils and their management in the Amazon region: a state of knowledge report. pp.137-209. En S.B. Hecht (ed.) Amazonia: agriculture and land use research. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.

Fittkau, E.J. y H. Klinge. 1973. On biomass and trophic structure of the Central Amazonian forest ecosystem. Biotropica 5:2-14.

Golley, F.B., J.T. McGinnis, R.G. Clements, G.I. Child y M.J. Duever. 1975. Mineral cycling in a tropical moist forest ecosystem. University of Georgia, Athens.

Lopes, A.S., T.J. Smyth y N. Curi. 1987. Soil fertility methodologies for acid tropical soils: the need for a reference base and nutrient dynamic studies. pp. 147-166. En P.A. Sanchez, E.R. Stoner y E. Pushparajah (eds.) Management of acid tropical soils for sustainable agriculture: proceedings of an IBSRAM Inagural Workshop. International Board for Soil Research and Management, Bangkok, Thailand.

Murphy, J. y J.R. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta. 27:31-36.

Nelson, D.W. y L.E. Sommer. 1975. A rapid and accurate procedure for estimation of organic carbon in soils. Proceedings of the Indiana Academy of Science, Soil and Atmospheric Sciences 456-462.

Nicholaides, J.J. y M.I. Piha. 1987. A new methodology to select cultivars tolerant to aluminum and with high yield potential. pp.103-116. En L.M. Gourley y J.G. Salinas (eds.) Sorghum for acid soils: proceedings of a workshop on evaluating sorghum for tolerance to Al-toxic tropical soils in Latin America held in Cali, Colombia, May 28 to June 2, 1984. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.

Sánchez, P.A. 1979. Soil fertility and conservation considerations for agroforestry systems in the humid tropics of Latin America. pp.79-124. En H.O. Mongi y P.A. Huxley (eds.) Soils reserach in agroforestry. ICRAF, Nairobi, Kenya.

Sánchez, P.A. y J.G. Salinas. 1981. Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in Tropical America. Adv. Agron. 34:279-406.

Sánchez, P.A. y J.R. Benites. 1987. Low-input cropping for acid soils of the humid tropics. Science 238:1521-1527.

Sánchez, P.A., W. Couto, y S.W. Buol. 1982. The fertility capability soil classification system: interpretation, applicability and modification. Geoderma 27:283-309.

Sánchez, P.A., C.A. Palm, C.B. Davey, L.T. Szott y C.E. Russell. 1985. Tree crops as soil improvers in the humid tropics? pp. 237-358. En M.G.R. Cannell y J.E. Jackson (eds.) Attributes of trees as crop plants. Inst. Terrestrial Ecology, Scotland.

Scott, G. 1977. The importance old-field succession biomass increments to shifting cultivation. Great Plains-Rocky Mount Geogr. J. 6:318-327.

Serrão, E.A.S., I.C. Falesi, J.R. Veiga y J.F. Texeira. 1979. Productivity of cultivated pastures in low fertility soils of the Amazon of Brazil. pp. 195-226 En P.A. Sánchez y L.E. Tergas (eds.) Pasture production in acid soils of the tropics. CIAT, Cali, Colombia.

Seubert, C.E., P.A. Sánchez y C. Valverde. 1977. Effects of land clearing methods on soil properties and crop performance in an Ultisol of the Amazon jungle of Peru. Trop. Agric. (Trinidad) 54:307-321.

Cultivos de Bajos Insumos para Suelos Acidos de los Trópicos Húmedos

Pedro A. Sánchez[1] y José R. Benítes[2]

RESUMEN

Un sistema de bajos insumos ha sido desarrollado en Yurimaguas, Perú, para servir como una tecnología de transición entre agricultura migratoria y cultivos contínuos en suelos ácidos en los trópicos húmedos. Las principales caracterízticas son: desmonte mediante tumba y quema, rotación de cultivares de arroz de secano y de caupí tolerantes a acidez, máximo retorno de residuos, sin labranza y sin aplicaciones de cal o fertilizantes. Cuando los rendimientos declinan como resultado de una presión de malezas en aumento y de deficiencias de nutrientes, se cultiva un barbecho de kudzú por un año. Las opciones subsiguientes incluyen cultivos contínuos basados en fertilizantes, pasturas o agroforestería. El sistema preserva algo de la diversidad del agroecosistema y contribuye al nivel de producción sostenible y a los ingresos de los agricultores en las regiones húmedas tropicales.

INTRODUCCION

Alternativas estables para la agricultura migratoria son necesarias para las localidades en los trópicos húmedos en donde la presión demográfica en aumento ya no permite la agricultura tradicional de tumba y quema. En artículos previos, nosotros hemos dado una apreciación global de los suelos de los trópicos (Sánchez y Buol, 1975) y descrito la tecnología de cultivos contínuos basada en fertilizantes como una opción de manejo del suelo (Sánchez *et al.*, 1982a). Posterior investigación en la amazonía del Perú y Brasil ha mostrado un conjunto de opciones prometedoras de manejo para paisajes tropicales húmedos dominados por suelos ácidos. Algunas de estas opciones, mostradas en la Figura 1, son aplicables para combinaciones específicas de topografía, tipo de suelo y nivel de desarrollo de infraestructura socio-económica (Caudle, 1985; Sánchez y Benítes, 1986). Suelos ácidos, clasificados principalmente como Ultisoles y Oxisoles, abarcan aproximadamente dos tercios de los trópicos húmedos en el mundo (Sánchez, 1976). Diferentes opciones de manejo han sido desarrolladas para Alfisoles y Andisoles no ácidos, altos en bases, en los trópicos en donde el subsuelo es rico en bases que pueden ser recicladas (Kang *et al.*, 1981; Alvim, 1982). La evidencia muestra que en suelos ácidos o no ácidos, la producción contínua de cultivos alimenticios es posible en los trópicos húmedos, con el uso juicioso de cal, fertilizantes, rotaciones de cultivos y prácticas de conservación del suelo (Sánchez *et al.*, 1982a; Kang *et al.*, 1981; Lopes *et al.*, 1987; Lal, 1987). Pero no es probable que la mayoría de agricultores migratorios en los trópicos húmedos estén listos para cambiar prontamente a sistemas de producción contínua debido a las limitaciones de infraestructura de mercado. Sistemas intermedios de bajo costo y tecnologías de bajos insumos podrían ser útiles como un primer paso a un uso más permanente de la tierra.

BAJOS INSUMOS VERSUS ALTOS INSUMOS

Los agrónomos no estan de acuerdo con el uso de los términos de sistemas de "altos insumos" o "intensivos" por un lado, y con sistemas de "bajos insumos", "mínimos insumos", "cero insumos", "agricultura alternativa" y "recursos limitados" por otro lado. Para propósitos de manejo del suelo, los sistemas de altos insumos han sido definidos como aquellos dirigidos a eliminar las limitaciones del suelo al crecimiento de los cultivos mediante niveles apropiados de encalamiento, fertilización, irrigación u otros insumos adquiridos (Sánchez y Salinas, 1981). Un gran porcentaje del abastecimiento mundial de alimentos es producido de acuerdo con este concepto, tanto en el mundo desarrollado como en las tierras más fértiles del mundo en desarrollo. En forma recíproca, los sistemas de bajos insumos para suelos ácidos están definidos como el cultivo de especies de plantas adaptadas a las mayores limitaciones del suelo, para minimizar pero no eliminar los insumos adquiridos y para maximizar el reciclaje de nutrientes (Sánchez y Salinas, 1981). Los sistemas de bajos insumos son por consiguiente, diferentes de los sistemas de cero insumos, tales como el efectivo reciclaje de nutrientes que existe entre los bosques nativos y los suelos ácidos tropicales (Nye y Greenland, 1960). Tales sistemas de cero insumos operan en tanto existe un producto cero puesto fuera del campo, el cual ocurre en sistemas naturales no disturbados. Cuando los agricultores remueven los nutrientes en sus cosechas, ellos tienden a agotar el abastecimiento de nutrientes y a inducir una deficiencia de nutrientes en las plantas. En suelos naturalmente fértiles, este proceso puede tomar años, pero en Oxisoles y Ultisoles ácidos solamente toma meses (Sánchez *et al.*, 1983). Los nutrientes removidos por las cosechas deben ser reabastecidos para tener una producción sostenida. Los nutrientes pueden ser reabastecidos mediante la fijación biológica de N, encalamiento, aplicación de fertilizantes e insumos orgánicos tales como mulches o abonos traídos de fuera del campo. Con la excepción de la fijación biológica de N, los otros medios involucran insumos de dinero o labor, tales como la compra de fertilizantes y sus costos de aplicación o de colecta, transporte y aplicación de insumos orgánicos. Los sistemas de bajos insumos están dirigidos a minimizar pero no necesariamente a eliminar la necesidad

[1]Profesor en Ciencia de Suelo, Coordinador del Programa de Suelos Tropicales, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695-7619, USA.
[2]Especialista de Manejo de Suelos, División de Desarollo de Tierras, C.P. 64179, FAO, 00100 Roma, Italia.

de insumos orgánicos e inorgánicos de fuera del campo.

PERSPECTIVAS DE LOS AGRICULTORES

En 1982, un grupo de científicos peruanos y de la Universidad Estatal de Carolina del Norte entrevistaron a agricultores migratorios en las cercanías de Yurimaguas, Perú, un área húmeda tropical con una temperatura promedio anual de 26° C, precipitación anual de 2100 mm sin una estación seca pronunciada, altitud de 182m, suelos predominantemente ácidos, vegetación de bosque húmedo tropical y un sistema de agricultura migratoria en desequilibrio debido al rápido crecimiento de la población (Tyler *et al.*, 1978; Rhoades y Bidegaray, 1984). Cuando se les preguntó cual era su más grande deseo en agricultura, la respuesta más común fue la "de cultivar un segundo cultivo de arroz de secano antes de abandonar la tierra". El cultivo más rentable de la región es arroz (*Oryza sativa*). Después de una cosecha, la tierra o es revertida a barbecho o es sembrada con yuca (*Manihot esculenta*) o plátano (*Musa paradisiaca*) y eventualmente puesta en barbecho. Un agricultor indicó también que un barbecho de un kudzú tropical (*Pueraria phaseoloides*) podría ser una alternativa para un barbecho de bosque secundario. Provistos con estas percepciones y experiencia de como crecer cultivos contínuamente con fertilizantes apropiados (Sánchez *et al.*, 1983), los científicos del Programa de Investigación de Suelos Tropicales empezaron a diseñar un sistema de cultivos de bajos insumos.

SELECCION DE GERMOPLASMA TOLERANTE A ACIDEZ

El primer paso en el programa de investigación fue el de identificar suficientes especies y variedades tolerantes a acidez capaces de producir rendimientos aceptables sin encalamiento. La investigación de campo fue conducida en la Estación Experimental de Yurimaguas. Los suelos utilizados fueron Typic Paleudults franco-finos, silíceos, isohipertérmicos. Suelos bien drenados, ácidos (pH entre 4.0 y 4.5, saturación de Al en la capa superficial del suelo de 50 a 80%) y bajos en fertilidad nativa (Tyler *et al.*, 1978). El germoplasma que se creyó que tenia un alto potencial de rendimiento bajo condiciones húmedas tropicales fue colectado de diferentes países y luego probado en parcelas encaladas y no encaladas con niveles de saturación de Al de 20 a 80%, respectivamente (Piha y Nicholaides, 1983; Nicholaides y Piha, 1987). Los cultivares fueron considerados altamente tolerantes si sus rendimientos en suelos ácidos fueron 85% o más que aquellos obtenidos en las parcelas encaladas. Adicionalmente, los rendimientos absolutos tenían que ser agronómicamente atractivos. Los resultados globales indican un alto grado de tolerancia a acidez en arroz de secano y en caupí (*Vigna unguiculata*), una ausencia de tolerancia en el germoplasma de maíz (*Zea mays*), soya (*Glycine max*) y frijol alado (*Psophocarpus tetragonolobus*), que fue probado y alguna

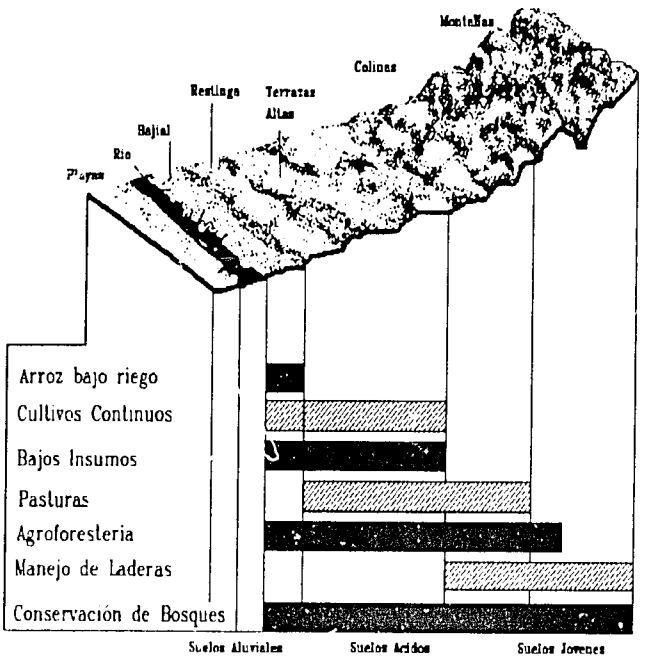


Figura 1. Algunas opciones de manejo de suelos para paisajes húmedos tropicales dominados por Oxisoles y Ultisoles.

evidencia de tolerancia en maní (*Arachis hypogaea*) y en camote (*Ipomoea batatas*) (Piha y Nicholaides, 1983; Nicholaides y Piha, 1987).

Se seleccionó una rotación de arroz de secano-caupí, usando germoplasma del Instituto Internacional de Agricultura Tropical en Nigeria, como la base del sistema de cultivos de bajos insumos. La tolerancia a acidez de los cultivares seleccionados, arroz Africano Desconocido y caupí Vita 7, ha sido confirmada en una amplia variedad de ensayos y en campos de agricultores de la Amazonía Peruana.

EL PRIMER CICLO DE CULTIVOS

Una hectárea de un Ultisol con un contenido de arcilla de 28% en la capa superficial del suelo y un barbecho de bosque secundario de 10 años fueron tumbados el 15 de julio de 1982, dejados para que sequen y quemados a la manera tradicional el 20 de agosto del mismo año. Estudios previos demostraron que la tradicional tumba y quema es el mejor método para desmonte de terrenos (Seubert *et al.*, 1977; Alegre *et al.*, 1986; Alegre y Cassel, 1986). La hectárea completa fue sembrada con la variedad de arroz de secano Carolino y cultivada en la forma como se hace en agricultura migratoria. Después de la primera cosecha, el campo fue dividido por la mitad iniciándose luego un ensayo de bajos insumos con la variedad de arroz Africano Desconocido. Una mitad del campo no fue fertilizada mientras que la otra mitad recibió una aplicación de 30 kg de N, 22 kg de P y 48 kg de K/ha cuando el arroz Africano estaba creciendo. Después de la quema, un total de siete cultivos,

Cuadro 1. Productividad de un sistema de cultivos de bajos insumos con cultivares (cv.) de siete cultivos durante los primeros 34 meses después del corte y quema de un bosque secundario en Yurimaguas, Perú.

	Cronología			Tratamiento	
Cultivo	Cultivar	Siembra	Cosecha	Fertilizado	Testigo
				---t/ha ---	
Arroz	Carolino	1/09/82	17/01/83	2.4	2.4
Arroz	Africano	11/02/83	11/06/83	3.0	3.1
Caupí	Vita 7	7/09/83	11/11/83	1.1	1.2
Arroz	Africano	15/12/83	23/04/84	2.8	3.2
Caupí	Vita 7	9/05/84	23/06/84	1.2	0.9
Arroz	Africano	5/09/84	2/01/85	1.8	2.0
Arroz	Africano	26/02/85	30/06/85	1.5	2.5
TOTAL				13.8	15.3

cinco de arroz y dos de caupí, fueron cosechados durante un período de aproximadamente 34 meses. No se utilizó labranza ni cal y todos los residuos de los cultivos fueron uniformemente distribuidos en el campo. Para controlar las malezas se utilizaron herbicidas comercialmente disponibles (Mt. Pleasant, 1987) y labor manual. La cronología del sistema es mostrado en el Cuadro 1. Los siete cultivos ocuparon el terreno el 76% del tiempo. El intervalo de tiempo promedio entre los cultivos fue de 39 días, reflejando esto el tamaño de las parcelas en el campo, el tiempo del agricultor y la disponibilidad de labor. Se consideró un bloque completo randomizado como diseño experimental; se tomaron diez muestras de rendimiento de cultivo y de suelo por tratamiento[3].

Los rendimientos de los siete cultivos contínuos cosechados en tres años se muestran en el Cuadro 1. Un total de 11.5 t/ha de arroz y 2.3 t/ha de grano de caupí fueron producidas en este suelo, que tenía un pH de 4.5, sin la adición de fertilizantes o cal. Los únicos insumos químicos comprados fueron herbicidas de contacto e insecticidas localmente disponibles. Se obtuvieron resultados similares en otros seis ensayos con repeticiones en la Estación de Yurimaguas en los últimos cinco años. Tales resultados contrastan marcadamente con nuestra experiencia con sistemas de cultivo intensivos en donde los rendimientos llegaron a cero cuando el suelo no fue encalado o fertilizado en un año (Sánchez *et al.*, 1982a). Se cree que el uso de cultivares tolerantes a Al, el retorno máximo de residuos y la labranza cero son responsables de esta diferencia.

Esencialmente, no se observaron respuestas a la aplicación de fertilizantes a los cultivos de arroz Africano durante los rendimientos de los primeros seis cultivos (Cuadro 1). Los rendimientos de arroz de secano y de caupí se consideran altos en contraste al promedio regional de más o menos 1 t/ha para arroz de secano y de 0.3 t/ha para caupí. Se observó una marcada respuesta en rendimiento a la fertilización en el sétimo cultivo de arroz[4].

[3]Basado en coeficientes de variación (CV) y en la mínima diferencia significativa (MDS) para los promedios de los tratamientos, el estimado del error experimental parece razonable cuande se usa el diseño arriba mencionado; las muestras en los tratamientos no resultaron en un error sesgado hacia abajo (L.A. Nelson, comunicación personal).

Cuadro 2. Dinámica de la fertilidad de la capa superficial del suelo (0-15 cm) en los primeros 35 meses del sistema de cultivos de bajos insumos en un Ultisol en Yurimaguas, Perú. Promedio de 50 muestras por tratamiento.[1]

Mes	Fertilizado	pH	Intercambiables Al	Ca	Mg	K	CIC	SAT. Al	P	C Org.
			---------cmol(+)/L---------					%	%	
3	No	4.4	1.10	0.30	0.09	0.13	1.62	68	20	1.23
11	No	4.6	1.46	0.92	0.28	0.19	2.85	51	13	1.19
	Si	4.7	1.14	0.97	0.27	0.19	2.58	45	18	1.20
35	No	4.6	1.65	1.00	0.23	0.10	2.99	53	5	1.12
	Si	4.6	1.23	1.16	0.20	0.16	2.76	44	16	1.03
MDS[2]		0.1	0.25	0.17	0.04	0.03	0.20	7	2	0.09

[1] Los CVs fueron como sigue: pH, 6%; Al, 46%; Ca, 46%; Mg, 41%; K, 43%; CIC, 9%; saturación Al, 37%; P disponible (mg/kg), 39% y C organico, 20%.

[2] Las comparaciones para MDS y para CV no incluyen los muestreos a los 3 meses después del desmonte. Los valores de MSD son para comparar dos fechas de muestreo en un tratamiento al nivel de p = 0.05.

Propiedades del suelo

Las propiedades químicas de la capa superficial del suelo indican cambios favorables a los 3 a 11 meses después de la quema en respuesta al valor nutritivo de la ceniza, particularmente al aumentar el estado de bases (Cuadro 2). De los 11 a 35 meses hubo un cambio pequeño en el pH de la capa superficial del suelo, en materia orgánica y en bases intercambiables. Hubo una ligera disminución en el contenido de materia orgánica en contraste con el 25% en disminución observado en suelos similares bajo sistemas de altos insumos en la misma localidad (Sánchez *et al.*, 1982a). El retorno de residuos y la ausencia de labranza son probablemente los responsables de este declinamiento menos drástico.

Para el 35avo mes no hubieron disminuciones significativas en P y K desponibles, los que alcanzaron valores por debajo de sus niveles críticos para el lugar, de 12 mg/L para P y de 0.15 cmol(+)/L para K (Cuadro 2). Las adiciones de nutrientes en la parcelas fertilizadas, sin

[4]Aunque una prueba de significación entre los rendimientos fertilizados y no fertilizados para cada cosecha no fué posible, el siguiente modelo fué ajustado para las diferencias en aumento (delta) entre los tratamientos con arroz a través del tiempo: $e^{y} = e^{b1(tiempo)} \times e^{b2(tiempoxtiempo)}$, en donde y es rendimiento delta ($t\ ha^{-1}$), tiempo es meses después de la quema, b1 = -2.465 y b2 = 1.540 son coeficientes estimados de los datos. Un estimado del error de 0.091 (en escala delta log) fué obtenido usando este modelo (L.A. Nelson, comunicación personal).

Cuadro 3.Acumulación total de materia seca y de nutrientes para cinco cultivos de arroz y dos de caupí cosechados en 35 meses sin fertilización.

PARTE DE LA PLANTA	MATERIA SECA[1]	N	P	K	Ca	Mg
	t/ha	---------- kg/ha ----------				
Grano y vainas	14.2	250	34	73	5	18
Paja	18.1	232	15	565	80	35
Raíces	5.2	63	6	44	18	5
TOTAL	37.5	545	55	682	103	58

[1] Basado en los promedios de las proporciones grano:paja de 0.84 para arroz y 0.52 para caupí; peso promedio de vainas de caupí de 0.032 t/ha /cultivo y biomasa de raíces finas de 0.65 y 0.97 t/ha/ cultivo para arroz y caupí en los 30cm superficiales del suelo (Gichuru, 1986; Scholes y Salazar, 1989)

embargo, fueron aparentemente suficientes para compensar esta disminución. Se asume por consiguiente, que el abastecimiento de nutrientes para este sistema podría ser sostenido por aplicaciones modestas de fertilizantes.

Remoción de nutrientes y ciclaje

La acumulación de nutrientes calculada para los siete cultivos (Cuadro 3), está basada en la composición de nutrientes en los granos, paja y raíces del arroz Africano y del caupí Vita 7 obtenidos en experimentos vecinos (Gichuru, 1986; Scholes y Salazar, 1989). Aún cuando solamente el grano de arroz y las vainas de caupí fueron exportadas del campo, estos productos de cosecha representan una considerable remoción de nutrientes del campo durante el período de tres años. Las cantidades de nutrientes acumulados por los cultivos, pero retornados al suelo como insumos orgánicos fueron más grandes que las cantidades removidas, excepto P. Los residuos de los cultivos más el ciclaje de raíces retornaron al suelo 62% de la materia seca producida, 54% del N, 70% del Mg, 89% del K, 95% del Ca, pero solamente 38% del P acumulado por los cultivos. Si se asume que hubo un 100% de descomposición de las raíces finas (Scholes y Salazar, 1989), el ciclaje de raíces sería proporcionalmente menor. Por lo tanto, las cantidades actuales retornadas equivalen a una dósis de fertilización anual de 98-7-199-33-13 kg/ha de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente. Una proporción del N retornado como residuos de las partes aéreas de la planta, sin embargo, puede perderse por denitrificación en la interfase mulch-superficie del suelo, antes de que entre al suelo. La fijación biológica de N por caupí podría contrarrestar tales pérdidas, pero este proceso no fue medido. Es probable que otros insumos de nutrientes sean enteramente transferidos al suelo. El P, por consiguiente, parece ser el nutriente crítico, desde que aproximadamente dos tercios del P absorbido por la planta fueron removidos por los productos de cosecha, dando a este elemento el porcentaje de reciclaje más bajo y las cantidades absolutas retornadas al suelo más bajas entre los cinco nutrientes evaluados.

Presión de malezas

La dificultad en controlar las malezas fue el factor más importante para la inestabilidad de este sistema de bajos insumos durante su tercer año. La población inicial de malezas fue principalmente de hoja ancha, lo que es típico en los campos de agricultura migratoria en la región. Con el tiempo, la población de malezas gradualmente migró a gramíneas más agresivas las que no se podían controlar en forma económica con los herbicidas disponibles (Seubert *et al.*, 1977; Alegre *et al.*, 1986; Alegre y Cassel, 1986). De particular importancia fue *Rottboellia exaltata*, una gramínea ampliamente diseminada, particularmente durante el cultivo de arroz. Las plantas de caupí fueron más competitivas con las malezas que las de arroz debido a que cubrieron la superficie del suelo en forma más completa.

Estudios en el control de malezas en sistemas de bajos insumos en Yurimaguas, indican que la ausencia de labranza y de quemado promueven el aumento en la población de malezas (Seubert *et al.*, 1977; Alegre *et al.*, 1986; Alegre y Cassel, 1986). El mulch de paja de arroz podría reducir el crecimiento de las malezas en caupí, pero los residuos de caupí no tienen el mismo efecto en arroz, tal vez debido a la rápida tasa de descomposición de los residuos de caupí. Mt. Pleasant (1987) concluyó que seis cultivos es un estimado real de la duración de sistemas de bajos insumos con rotaciones de arroz de secano-caupí en Yurimaguas, en términos de un control de malezas económico.

Economía

El sumario de los costos en este experimento de 1 ha para los primeros siete cultivos en las parcelas sin fertilización es mostrado en el Cuadro 4. Los insumos en labor para el primer cultivo incluyen el desmonte del terreno; de esta manera los cultivos subsiguientes promedian la mitad de la labor del primer cultivo. El retorno y la redistribución de los residuos de cultivos promediaron 10 hombres-día/ha o aproximadamente 20 dólares americanos/ha/cultivo. Otro insumo mayor de trabajo fue el contrato de muchachos para mantener a los pájaros alejados de los cultivos poco antes de la cosecha. El siguiente costo mayor fue el interés a los préstamos para los cultivos del banco agrario y los impuestos del gobierno para recibir y procesar el arroz en los molinos. Los agricultores migratorios obtienen en forma rutinaria préstamos del banco, los que son usados primeramente como un adelanto para su labor. Los cargos en el interés

Cuadro 4.Insumos de trabajo, costos de producción e impuestos en el sistema de bajos insumos con siete cultivos de arroz (A) y caupí (C) sin fertilización.

TRABAJO, COSTOS E IMPUESTOS	SECUENCIA DE CULTIVOS						
	A	A	C	A	C	A	A
Trabajo (hombre día/ha)	172	79	99	79	99	79	79
Costo (US $/ha)							
Trabajo	380	140	113	134	167	130	95
Herbicidas	21	21	25	26	25	24	25
Insecticidas	0	11	14	14	13	0	0
Semilla	19	17	75	18	51	16	17
Bolsas	16	18	8	20	7	18	50
Alquiler de trilladora	0	34	0	38	0	34	80
Transporte	12	12	14	14	14	12	14
Interés y honorarios	135	80	86	105	108	111	225
Costo Total	583	333	335	369	385	345	506
Impuestos							
Grano producido (t/ha)	2.44	2.99	1.10	2.77	1.19	1.84	1.52
Precio (US $ /t)	321	281	1420	305	1127	265	274
Impuesto bruto (US $/ha)	783	840	1562	845	1341	488	416
Retorno neto (US $/ha)	200	507	1227	476	956	143	-90
Retorno neto/costo (%)	34	152	366	129	248	41	-18

fluctuantes de 40 a 101% anual en moneda local reflejan la alta tasa de inflación en el Perú, la que promedió en 125% anualmente, durante el período del estudio. Aún en dólares americanos, los costos indirectos promediaron el 30% de los costos totales de producción. En contraste, los costos de los insumos químicos (herbicidas e insecticidas) y de otros artículos (semilla, bolsas y alquiler de trilladora) fueron del 8 y 19% de los costos totales de producción, respectivamente. Dado que la mayoría de los agricultores migratorios no tienen títulos de propiedad de los terrenos

Cuadro 5. Costos de producción acumulativos y retornos incurridos en siete cultivos en 3 años en el sistema de bajos insumos con y sin fertilización y en agricultura migratoria.

COSTOS E IMPUESTOS	SISTEMA DE BAJOS INSUMOS NO FERTILIZADO		SISTEMA DE BAJOS INSUMOS FERTILIZADO		AGRICULTURA MIGRATORIA	
	US$/ha	%	US$/ha	%	US$/ha	%
Costo						
Insumos de trabajo	1159	41	1185	36	380	65
Insumos químicos						
Fertilizantes	0	0	292	9	0	0
Herbicidas	167	6	167	5	21	4
Insecticidas	39	2	27	1	0	0
Otros insumos						
Semilla	213	7	213	6	19	3
Bolsas	137	5	140	4	16	3
Uso de trilladora	186	7	189	5	0	0
Transporte	92	2	96	3	12	2
Interés y honorarios	850	30	1017	31	135	23
Costo Total	2843	100	3326	100	583	100
Impuesto						
Impuesto bruto	6275		6688		783	
Retorno neto	3432		3362		200	
Retorno neto/costo		121		101		30

que utilizan, los costos del terreno no fueron incluidos en este estimado.

El sistema de bajos insumos sin aplicaciones de fertilizante fue altamente benéfico, promediando retornos netos de 1,144 dólares americanos por hectárea o un retorno del 121% sobre los costos totales (Cuadro 5). El sistema de bajos insumos con fertilizantes fue también beneficioso, promediando un retorno neto anual de 1,125 dólares americanos por hectárea y el 100% de retorno sobre los costos totales. Los fertilizantes dieron razón del 9% del costo total del sistema y también resultó en costos de trabajo adicional, interés, uso de trilladora y de transporte. El sistema de bajos insumos ya sea con fertilizantes o sin fertilizantes fue mas beneficioso que la agricultura migratoria tradicional.

TRANSICION A OTROS SISTEMAS

Este sistema de bajos insumos, por consiguiente, es una tecnología transicional en términos agronómicos y económicos. Después de tres años, el campo está libre de troncos caídos y la mayoría de los tocones de árboles que quedan en el campo estan suficientemente descompuestos como para ser destruidos fácilmente. De esta manera, el proceso de desmonte del terreno es completo, proporcionando al agricultor diversas opciones, tales como las siguientes: i) poner el terreno en un barbecho manejado y luego comenzar con un segundo ciclo de cultivos; ii) arar, encalar, fertilizar y rotar cultivos en forma intensiva; iii) establecer pasturas y iv) usarlo en un sistema agroforestal.

El experimento arriba descrito fue modificado para ser dirigido a alguna de estas opciones después de la cosecha del séptimo cultivo en julio de 1985. El campo de 1 ha fue dividido en ocho parcelas de 1,250 m^2, proporcionando cuatro tratamientos en un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones. Las repeticiones fueron localizadas en los tratamientos previamente fertilizados y no fertilizados para bloquear los efectos residuales. Dos tratamientos fueron diseñados para probar el factor de control de malezas mediante la contínuación del sistema de bajos insumos (caupí-arroz-caupí); un tercer tratamiento fue sembrado con kudzú como barbecho y el cuarto fue sembrado en un sistema de altos insumos.

Contínuando en sistema de bajos insumos

Rendimientos previos sugirieron que el sistema colapsaría después del sétimo cultivo (Cuadro 1). Esta obsevación fue confirmada mediante tres cultivos más con una variable en el control de malezas: remoción total de malezas a niveles económicos no realísticos contra el tratamiento convencional. El tratamiento total consistió en la eliminación de malezas mediante la aplicación en forma pre-emergente de 2.25 kg/ha de metolachlor más

Cuadro 6. Rendimientos en grano de tres cosechas adicionales en el sistema de bajos insumos a dos niveles de control de malezas.

CULTIVO	CULTIVAR	SIEMBRA	COSECHA	Cont. de Malezas: Conv.	Cont. de Malezas: Completo	MDS
				------t/ha-----		
Caupí	Vita 7	19/08/85	31/10/85	0.58	0.58	NS
Arroz	Africano	9/01/86	9/05/86	0.09	1.60	0.19
Caupí	Vita 7	15/07/86	25/09/86	0.43	0.82	0.26

2.5 L/ha de sethoxydim, suplementado con deshierba manual en caso necesario. El costo actual de este tratamiento fue de 225 dólares americanos/ha/cultivo, la que es un nivel no realístico. El tratamiento convencional consistió en la aplicación pre-emergente de 1.5 L/ha de 2,4-D seguido de 2.5 L/ha de paraquat después de 5 días y sin deshierba manual, con un costo total de 25 dólares americanos/ha/cultivo. Ambos tratamientos recibieron la misma aplicación de fertilizantes al cultivo de arroz, para eliminar deficiencias de P y de K.

Los rendimientos en grano del octavo, noveno y décimo cultivo consecutivo bajo control de malezas convencional fueron bajos en caupí y prácticamente cero con arroz (Cuadro 6). Cuando las malezas fueron totalmente removidas, los rendimientos de los cultivos noveno (arroz) y décimo (caupí) alcanzaron niveles aceptables. Consecuentemente, el colapso del sistema parece que está relacionado a problemas en el control de malezas.

Barbecho de kudzú y un segundo ciclo de cultivos

La agricultura migratoria tradicional involucra un período de barbecho de bosque secundario de 4 a 20 años, supuestamente para reabastecer la disponibilidad de nutrientes del suelo y para controlar las malezas, aunque los procesos involucrados no son bien entendidos (Gichuru, 1986). La experiencia de los agricultores en las cercanías de Yurimaguas indica que el tiempo mínimo deseado para un barbecho es de 12 años, pero las presiones de la población reducen este período a un promedio de 4 años (Rhoades y Bidegaray, 1984). La tumba y quema de barbechos de bosque jóvenes resulta en una invasión más rápida de malezas gramíneas que la que podría ocurrir en barbechos más viejos debido a que el "pool" de semillas de malezas declina con la edad (Szott y Palm, 1986). Considerando la limitada probabilidad de períodos largos de barbechos secundarios en la áreas húmedas tropicales en los países en desarrollo, la necesidad por un barbecho mejorado es aparente. Siguiendo la sugerencia del agricultor, Bandy y Sánchez (1981) estudiaron el uso del kudzú tropical (*Pueraria phaseoloides*) como un barbecho manejado. A diferencia de su contraparte en la regiones

templadas (*Pueraria lobata*), el kudzú tropical no produce raíces de almacenamiento y por lo tanto es fácil de erradicar mediante tumba y quema. Los barbechos de kudzú fueron sembrados en campos previamente cultivados. En los más infértiles y compactados suelos de Yurimaguas, el kudzú se establece lentamente y muestra inicialmente algunos síntomas clásicos de deficiencias de nutrientes, pero a los tres meses alcanza un desarrollo completo, las hojas se tornan verde oscuro, ahogando a las malezas. La acumulación de materia seca de la parte aérea de la planta y de ceniza de la biomasa en kudzú llega a su máximo en aproximadamente 2 años (Bandy y Sánchez, 1981).

El mismo ecotipo de kudzú fue sembrado en este experimento de bajos insumos, el 28 de agosto de 1985, después de la cosecha del sétimo cultivo de arroz, que estaba altamente infestado de *Rottboellia exaltata* y de otras malezas. No se aplicaron fertilizantes a las parcelas de kudzú y Rottboellia se deshierbó manualmente una vez. Tal como antes, el establecimiento de kudzú fue lento, pero a los tres meses desarrolló una cobertura completa y una capa de hojarasca en la superficie. El kudzú en las parcelas de 1,250 m^2 fue cortado con machetes el 13 de setiembre de 1986; después de 10 días de clima seco fue quemado en un tiempo total de 4 minutos. La ceniza muestreada un día después de la quema contenía cantidades considerables de nutrientes que fueron incorporados al suelo con las primeras lluvias.

El arroz Africano fue sembrado 3 días después de la quema del kudzú y cosechado el 22 de Enero de 1987. Recibió 30-22-40 kg/ha de N, P y K, tal como en los cultivos de arroz previos. Los rendimientos en grano obtenidos fueron los más altos hasta la fecha en este lugar (3.9 t/ha). Estos rendimientos fueron en parte debidos a la distribución favorable de lluvias para el crecimiento del arroz, tal como fue evidenciado por rendimientos similares de arroz en otros experimentos en la misma época, pero también fueron resultado de la ausencia de una presión significativa de malezas. El barbecho de kudzú de un año, por consiguiente, suprimió en forma efectiva el crecimiento de las malezas en una manera muy superior a la de la combinación de herbicidas utilizada. Un cultivo subsiguiente de arroz fue sembrado sin fertilización y rindió 1.9 t/ha cantidad que fue adecuada para la época de siembra.

Cambios en las propiedades químicas de la capa superficial del suelo en las parcelas de kudzú al final del primer ciclo de cultivos, después de 1 año de barbecho de kudzú (1 día después de la quema), y después de la cosecha del segundo ciclo de cultivos se muestran en el Cuadro 7. El efecto del barbecho de kudzú en las propiedades químicas de la capa superficial del suelo incluye una significativa disminución en Ca y K intercambiables, presumiblemente debida a absorción por la planta; no hubieron cambios en la acidez, saturación de Al o P disponible. Las propiedades en esta capa del

Cuadro 7. Cambios en las propiedades químicas de la capa superficial del suelo (0-15 cm) antes y después de 1 año de barbecho de kudzú y después de la cosecha del cultivo subsiguiente. Las parcelas no recibieron fertilizantes durante el primer ciclo de cultivos[1].

Estado de La Parcela[2]	Meses	pH	Intercambiables Al	Ca	Mg	K	SAT Al	P	C Org.
			cmol(+)/L				%		%
Primer ciclo	35	4.5	1.9	0.98	0.10	0.26	50	4	1.12
Barbecho	52	4.5	1.8	0.60	0.09	0.13	68	7	
Segundo ciclo	54	4.8	1.6	1.05	0.18	0.23	52	14	1.42
MDS (0.05)		0.2	0.3	0.25	0.05	0.05	11	6	NS

[1] Los CVs fueron los siguientes: pH, 4%; Al, 25%; saturación de Al, 21%; P disponible, 48%; y C organico, 15%.
[2] Coresponden al final de siete cultivos del primer ciclo, después de 1 año de kudzu (antes de la quema) y primera cosecha del segundo ciclo de cultivos, respectivamente.

suelo a los 54 meses después de la quema, representando siete cosechas, 1 año de barbecho de kudzú y después de una cosecha fueron tan buenas o mejores que a los 3 meses después de la quema del bosque original (Cuadro 2). Los contenidos de materia orgánica en la capa superficial del suelo se incrementaron, probablemente como resultado de los insumos de la hojarasca del barbecho de kudzú. El segundo ciclo de cultivos está siendo continuado con la finalidad de determinar la duración de estos efectos; sin embargo, en este ciclo no se está aplicando fertilización adicional y el control de malezas será solamente al nivel convencional.

Producción de cultivos de altos insumos

Otra opción para el sistema de bajos insumos es la de servir como un período transicional para sistemas de cultivos continuos intensivos, basados en fertilización, para áreas que han desarrollado una suficiente infraestructura de caminos, crédito y mercado, haciendo atractiva esta posibilidad. En estas áreas los campos estan listos para la labranza mecanizada, con la condición de que las laderas sean adecuadas, debido a que la mayor parte de la vegetación esta descompuesta. Un tratamiento en este campo experimental, fue labrado a 25 cm con un tractor de 50 HP, encalado y fertilizado de acuerdo con los niveles de análisis de suelo y a experiencia previa, y sembrado con una rotación de maíz-maíz-soya. Los rendimientos de maíz fueron los normales para sistemas de altos insumos para la época de siembra (3.9 y 2.9 t/ha) (Valverde y Bandy, 1982), mientras que los rendimientos de soya fueron ligeramente más bajos que los normales (1.9 t/ha). El sistema parece estable y de similar productividad a sistemas de altos insumos a largo plazo cultivados en Yurimaguas (Sánchez *et al.*, 1982a; McCollum *et al.*, 1987). Un total combinado de 8.6 t/ha de grano de alto valor (maíz más soya) fue producido en

aproximadamente 15 meses. La productividad total de la secuencia completa fue de 22.4 ton/ha de grano en 4 años y 4 meses, o 5.2 t/ha/año. Con la finalidad de disminuir la infestación de malezas, es aconsejable utilizar un barbecho de kudzú antes de cambiar a cultivos de altos insumos.

Pasturas basadas en leguminosas

Los pastos para la producción de carne y leche representan una opción atractiva en los trópicos húmedos de América Latina y una de las que, particularmente, necesita de una tecnología mejorada debido a la diseminación de pasturas degradadas. El sistema de bajos insumos también puede servir como un precursor para establecer pastos mejorados, tolerantes a acidez, empezando con el desmonte de bosques secundarios. Cultivos alimenticios generadores de ingresos pueden ser cultivados y las especies de pastos podrían ser sembradas ya sea vegetativamente o por semilla bajo un cultivo de arroz. Algunas combinaciones de gramíneas con leguminosas tolerantes a acidez han producido en Yurimaguas durante 6 años, ganacias altas y sostenibles en peso vivo en el ganado (Reátegui *et al.*, 1985). El barbecho de kudzú de por sí, podría ser utilizado como una pastura en rotación con un pasto. Dado que la intrusión de malezas es un factor limitante mayor en el establecimiento de pasturas, sería ventajoso limitar el número de cultivos para minimizar el aumento en la población de malezas que ocurre durante el sexto y sétimo cultivo. Sembrar un barbecho de kudzú, quemárla después de un año y luego, establecer las pasturas, podría ser una mejor forma.

Agroforestería

El sistema de cultivos de bajos insumos es un buen camino para proveer de ingresos y de una cobertura sobre el suelo durante la fase de establecimiento de plantaciones de árboles. La decisión, sin embargo, tiene que ser hecha temprano con la finalidad de plantar los árboles poco después del desmonte y quema del bosque secundario. A menos que se considere encalar, la selección de árboles debe limitarse a los tolerantes a acidez. Ejemplos de árboles tolerantes a acidez para propósitos industriales son el jebe (*Hevea brasiliensis*), la palma aceitera (*Elaeis guineensis*) y el guaraná (*Paulinia cupana*); para producción de alimentos, el pijuayo (*Bactris gasipaes*); para cultivos en callejones, *Inga edulis*. Especies maderables que se conocen ser sensitivas a la acidez del suelo, tales como *Theobroma cacao* y *Leucaena leucocephala*, deben ser evitadas.

El sistema de bajos insumos ha sido utilizado exitosamente en experimentos en las cercanías, para el establecimiento de pijuayo y de sistemas de producción de árboles multipropósito, los que incluyeron especies de rápido crecimiento (*Inga edulis*) y de crecimiento lento (*Cedrelinga cataeniformis*) (Pérez *et al.*, 1987). Para pijuayo, los plantones fueron transplantados con el primer cultivo de arroz. En 18 meses, esta especie produce demasiada sombra para el crecimiento de cultivos posteriores, sembrándose luego kudzú como un sotobosque (Pérez *et al.*, 1987).

Aunque generalmente se cree que los sistemas agroforestales son protectores del suelo, la mayoría de árboles completa su desarrollo en forma mucho más lenta que los cultivos anuales (Sánchez *et al.*,1985). Consecuentemente, el establecimiento rápido de una cobertura del suelo es altamente ventajosa en los trópicos húmedos. Esto puede ser logrado mediante el cultivo con bajos insumos o estableciendo coberturas de leguminosas tolerantes a acidez.

IMPLICACIONES ECOLOGICAS

El sistema de bajos insumos tiene algunos impactos ambientales potencialmente positivos. Provee de una alternativa de bajo costo para la agricultura migratoria en suelos altamente ácidos. Para producir los rendimientos en grano reportados en el Cuadro 1, un agricultor migratorio necesitaría desmontar cerca de 14 ha en 3 años, en comparación a desmontar 1 ha una vez, con el sistema de bajos insumos. Además, se enfatiza el uso de barbechos de bosque secundario en vez de bosques primarios, aunque el sistema debe trabajar bien comenzando de bosques primarios.

Los riesgos de erosión son en gran medida eliminados por la ausencia de labranza y por la presencia de una cobertura en la superficie del suelo, ya sea restos de la tumba y quema, coberturas de cultivos, mulches de residuos de cultivos o barbechos manejados. El reciclaje de nutrientes es maximizado, pero los nutrientes exportados en el grano deben ser reabastecidos mediante insumos a los suelos bajos en reservas de nutrientes. Tal vez lo más importante, es que el sistema de bajos insumos no dirige al agricultor hacia una esquina, sino que le provee de un amplio rango de opciones después de que el primer ciclo de cultivos es completado.

INVESTIGACION ACTUAL

No obstante se ha demostrado la factibilidad del sistema de cultivos de bajos insumos durante el primer ciclo de cultivos seguido de un período de barbecho manejado, la información del segundo ciclo de cultivos se limita a dos cosechas. No se puede enunciar a este punto, que una forma modificada de la agricultura migratoria con una proporción 3:1 del cultivo al barbecho es factible a largo plazo. Son necesarios conocimientos más profundos en los cambios de población de malezas y en la dinámica de la fertilidad. La labranza cero es una limitación mayor para el control de malezas a largo plazo. Los datos del

suelo han sido restringidos a determinados parámetros químicos; las dinámicas físicas y biológicas están siendo ahora intensamente estudiadas. El kudzú tropical, una de las varias especies promisorias para barbechos manejados y otras, están siendo investigadas en términos de acumulación de biomasa sobre y bajo el suelo, de reciclaje de nutrientes y de supresión de malezas (Szott *et al.*, 1987). El manejo de insumos orgánicos y de la materia orgánica del suelo también están siendo estudiados (Sánchez y Miller, 1986).

El efecto de la edad del barbecho necesita también ser estudiado en mayor detalle. Cuáles son los factores que balancean un barbecho más largo? Puede el problema de malezas ser reducido acortando el período de tiempo entre la cosecha y la siembra? Un intervalo promedio de 39 días deja tiempo de sobra para el rebrote de las malezas.

Los aspectos relativos al reciclaje de nutrientes parece que trabajan bien excepto por posibles ineficiencias en N. Pérdidas por denitrificación en los residuos dejados en la superficie del suelo necesitan ser cuantificados; el N perdido en la quema de un barbecho de kudzú debe ser considerable. La fijación biológica de N en caupí y en kudzú contrarrestaría este efecto, pero su magnitud no ha sido cuantificada. Aún cuando este Ultisol no está clasificado como alto fijador de P, este elemento es el menos reciclado debido a su exportación en el grano. La fertilización fosfatada probablemente será necesaria. Otros nutrientes, sin embargo, podrían ser más críticos en suelos diferentes.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Hemos demostrado la factibilidad agronómica y económica de esta tecnología de transición en Yurimaguas. Sus componentes básicos (desmonte mediante tumba y quema, cultivares tolerantes a acidez, labranza cero, máximo retorno de residuos, fertilización mínima y erradicación de malezas mediante barbechos manejados) podrían aplicarse en gran parte de los trópicos húmedos, pero la selección de especies de cultivos y variedades, de barbechos manejados y la duración del sistema son probablemente específicos para cada lugar. Cuando el sistema fue repetido en un lugar arenoso en Yurimaguas, el período de cultivo se redujo de siete a cinco cultivos. La diferencia entre los suelos está solamente en la textura de la capa superficial (arena franca contra franco arenoso), siendo idénticos al nivel de familia en la taxonomía de suelos. El sistema de Clasificación por Fertilidad y Capacidad (Buol *et al.*, 1975; Sánchez *et al.*, 1982b), sin embargo, hizo distinción de estos dos suelos al nivel de categoría más alto. Este sistema técnico de clasificación de suelos podría ser de mucha ayuda en la identificación de las limitaciones del suelo que puedan afectar el desempeño de los sistemas de bajos insumos en otros suelos.

La selección de germoplasma para tolerancia a acidez continúa en Yurimaguas. Los resultados más promisorios están con sorgos de grano tolerantes a acidez seleccionados por Gourley y Flores (1985). La selección continúa con arroz de secano, particularmente para grano de alta calidad y porcentaje de molienda, atributos deficientes en la variedad prototipo Africano Desconocido. La selección de cultivares de caupí que desarrollen una cobertura cerrada en menos tiempo que las variedades actuales es también deseable. Cruzamientos para tolerancia a suelos ácidos en maíz, soya y otros cultivos tropicales importantes sensibles a la acidez, están siendo conducidos a través de todo el mundo.

El cultivo con bajos insumos es viable cuando las condiciones iniciales son favorables en términos de insumos de nutrientes de la ceniza y de una baja presión de malezas, condiciones que se encuentran en un bosque secundario de 10 años. Este sistema probablemente no funcione tan bien en suelos nutricionalmente agotados, compactados o enmalezados, producto del mal manejo. La duración del período de cultivos es probablemente una función de las condiciones iniciales del suelo y de los procesos relacionados con el agotamiento de la fertilidad y con la población de malezas. Una red de ensayos de validación a través de los trópicos húmedos, con el uso de cultivares localmente adaptados, ayudaría a descubrir la aplicabilidad de esta tecnología de transición entre la agricultura migratoria y la contínua.

LITERATURA CITADA

Alegre, J.C. y D.K. Cassel. 1986. Effect of land-clearing methods and postclearing management on aggregate stability and organic carbon content of a soil in the humid tropics. Soil Sci. 142:289-295.

Alegre, J.C., Cassel, D.K. y D.E. Bandy. 1986. Effects of land clearing and subsequent management on soil physical properties. Soil Sci. Soc. Am. J. 50:1379-138[illegible].

Alegre, J.C., Sánchez, P.A., Palm, C.A. y J.M. Pérez. 1989. Comparative soil dynamics under different management options. pp.102-108. En Caudle, N. (ed.) TropSoils Technical Report, 1986-87. North Carolina State University, Raleigh.

Alvim, P.T. 1982. An appraisal of perennial crops in the Amazon Basin. pp. 311-328. En Hecht, S.B. (ed.) Amazonia: agriculture and land use research. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.

Bandy, D.E. y P.A. Sánchez. 1981. Managed kudzu fallow as an alternative to shifting cultivation in Yurimaguas, Peru. p.40. EnAgron. Abstr. 1981 Annual Meetings, Atlanta, GA. Amer. Soc. Agron., Madison.

Buol, S.W., Sánchez, P.A., Cate Jr., R.B. y M.A. Granger. 1975. Soil fertility capability classification. pp. 126-141. En Bornemiza, E. y A. Alvarado (eds.) Soil management in tropical america. North Carolina State University, Raleigh.

Caudle, N. 1985. TropSoils: the first three years. North Carolina State University, Raleigh, NC. p.42.

Dextre, R., Ayarza, M.A. y P.A. Sánchez. 1987. Legume-based pastures: central experiment. pp. 12-15. En Caudle, N. y C.B. McCants (ed.) TropSoils technical report 1985-1986, North Carolina State University, Raleigh.

Gichuru, M.P. 1986. The management of phosphorus, calcium and magnesium in low-input cropping systems in the humid tropics. Ph.D. Thesis, North Carolina State University. p.183.

Gourley, L.M. y C. I. Flores. 1985. Breeding Al-tolerant sorghum for low-input systems. p.35. En Agron. Abstr. 1985 Annual Meetings, Chicago, IL, Amer. Soc. Agron., Madison.

Kang, B.T., Wilson, G.F. y L. Sipkens. 1981. Alley cropping maize and Leucaena in soithern Nigeria. Plant Soil 63:165-1790.

Lal, R. 1987. Tropical Ecology and Physical Edaphology. John Wiley & Sons, New York, NY.

Lopes, A.S., Smyth, T.J. y N. Curi. 1987. Soil fertility methodologies for acid tropical soil: the need for a reference base and nutrient dynamics studies. pp. 147-166. En Sánchez, P.A., Stoner, E.R. y E. Pushparajah (ed.) Management of acid tropical soils for sustainable agriculture: proceedings of and IBSRAM Inaugural Workshop. International Board for Soils Research and Management, Bangkok, Thailand.

McCollum, R.E., Sánchez, P.A. y D.E. Bandy. 1987. Continuous cropping: central experiment. pp. 52-56. En Caudle, N. y C.B. McCants (ed.) TropSoils technical report 1985-1986, North Carolina State University, Raleigh.

Mt. Pleasant, J. 1987. Weed control measures for short-cycle food crops under humid-tropical environments in developing countries. Ph.D. Thesis, North Carolina State University. p.121

Nicholaides, J.J. y M. I. Piha. 1987. A new methodology to select cultivars tolerant to aluminum and with high yield potential. pp.103-116. En Gourley, L.M. y J.G. Salinas (ed.) Sorghum for acid soils. CIAT, Cali, Colombia.

Nye, P.H. y D. J. Greenland. 1960. The soil under shifting cultivation. Tech. Commun. Commomw. Bur. Soils no. 51.

Pérez, J., Davey, C.B.,McCollum, R.E., Pashanasi, B. y J.R. Benítes. 1987. Peach palm as a soil management option on Ultisols. pp. 26-27. En Caudle, N. y C.B. McCants (ed.) TropSoils technical report 1985-1986, North Carolina State University, Raleigh.

Piha, M.I. y J.J. Nicholaides. 1983. Low input technologies. pp.43-69. En Nicholaides, J.J., Couto, W. y M.K. Wade (ed.) Agronomic-economic research on soils in the tropics 1980-81 annual report. North Carolina State University, Raleigh.

Reátegui, K., Ara, M. y R. Schaus. 1985. Evaluación bajo pastoreo de associaciones de gramineas y leguminosas forrajeras en Yurimaguas, Peru. Pasturas Tropicales-Boletin 7(3):11-14. CIAT, Cali, Colombia.

Rhoades, R.E. y P. Bidegaray. 1984. Agrarian Ecology in the Peruvian Jungle, Yurimaguas. International Potato Center, Lima, Perú.

Sánchez, P.A. 1976. Properties and Management of Soils in the Tropics. John Wiley & Sons, New York, NY.

Sánchez, P.A., Bandy, D.E., Villachica, J.H. y J.J. Nicholaides. 1982a. Amazon basin soils: management for continuous crop production. Science 216:821-827).

Sánchez, P.A. y J.R. Benítes 1986. Opciones Tecnológicas para el Manejo Racional de Suelos en la Selva Peruana. En 1° Simpósio do Trópico Úmido, 1:399-435. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Belém, Brazil.

Sánchez, P.A. y S.W. Buol. 1975. Soils of the tropics and the world food crisis. Science 188:598-603).

Sánchez, P.A., Couto, W. y S.W. Buol. 1982b. The fertility capability classification system: interpretation, applicability and modification. Geoderma 27:283-309.

Sánchez, P.A. y R.H. Miller. 1986. Organic matter and soil fertility management in acid soils of the tropics. Trans. 13th Int. Soil Sci. Congr. (Hamburg) 6:609-625.

Sánchez, P.A., Palm, C.A., Davey, C.B., Szott, L.T. y C.E. Russell. 1985. Trees as soil improvers in the humid tropics? pp.327-358. En Cannell, M.G.R. y J.E. Jackson (eds.) Attributes of trees as crop plants. Institute of Terrestrial Ecology, Huntingdon, United Kingdom.

Sánchez, P.A. y J.G. Salinas. 1981. Low input technology for managing Oxisols and Ultisols in Tropical America. Adv. Agron. 34:279-406.

Sánchez, P.A., Villachica, J.H., y D.E. Bandy. 1983. Soil fertility dynamics after clearing a tropical rainforest in Peru. Soil Sci. Soc. Am. J. 47:1171-1178.

Seubert, C.E., Sánchez, P.A. y C. Valverde. 1977. Effects of land clearing methods on soil properties of an Ultisol and crop performance in the Amazon Jungle of Peru. Trop. Agric. (Trinidad) 54:307-321.

Scholes, R.J. y A. Salazar. 1989. Root production and turnover in different management options. pp. 111-113. En Caudle, N. (ed.) TropSoils Technical Report, 1986-87. North Carolina State University, Raleigh.

Szott, L.T., Davey, C.B., Palm, C.A. y P.A. Sánchez. 1987. Improved fallows. pp. 31-34. En Caudle, N. y C.B. McCants (ed.) TropSoils technical report 1985-1986, North Carolina State University, Raleigh.

Szott L.T. y C.A. Palm. 1986. Soil and vegetation dynamics in shifting cultivation fallows. En 1° Simpósio do Trópico Úmido, 1:360-379. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Belém, Brazil.

Tyler, E.J., Buol, S.W. y P.A. Sánchez. 1978. Genetic association of properties of soils of an area in the upper Amazon of Peru. Soil Sci. Soc. Am. J. 42:771-776.

Valverde, C. y D.E. Bandy. 1982. Production of annual food crops in the Amazon. pp.243-280. En Hecht, S.B. (ed.) Amazonia: agriculture and land use research. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.

Resumen de Resultados en Sistemas de Cultivos con Bajos Insumos

Manoel S. Cravo[1]

Existen previsiones de que, para mantener la actual demanda mundial de alimentos habrá necesidad de cultivar más de 200 millones de hectáreas en nuevas áreas (FAO, 1978). Estudios de evaluación de recursos naturales indican que terrenos vírgenes y subutilizados solamente pueden ser encontrados en los trópicos húmedos y en las sabanas ácidas (Sánchez, 1976). La región ecológica del trópico húmedo comprende aproximadamente 1500 millones de hectáreas (Sánchez, 1976), mientras que la de sabanas ácidas cerca de 300 millones (Sánchez y Salinas, 1981). De esos totales se estima que por lo menos la mitad puede ser utilizada para fines agropecuarios (Sánchez y Salinas, 1981), presentando asimismo limitaciones, principalmente de naturaleza química.

En la Amazonía, de un total de 484 millones de hectáreas, se estima que el 90% de los suelos presentan deficiencia de P, 73% toxicidad de Al y 56% tienen bajas reservas de K, constituyendo así, las principales limitaciones químicas para uso agrícola (Cochrane y Sánchez, 1982). Oxisoles y Ultisoles, representan el 75% de los suelos de la Amazonía, los cuales son ácidos e infértiles, pero con características físicas favorables para uso agrícola (Sánchez y Bandy, 1982).

El sistema de uso de estos suelos que todavía predomina es el de agricultura migratoria. Este sistema está basado en el uso de las cenizas de las quemas como fertilizante y correctivo del suelo para el cultivo. Entretanto, pasado un máximo de dos años, el agricultor abandona el área e inicia el sistema en una nueva área.

Una alternativa que puede ser utilizada en sustitución a la agricultura migratoria es una rotación de cultivos anuales en forma continua con uso adecuado de cal y fertilizantes (Sánchez *et al.*, 1982: Lopes *et al.*, 1987). Con todo, este sistema de cultivo continuo con altos insumos, a pesar de sus ventajas agronómicas y económicas, sólo es posible en regiones que posean suficiente infraestructura vial, de mercado y de crédito, para que los productores puedan comprar cal y fertilizantes y también vender sus productos de dos o tres cosechas anuales a precios compensatorios (Nicholaides *et al.*, 1985). Frente a los efectos perjudiciales del sistema migratorio y a las exigencias de infraestructura diversa para un sistema de cultivo continuo, surge una tercera opción que es el "sistema de cultivos de ciclo corto con bajos insumos", el que es recomendado para suelos infértiles y ácidos con pendientes menores a 8%, así como también para restingas con suelos más fértiles (Sánchez y Benítes, 1983).

[1]Ing. Agr. (M.Sc.), EMBRAPA - Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia, C.P. 455, 69.000 Manaus, Amazonas, Brasil.

El sistema de cultivo con bajos insumos está basado en los siguientes puntos: 1) adaptación de las plantas a las limitaciones del suelo en vez de mejorar los suelos para adecuarlos a las necesidades de las plantas; 2) maximización de los rendimientos de los cultivos por unidad de insumo químico aplicado y 3) uso ventajoso de las características favorables de los suelos ácidos infértiles (Sánchez y Salinas, 1981). Esta opción, por lo tanto, es una etapa transicional entre la agricultura migratoria y la agricultura permanente con altos insumos, estando dirigida a minimizar, pero no necesariamente a eliminar los insumos.

CONCEPCION DEL SISTEMA

Las actividades que dieron la base para los cultivos con bajos insumos fueron iniciadas con una selección de plantas tolerantes a acidez. Numerosos cultivares y linajes de arroz (*Oryza sativa*), camote (*Ipomoea batatas*), soya (*Glycine max*), maíz (*Zea mays*), maní (*Arachis hypogaea*) y caupí (*Vigna unguiculata*) fueron ensayados en Yurimaguas, Perú, en un Ultisol con niveles de saturación de Al de 63-82%. Estos estudios revelaron muchos cultivares de arroz y de caupí con alto potencial de rendimiento en suelos con elevada saturación de Al (Nicholaides y Piha, 1987).

Con esta información, Sánchez y Benítes (ver este volumen) desarrollaron un sistema de cultivos con bajos insumos para suelos ácidos en los trópicos húmedos basado en: 1) desbosque mediante tumba y quema; 2) rotación de cultivos de arroz y caupí tolerantes a acidez; 3) máximo retorno de residuos de cosechas al campo y 4) no aplicación de cal ni de fertilizantes y sin mecanización del área.

Dentro de estos principios, el estudio más antiguo que se conoce fue iniciado en Yurimaguas, Perú en 1982 (Sánchez y Benítes, ver este volumen) en un Ultisol con barbecho de 10 años. Después de la quema se hicieron siete cultivos, cinco de arroz y dos de caupí, en un período de 34 meses. El rendimiento total de los siete cultivos fue de 13.8 t/ha, siendo 11.5 t/ha de arroz y 2.3 t/ha de caupí. Al final de este período los rendimientos disminuyeron drásticamente en función del aumento de la competencia de los cultivos, principalmente del arroz con las malezas. Hasta el sexto cultivo de arroz, var. Africano Desconocido, no se observaron respuestas a la aplicación de fertilizantes (NPK), pero a partir del sétimo cultivo, la respuesta de arroz a la fertilización fue marcada.

RESULTADOS OBTENIDOS EN OTROS ENSAYOS

Experimentos semejantes fueron instalados en Yurimaguas y Pichis (Perú), Río Frío (Costa Rica), Rondonia (Brasil) y Chapare (Bolivia), a través de la Red de Investigación de Suelos Tropicales (RISTROP), propuesta con ocasión del I Taller Latinoamericano sobre Manejo de Suelos Tropicales, realizado en Yurimaguas, Perú en 1986.

Rendimiento de Granos

Los rendimientos de grano acumulados obtenidos en tres años de cultivo en Yurimaguas fueron de 6.9 t/ha de arroz y 1.4 t/ha de caupí (Smyth *et al.*, ver este volumen). Los rendimientos de arroz fueron considerados más bajos que los obtenidos anteriormente en un experimento adyacente (Sánchez y Benítes, ver este volumen), siendo atribuido a la mala distribución de las lluvias durante los cultivos. En ese experimento no se observaron respuestas significativas a los nutrimientos (NPK) aplicados.

En los demás experimentos, los resultados fueron variados. En Picnis (Perú), en cuatro cultivos consecutivos, los rendimientos de arroz y caupí fueron muy bajos (Piñiga *et al.*, ver este volumen). En el tercer cultivo después de la quema se observó una respuesta significativa de arroz al P aplicado cuando la disponibilidad de P en el suelo disminuyó de 13 mg/L (después de la quema) a 5 mg/L en el tercer cultivo.

En Río Frío (Costa Rica), en seis cultivos consecutivos de arroz (3) y caupí (3) Bertsch y Vega (ver este volumen) observaron una disminución drástica en la productividad de granos, más sin respuesta a la aplicación de fertilizantes (NPK). En el tercer cultivo de cada especie, el rendimiento fue de aproximadamente 1/5 del obtenido en el primer cultivo. Los autores no saben con certeza a que atribuir tal disminución, pero señalan como posibles causas, los cambios en las épocas de siembra, el uso de semillas del cultivo anterior y un probable desbalance nutricional.

En la región de Chapare (Bolivia), hasta los 18 meses después de la quema fueron realizados tres cultivos consecutivos (arroz, caupí y maíz), sin fertilización. Aldunate y Mejía (ver este volumen) observaron altos rendimientos de arroz y baja productividad de maíz, comparados con la media regional. Los autores atribuyen estos resultados a la alta tolerancia del arroz y el caupí y a la no tolerancia de maíz a la alta saturación de Al del suelo.

En Rondonia (Brasil), Sampaio y George (ver este volumen) efectuaron cinco cultivos (3 de arroz y 2 de caupí) hasta 24 meses después de la quema. El caupí no llegó a producir granos debido a que la siembra coincidió con un período de sequía. La productividad de arroz fue baja en comparación a la media de la región. Los autores no obtuvieron respuesta significativa a P. Entretanto, un análisis más preciso de los resultados muestra un aumento medio de 36% de granos/cultivo, con una aplicación de 20 kg P/ha, al voleo, sin incorporación.

Prácticas de Manejo Consideradas Importantes

Una de las prácticas que se evidencia como una de las más importantes en el sistema de bajos insumos es una buena quema de la vegetación, ya que de ella depende la liberación de nutrientes contenidos en la biomasa, en forma de ceniza. Debido a esto, en los lugares en donde la quema fue mal efectuada (Rondonia, Brasil y Río Frío, Costa Rica) hubo tendencia de respuesta a los nutrimientos más temprano y problemas de desbalance nutricional, respectivamente.

La importancia de las cenizas también se destaca por su valor neutralizante de la acidez del suelo. Smyth *et al.* (ver este volumen) estimaron que el efecto correctivo de las cenizas en Yurimaguas sería equivalente a 756 kg de $CaCO_3$/ha, asumiendo que todo el Ca y el Mg en la ceniza están en forma oxidada. Aldunate y Mejía (ver este volumen) estimaron que este efecto sería de 387 y 107 kg/ha de $CaCO_3$ y $MgCO_3$, respectivamente. De cualquier manera, los efectos de la ceniza como fertilizante y como correctivo son de corta duración (Smyth *et al.*, ver este volumen).

En todos los lugares se destacó la importancia del retorno de los residuos de los cultivos al campo, como medida de economía en el uso de fertilizantes, ya que gran parte de los nutrimientos extraídos por los cultivos queda almacenada en dichos residuos. Estimados hechos en Yurimaguas (Sánchez y Benítes, ver este volumen) indican que los residuos de los cultivos, incluyendo las raíces, retornaron al suelo 62% de la materia seca producida, 54% de N, 70% de Mg, 89% de K, 95% de Ca y 38% de P acumulados por los cultivos. Estos retornos corresponden a una fertilización anual de 98, 7, 199, 33 y 13 kg/ha de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente.

La falta de respuesta a P en la mayoría de los experimentos es de cierta manera sorprendente. Smyth *et al.* (ver este volumen) en Yurimaguas y Sampaio y George (ver este volumen) en Rondonia llaman la atención sobre la disminución de los niveles de P en el suelo a 5 mg/L, por los métodos Olsen Modificado y Mehlich 1, respectivamente, sin respuesta significativa al P aplicado. Tal vez esta falta de respuesta esté relacionada a las bajas productividades de los cultivos en el sistema de bajos insumos, una vez que el nivel crítico de P, extraído por el método de Olsen Modificado, y estimado para la mayoría de los cultivos em 10 mg/L, está desarrollado para sistemas de cultivos con altos insumos en Yurimaguas (Smyth *et al.*, ver este volumen. Por otro lado, Cravo y Smyth (ver este volumen) mencionan los niveles de 6, 8 y 9 mg/L de P, extraídos por Mehlich 1, como críticos para maíz, caupí y maní en un Oxisol de Manaus, con uso de altos insumos.

El principal problema que se evidencia para el sistema de bajos insumos es la competencia de malezas. Sánchez y Benítes (ver este volumen) observaron que el aumento progresivo de las dificultades para controlar las malezas se constituyó en el factor más importante que determinó la inestabilidad del sistema de bajos insumos, a partir del tercer año. En todos los demás trabajos, el problema con

malezas también ha sido motivo de preocupación. Una solución señalada como promisoria para minimizar la infestación de malezas es el uso de una leguminosa de cobertura, durante un período de descanso del área. Se señalan como leguminosas promisorias el kudzú tropical (*Pueraria phaseoloides*) (Sánchez y Benítes, ver este volumen) y *Mucuna cochinchinensis* (Smyth *et al.*, ver este volumen), consideradas de rápido crecimiento y cobertura del suelo, buenas productoras de materia seca y de buena capacidad de reciclaje de nutrimientos y de supresión de malezas. Todavía existen dudas, entretanto, sobre cuánto tiempo después de la quema se debe establecer esta cobertura y sobre el período que debe permanecer en el campo antes de reiniciarse los cultivos.

CONCLUSIONES

El uso de sistemas de cultivos con bajos insumos se viene mostrando bastante ventajoso comparado con el sistema migratorio, en aspectos agronómicos, económicos y principalmente ecológicos. Sin embargo, todavía existen muchas preguntas para ser respondidas por la investigación, tales como las señaladas por Sánchez y Benítes, Smyth *et al.*, y Zúñiga *et al.*, (ver este volumen).

Los datos hoy existentes todavía no son suficientes para establecer recomendaciones definitivas de sistema de cultivo a largo plazo, pero se constituyen como informaciones muy valiosas sobre los problemas de la agricultura en los trópicos húmedos y sirven de base para la orientación de futuras investigaciones al respecto.

LITERATURA CITADA

Cochrane, T.T. y P.A. Sánchez. 1982. Land resources, soils and their management in the Amazon region: a state of knowledge report. En S.B. Hetch (ed.) Amazonia: Agriculture and Land Use Research. CIAT, Cali, Colombia. pp. 137-209.

FAO. 1978. Agriculture Towards the Year 2000. Roma, Italia.

Lopes, A.S., T.J. Smyth y N. Curi. 1987. The need for a soil fertility reference base and nutrient dynamics studies. En P.A. Sánchez, E.R. Stoner and E. Pushparajah (eds.). Management of Acid Topical Soils for Sustainable Agriculture. IBSRAM Proceedings. Bangkok, Thailand. 2: 147-166.

Nicholaides, J.J., D.E. Bandy, P.A. Sánchez, J.R. Benítes, J.H. Villachica, A.J. Coutu y C.S. Valverde. 1985. Agricultural alternatives for the Amazon Basin. BioScience 35: 279-285.

Nicholaides, J.J. y M.J. Piha. 1987. A new methodology to select cultivars tolerant to aluminum and with high yield potentials. En L.M. Gourley y J.G Salinas (eds.). Sorghum for Acid Soils. CIAT, Cali, Colombia. pp. 103-116.

Sánchez, P.A. 1976. Suelos del Trópico - características y manejo. IICA, San José, Costa Rica.

Sánchez, P.A. y D.E. Bandy. 1982. Suelos de la Amazonía y su manejo para la prodicción continua de cultivos. Suelos Ecuatoriales 12: 301-315.

Sánchez, P.A. y J.R. Benítes. 1983. Opciones tecnológicas para el manejo racional de suelos en la selva peruana. CIPA XVI, Estación Experimental de Yurimaguas, Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria (INIPA). Yurimaguas, Perú. Serie de Separatas No 6.

Sánchez, P.A., D.E. Bandy, J.H. Villachica y J.J. Nicholaides. 1982. Amazon Basin soils: management for continuous crop production. Science 216: 821-827.

Sánchez, P.A. y J.G. Salinas. 1981. Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in Tropical America. Adv. Agron. 34: 279-406.

Recomendaciones del Grupo de Trabajo en Cultivos con Bajos Insumos

Manejo de Residuos Vegetales en Agricultura de Bajos Insumos

Justificación:

Todos los participantes manifestaron particular interés en el manejo de residuos orgánicos con bajos insumos debido a los resultados obtenidos en experimentos anteriores. Se consideró la agricultura de bajos insumos como um término relativo a las condiciones locales en la cual se usarán materiales originados localmente, no excluyendo, la importación de residuos. Se reconoció ademas, que la tecnología puede emplearse bajo condiciones ecológicas con fertilidad natural del suelo que no sea mínima.

Objetivos:

- General:Evaluar el efecto de los residuos vegetales en un sistema continuo de cultivos de ciclo corto.
- Específico: Cuantificar el efecto de los residuos vegetales sobre el rendimiento de los cultivos, la dinámica de la población de malezas y el balance de nutrimentos.

Materiales y Métodos:

Los tratamientos comunes serán
sin residuos del cultivo
con residuos de la parcela de cultivo
con residuos + barbecho de leguminosa
y se plantearon como tratamientos opcionales la aplicación de fósforo, enmiendas, adaptación de especies y uso de otros residuos.

Diseño experimental:

Bloques completos al azar con suficientes grados de libertad para el error.

Variables de respuesta:

-Cultivo: rendimiento (ton/ha) y sus componentes

-Malezas: biomasa y tipos de malezas (número area^{-1}), mínimo 1 vez por año antes del período crítico del cultivo; estimación del potencial de germinación de semillas de malezas, una vez por año antes de la siembra del cultivo (opcional).

-Residuos: biomasa del rastrojo; tasa de descomposición del rastrojo

-Balance de nutrimientos:

Suelo: P, K, Ca y Mg; pH, acidez, y C orgánico (opcionales)

Tejido: N, P, K, Ca y Mg en el rastrojo y en el producto

-Otros parámetros adicionales del sistema, como costos, tiempo invertido en labores (jornales), etc.

Para las mediciones de malezas se usará la metodología de indíce, frecuencia y abundancia (INFA), y la descomposición del rastrojo en el tiempo se evaluará por medio de bolsas plásticas de malla milimétrica. Se evaluará la distribuición de raíces por profundidad.

Participantes del Grupo de Trabajo:

Jorge Aldunate (líder)- IBTA, Chapare, Bolivia
Nelson F. Sampaio- EMBRAPA, Brasil
Arturo Cerezo- Univ. Panamá, Panamá
Floria Bertsch- UCR, Costa Rica
Vidal Vega- UCR, Costa Rica
Jorge Briceño- UCR, Costa Rica
Arnoldo Gadea- UCR, Costa Rica

SISTEMAS DE PASTURAS

Establecimiento de Leguminosas Forrajeras en Praderas Poco Productivas de *Brachiaria Decumbens*

Armando Ferrufino[1]

INTRODUCCION

En el trópico húmedo, en los primeros años de establecidas, las praderas cultivadas presentan una productividad elevada. Después de cinco o más años de utilización, se aprecia una disminución gradual, más o menos acentuada, en la productividad del pastizal (Serrao *et al.*, 1979). La invasión de malezas y el costo de su control se vuelven limitantes de la productividad económica y llevan eventualmente al abandono del área y la posterior formación de un bosque secundario (Ramia y Fernández, 1976). El proceso descrito anteriormente es conocido como degradación de pasturas. La disminución de la fertilidad de los suelos especialmente en N, P y bases cambiables, un deficiente manejo y la compactación de los suelos bajo pastoreo, han sido asociados con este fenómeno en condiciones de trópico húmedo (Dias Filho y Serrao, 1982; Serrao, 1986).

En el trópico húmedo del departamento de Cochabamba, el fenómeno de la degradación de las pasturas es un problema de importancia creciente. Si bien la actividad ganadera es relativamente reciente en el área, ya se observan sitios con pastizales degradados. Los últimos años se iniciaron las investigaciones en recuperación de praderas empleando principalmente fertilización fosforada (Ferrufino, 1984; Espinosa *et al.*, 1989a) y recientemente, considerando la incorporación de leguminosas en pastizales con gramíneas de baja productividad. La forma más satisfactoria y económica de mejorar la productividad de estas pasturas, es sembrar leguminosas en ellas (Sánchez, 1981; Robbins *et al.*, 1986).

Se postula que la inclusión de leguminosas en pastizales de gramíneas en degradación puede favorecer una mayor disponibilidad de N para la gramínea, pudiendo lograrse praderas más productivas y estables en el tiempo. El establecimiento de leguminosas en pastizales de ese tipo puede ser afectada por factores tales como la fertilización fosforada, el laboreo del suelo y la especie forrajera utilizada.

Con base en las hipótesis enunciadas, los objetivos de la presente investigación son:

-Evaluar el efecto de la fertilización fosforada y el laboreo del suelo en el establecimeinto y supervivencia de leguminosas forrajeras sobresembradas en pastizales de gramíneas en proceso de degradación.

[1]Encargado del Programa Forrajes del Proyecto IBTA/Chapare, Casilla 2395 y 4067, Cochabamba, Bolivia.

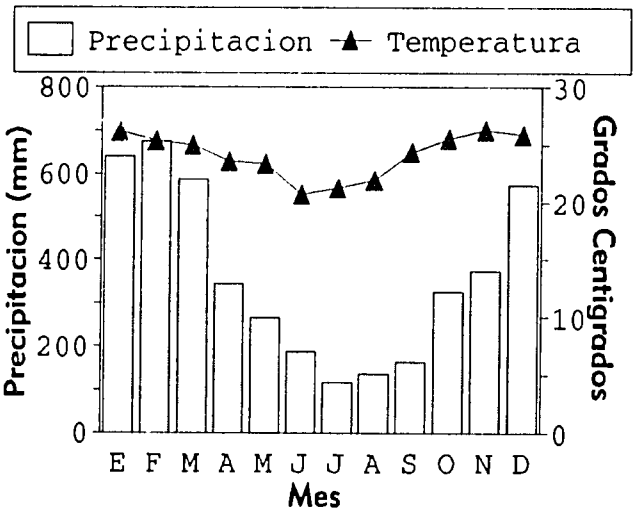


Figura 1. Distribución de la precipitación en la región de la E.E. Chipiriri (promedio de 20 años).

-Identificar el efecto de las leguminosas en la calidad y productividad del pastizal.

MATERIALES Y METODOS

Localización y Características Climatológicas

El experimento se estableció en la Estación Experimental de Chipiriri (provincia Chapare, departamento de Cochabamba, Bolivia) ubicada geográficamente a 16°50' de latitud sur y 64°20' de longitud oeste a 250 msnm. El sitio corresponde a un ecosistema de bosque húmedo tropical (Cochrane, 1982), con una temperatura media anual de 23.8° C y una precipitación media 4800mm/año (Figura 1).

Características del Suelo

El suelo, de origen aluvial, es de baja fertilidad natural. Taxonómicamente fue clasificado como un Aquic Dystropept, franco fino, silíceo (Drs. P.A. Sánchez y S.W. Buol, comunicación personal). Algunas de sus características químicas se presentan en el Cuadro 1.

En comparación a otros suelos del Chapare, el suelo de Chipiriri presenta una relativamente baja capacidad de retención de P. La Figura 2 presenta una isoterma de retención de fósforo (Fox y Kamprath, 1970) obtenida de

Cuadro 1. Características químicas del suelo experimental.

	Intercambiable				SAT.	Olsen Modificado					C	
pH	Ca	Mg	K	Al	Al	P	Cu	Fe	Mn	Zn	Org.	N
	--cmol(+)/L---				%	----------mg/kg----------					---%---	
4.8	0.29	0.48	0.08	3.32	79	5	22	71	23	1	1.1	0.08

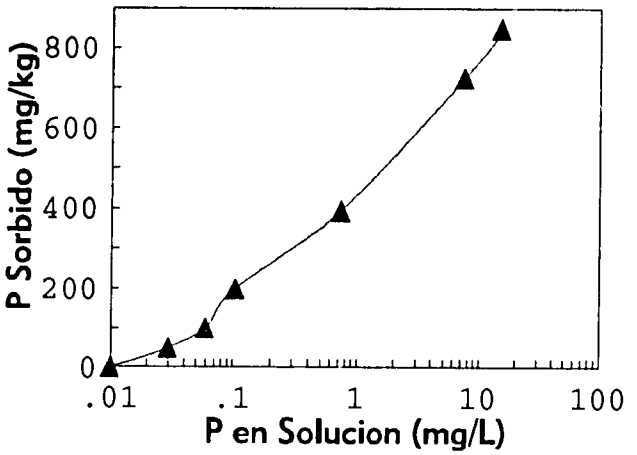


Figura 2. Retención de P en el suelo del experimento.

un análisis realizado en la Universidad Estatal de Carolina del Norte.

Historia del sitio

Originalmente, el sitio experimental era un bosque primario. La siembra de la pradera de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk ocurrió unos 12 años antes de la instalación del ensayo después de la roza, tumba y quema del bosque. La pradera fue manejada durante todo ese tiempo en pastoreo rotacional. La última fertilización del área (50 kg N/ha) fue realizada tres años antes de la iniciación del estudio.

La caracterización inicial de la pradera antes de la aplicación de los tratamientos, evidenció un pastizal clorótico de baja productividad. El componente principal de la pastura fue *B. decumbens* con una participación media de 80% en la biomasa total; los otros componentes (20%) estaban constituidos principalmente por *Fimbristilis* sp., *Cyperus* sp, *Seudoelephantopus scoparius*, *Sporobolus* sp., *Paspalum conjugatum* y *Axonopus affinis*.

Diseño Experimental y Factores en Estudio

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo en parcelas sub divididas con tres repeticiones. Los factores en estudio fueron la fertilización fosforada (0, 22 y 44 kg P/ha) el laboreo del suelo (0, 20 y 100% de preparación del área) y las leguminosas *Pueraria phaseoloides* CIAT 9900 (kudzú) y *Desmodium ovalifolium* CIAT 350 (desmodio). Los tratamientos, dieciocho en total, resultaron de la combinación de los niveles (3x3x2) de los factores en estudio, las parcelas principales (600 m^2) a los niveles de laboreo del suelo y las sub-subparcelas (100 m^2) a las especies de leguminosas.

Procedimientos de Campo

Preparación del terreno y siembra Antes de la siembra el área fue desbrozada mecánicamente, cortando el pasto a ras del suelo. Posteriormente, en las unidades experimentales que incluyeron laboreo del suelo, éste se preparó con un "rotovator" accionado por un motocultor. En los tratamientos con laboreo total, el área fue completamente preparada, mientras que en los de laboreo parcial se prepararon dos franjas (1 x 10 m c/u) separadas 2m una de la otra.

La siembra de las leguminosas *P. phaseoloides* y *D. ovalifolium*, se realizó en surcos cada 0.5m distribuyendo la semilla a chorro continuo. La densidad de siembra fue de 6 kg/ha. En los tratamientos con laboreo parcial se sembró únicamente el área laboreada. Las semillas no fueron escarificadas ni inoculadas. Las fechas de siembra fueron el 25 y el 26 de septiembre de 1987.

Fertilización El fertilizante empleado fue fosfato biamónico (18-46-0) que se aplicó al voleo antes de la siembra y después del laboreo del suelo. Al utilizarse una fuente compuesta, todos los tratamientos recibieron una aplicación común de 50 kg N/ha en forma de urea.

Manejo del pastoreo Después de cada una de las dos primeras evaluaciones, el pastizal fue cortado a una altura de 10cm sobre el suelo con una segadora. Posteriormente, el sitio fue pastoreado cada 30 a 40 días con cargas instantáneas altas, hasta que el pasto quedara a una altura de 10cm sobre el suelo.

Evaluación de las variables de respuesta Se realizaron seis evaluaciones: a los dos, cuatro, siete, 11, 15, y 21 meses después de la siembra (setiembre de 1987). Cronológicamente, la secuencia de muestreos correspondió a las siguientes fechas: noviembre de 1987, enero de 1988, abril de 1988, agosto de 1988, diciembre de 1988 y junio de 1989. Las evaluaciones se realizaron utilizando un marco metálico de 0.25m^2 (0.5 x 0.5m) lanzado al azar en 10 oportunidades por unidad experimental. En los tratamientos de laboreo parcial al menos un 20% de las observaciones fueron realizadas en el área laboreada. Las variables de respuesta estimadas y las ocasiones en que fueron evaluadas se presentan a continuación:

- Producción de biomasa seca (t/ha), estimada por el método del doble muestreo de Haydock y Shaw (1975). Se evaluó en todas las fechas de muestreo.
- Composición botánica (%), utilizando el método de rangos de peso seco de 't Mannetje y Haydock (1963). Se estimó desde la segunda hasta la última fecha de muestreo.
- Número de plántulas leguminosas/m^2, por conteo directo. Se evaluó en las dos primeras fechas de muestreo.
- Cobertura del suelo por las leguminosas (%), por estimación visual. Se midió durante las tres primeras evaluaciones.
- Concentración de N y P en los tejidos de la gramínea y las leguminosas respectivamente. Para el efecto, se tomaron muestras de fitomasa en dos repeticiones arrancando porciones de forraje con la mano en 10 oportunidades para cada unidad experimental, imitando el pastoreo. Esta variable fue evaluada a los 15 meses después de la siembra y 30 días después del último pastoreo.

- Fósforo en el suelo a los 15 meses después de la siembra, cuantificado en muestras provenientes de la capa arable (0-20 cm de profundidad). Las muestras fueron tomadas en las parcelas con distintas dosis de fertilización fosforada y en las tres repeticiones (n = 3 por dosis), las cuales fueron mezcladas por lo que el análisis se realizó en muestras compuestas.

Análisis Estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el procedimiento GLM del paquete SAS. Las variables cobertura y composición botánica fueron corregidas por arco seno y el número de plantas por log(x + 1). Se empleó la prueba de Duncan para comparación de medias. El modelo asociado al diseño empleado fue el siguiente:

$Y_{ijk} = U + R_i + P_j + (RxP)_{ij} + L_k + (PxL)_{jk} + RxL(P)_{ijk} + A_l + (PxA)_{jl} + (LxA)_{kl} + (PxLxA)_{jkl} + RxA(PxL)_{ijkl}$

Donde: Y_{ijk} = variables de respuesta, U = media general, R_i = efecto de la repetición, P_j = efecto de la dosis de P, $(RxP)_{ij}$ = error a: entre parcelas principales, L_k = efecto del grado de laboreo, $(PxL)_{jk}$ = efecto de la interacción entre P y laboreo, $RxL(P)_{ijk}$ = error b: entre subparcelas, Al = efecto de la especie de leguminosa, $(PxA)_{kl}$ = efecto de la interacción entre P y leguminosa, $(LxA)_{kl}$ = efecto de la interación entre laboreo y leguminosa, $(PxLxA)_{jkl}$ = efecto de la interacción entre P, laboreo y leguminosa, $RxA(PXL)_{ijkl}$ = error c: entre sub sub parcelas.

Procedimiento de Laboratorio

Las muestras de suelo, tomadas de 0-20 cm de profundidad fueron enviadas al laboratorio de suelos de la Universidad Estatal de Carolina del Norte. El pH del suelo se determinó en agua en una relación 1:10. El Ca, el Mg y la acidez se extrajeron en KCl 1N. El K, el P y los microelementos fueron determinados por el método Olsen modificado (incluyendo el Superfloc). Los contenidos de C y N se cuantificaron usando un determinador de C y N total. La acidez se cuantificó por titulación con NaOH hasta el punto final con fenolftaleína. El P en el follaje se realizó en el laboratorio de la Universidad de Cochabamba, empleando las metodologías sugeridas por la AOAC (1984).

RESULTADOS Y DISCUSION

El número de plantas/m^2 no fue afectado (P 0.05) por la fertilización fosforada, ni por el laboreo, sino por la especie forrajera (Cuadro 2). La leguminosa *D. ovalifolium* mostró una mayor población inicial de plantas que *P. phaseoloides* en todas las evaluaciones. La supervivencia relativa de las plántulas en los tratamientos de laboreo completo tuvieron una supervivencia relativa de 52%, en contraste con los tratamientos de 20 y 0% de laboreo, donde sobrevivió 23 y 22% en relación a las plantas estimadas en la primera evaluación. La mayor población inicial de plántulas de desmodio pudo deberse al mayor número de semillas depositadas por área, dado el menor tamaño de las semillas de esa leguminosa respecto a las del kudzú. Sin embargo, cuando las semillas de especies forrajeras se siembran directamente sobre la superficie del suelo, la fase de germinación es fuertemente afectada por la humedad relativa del microambiente alrededor de las semillas. Las semillas más grandes, tienen una mayor área expuesta que las semillas pequeñas, por lo que son

Cuadro 2. Número de plantas m^2 en función a la fertilización fósforada, el laboreo y la especie forrajera.

	MESES DE LA SIEMBRA	
VARIABLES	2	4
kg de P/ha	----------plantas/m^2----------	
0	28.2±21.5[1]	6.0±2.9
22	34.8±26.9	9.5±9.4
44	29.8±22.6	7.6±6.0
Laboreo (%)		
0	26.1±16.0	5.7±4.1
20	30.3±24.1	7.1±3.8
100	36.6±28.7	19.2±23.1
Leguminosa		
D.ovalifolium	51.1±12.8a[2]	10.2±6.9a
p.phaseoloides	10.9±3.6b	4.9±5.0b

[1] Desviación estandar de la media.
[2] Promedios dentro de columnas seguidos por la misma letra no difieren entre sí (P 0.05) según la prueba de Duncan.

Cuadro 3. Cobertura de las leguminosas (%) en función de la fertilización fosforada, el laboreo del suelo y la especie forrajera.

	MESES DE LA SIEMBRA		
VARIABLES	2	4	7
kg de P/ha	Leguminosas (%)		
0	4.6±2.3[1]	5.8±2.0	7.7±7.0
22	5.7±2.1	7.7±3.7	9.2±6.6
44	6.3±2.6	6.7±4.3	10.6±11.5
Laboreo (%)			
0	3.5±1.1b	3.6±1.7b	5.1±3.6c
20	5.5±2.2ab	7.4±1.1ab	8.5±6.4b
100	7.6±1.5a	9.3±3.8a	14.0±11.4a
Leguminosa			
D. ovalifolium	6.3±1.8a[2]	8.2±3.3	15.3±7.6a
P. phaseoloides	4.8±2.6b	5.3±2.9	3.0±1.4b

[1] Desviación estándar de la media.
[2] Promedios dentro de columnas seguidos por la misma letra no difieren entre sí (P 0.05) según la prueba de Duncan.

propensas a perder más agua, lo que implica una desventaja de las semillas grandes respecto a las pequeñas en este tipo de siembra (Cook, 1980). Es probable que esos factores puedan también haber influido en las menores poblaciones de plántulas de kudzú, puesto que en los 16 días posteriores a la siembra no llovió y se presentaron altas temperaturas (media = 27 ± 5° C). La mayor supervivencia en kudzú pudo deberse al mayor vigor inicial de las plántulas, que por ser más grandes inicialmente que las de desmodio, teóricamente presentan mayor área foliar y capacidad fotosintética. En varias regiones tropicales del mundo, se encontró que el laboreo del suelo favoreció el establecimiento de leguminosas forrajeras en contraste con el "no cultivo", cuando aquellas eran sobresembradas en praderas de gramíneas (Santhirasegaram, 1975; Michielin *et al.*., 1976; Falvey, 1979; Couto *et al.*., 1983; Scott y Izham, 1986). Según Low (1962), cuando una pradera vieja es cultivada, las condiciones físicas del suelo usualmente deben acercarse al óptimo para obtener una buena cama para las semillas sobre un amplio ámbito de humedad, una buena relación aire-agua y facilitar la penetración de las raíces. Seguramente, algunos de esos factores influyeron en la mayor supervivencia de las plántulas en los tratamientos con laboreo total del suelo.

Cobertura de Leguminosas

Las variables que afectaron significativamente (P 0.05) la cobertura del suelo por las leguminosas fueron el laboreo y la especie, mientras que la fertilización fosforada no tuvo efecto significativo. En los tratamientos de laboreo total y parcial hubo un mayor porcentaje de cobertura de las leguminosas, que fue significativamente mayor en desmodio (Cuadro 3). Se encontró una interacción significativa (P = 0.001) entre la fertilización fosforada, el laboreo del suelo y las especies forrajeras.

La ausencia de respuesta a la fertilización fosforada pudo deberse a que el P del suelo fue suficiente para un establecimiento satisfactorio de las leguminosas. En un ensayo anterior en la misma zona, Ferrufino (1984) tampoco encontró respuesta en esas especies a la aplicación de P como roca fosfórica. Es conocido que el kudzú y el desmodio son especies tolerantes a bajos niveles de P en el suelo. Salinas y Sanz (1984a) mencionaron que estas especies tienen bajos requerimientos externos de P: 3.0 y 3.5 mg/L para *D. ovalifolium* y *P. phaseoloides*, respectivamente. El P disponible en el suelo en un análisis realizado 15 meses después de la siembra, alcanzó un nivel de 5 ± 1, 4 ± 2 y 5 ± 2 mg/L en las parcelas que fueron fertilizadas con 0, 22 y 44 kg P/ha, respectivamente; valores por encima de los niveles críticos externos mencionados.

Un análisis del contenido de P en el tejido de las leguminosas, realizado a los 15 meses de la siembra, mostró que la fertilización fosforada no influyó (P 0.05) en la concentración de P en el follaje. Los valores encontrados, como un promedio para las dos leguminosas, fueron de 0.27 ± 0.04, 0.28 ± 0.05 y 0.29 ± 0.05% para los tratamientos con 0, 22 y 44 kg P/ha, respectivamente. El kudzú presentó mayores contenidos de P que el desmodio: 0.32 ± 0.02 y 0.24 ± 0.03%, respectivamente. Los niveles críticos internos de P señalados para desmodio y kudzú son de 0.10 y 0.22% (Salinas y Sanz, 1984a). El nivel crítico de deficiencia es el contenido de un elemento en el tejido por debajo del cual se espera una respuesta significativa a la aplicación de este elemento, y por encima del cual no se espera una respuesta (Howeler, 1983). En consecuencia, se puede predecir que para los suelos del área de Chipiriri y similares en la región, si los contenidos de P en el suelo y los tejidos se hallaran en el rango de los valores encontrados en este estudio, el desmodio y el kudzú no responderían a la fertilización fosforada.

El establecimiento más eficiente de las leguminosas en los tratamientos con laboreo, favoreció también un mejor desarrollo de las plantas. La competencia por nutrimentos y humedad entre la vegetación residente y las plántulas recién establecidas, es uno de los factores más limitantes para el desarrollo de las especies sobresembradas (Cook, 1980). El laboreo del suelo y su efecto detrimental en la población de *B. decumbens*, redujo la competencia entre las especies permitiendo un mayor desarrollo de las leguminosas. En contraste, las plantas en las parcelas sin laboreo, compitieron desde el momento de la germinación con la gramínea establecida. Es probable que también tuvieran dificultades de enraizamiento debido a que el suelo, después de varios años de pastoreo, seguramente presentaba algún grado de compactación.

En relación a la competencia entre dos plantas, Fisher (1975) mencionó que ese fenómeno no ocurre sino hasta que el suministro inmediato de nutrimentos, luz o agua sea menor que las necesidades combinadas de las dos plantas. Por los bajos contenidos de K y Mg en el suelo, se estima que pudo haber competencia por esos nutrimentos, puesto que se observaron plantas que

Cuadro 4. Composición botánica de gramíneas y malezas según el nivel de laboreo del suelo y la especie forrajera.

VARIABLES	MESES DE LA SIEMBRA 4	7	11	15	21
Laboreo (%)	------Composición botánica, %------				
0	85.6a[1]	81.2a	89.7	91.8	90.1a
20	48.1b	45.3b	88.8	89.7	87.9a
100	34.1b	55.0b	86.3	85.9	82.4b
Leguminosas					
D. ovalifolium	57.4	56.7b	84.9b	85.4b	86.2
P. phaseoloides	54.5	64.3a	91.5a	92.9a	87.4

[1] Promedios dentro de columnas seguidos por la misma letra, no difieren entre sí según la prueba de Duncan (P 0.05).

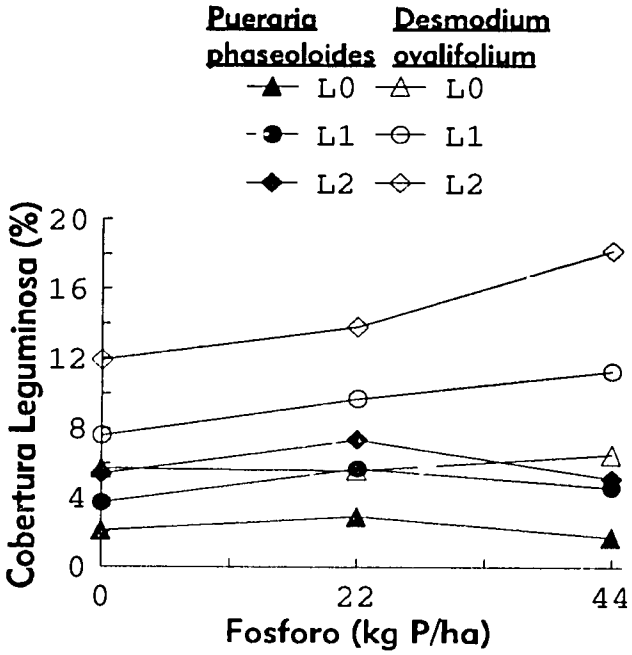


Figura 3.Interación entre fertilización fosforada, laboreo del suelo y especie en la cobertura de las leguminosas (promedio de evaluaciones a dos, cuatro y siete meses después de la siembra). Zero, 20 y 100% de laboreo son indicados por L0, L1 y L2.

presentaban síntomas de deficiencia de esos minerales. Es sabido que las gramíneas forrajeras tropicales son más eficientes que las leguminosas en la extracción de K, nutrimento que éstas últimas necesitan en mayor proporción (Zimmer *et al.*, 1986). El kudzú presentó síntomas de deficiencia de Mg más notorios que el desmodio debido a sus mayores exigencias (Salinas y Sanz, 1984b).

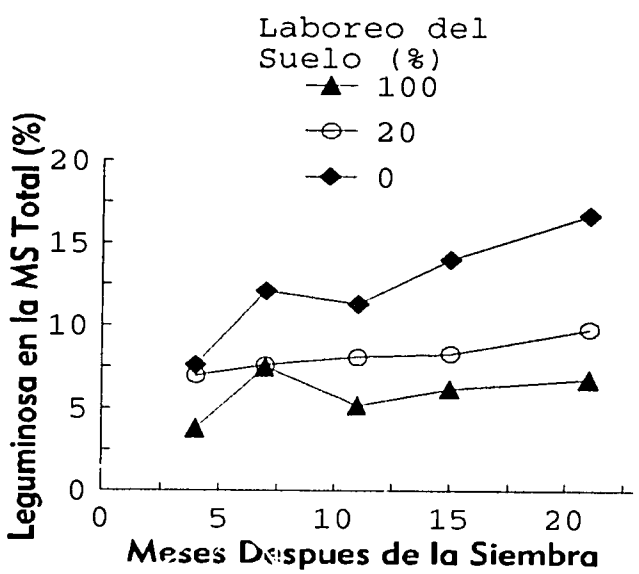


Figura 4.Proporción media de leguminosas a través del período de evaluaciones en función del grado de laboreo del suelo.

Cuadro 5. Biomasa seca en función a la fertilización fosforada, el nivel de laboreo del suelo y la especie forrajera.

	MESES DE LA SIEMBRA					
VARIABLES	2	4	7	11	15	21
kg de P/ha	-----BIOMASA SECA (t/ha)----					
0	2.7	4.3	3.6	3.9	4.7	6.4
22	2.8	4.3	3.7	4.1	4.6	6.3
44	2.8	4.4	3.7	3.9	4.6	6.2
Laboreo (%)						
0	3.8a[1]	5.1a	3.9a	4.2a	4.7	6.0
20	3.1b	3.4c	3.6b	3.8b	4.7	6.4
100	1.5c	4.5b	3.5b	3.9b	4.7	6.4
Leguminosas						
D. ovalifolium	2.7	4.4	3.6	4.0	4.6	6.3
P. phaseoloides	2.8	4.3	3.7	3.9	4.5	6.4

[1] Promedios seguidos por la misma letra no difieren entre sí (p 0.05) según la prueba de Duncan.

La interacción significativa encontrada entre la fertilización fosforada y el laboreo del suelo en el desarrollo de las leguminosas (Figura 3), puede explicarse debido a que el laboreo y la fertilización fosforada incrementan la mineralización de la materia orgánica puesto que de esa manera, se condiciona un ambiente propicio para los microorganismos mineralizadores (Sánchez, 1981) aumentando la disponibilidad de nutrimentos.

Composición Botánica

La fertilización fosforada no afectó significativamente (P 0.05) la proprociòn de las especies componentes de la biomasa total. El laboreo del suelo tuvo efecto significativo (P 0.05) en la proporción de gramínea y leguminosas. La población de la gramínea se vio disminuida por efecto del laboreo durante los siete meses siguientes a la siembra (Cuadro 4). Posteriormente, la proporción de *B. decumbens* en la biomasa total se incrementó al punto de ser similar que en las áreas no disturbadas. Esto evidencia la gran capacidad de recuperación de esa especie. Andrade y Ferguson (1988) mencionan que para la renovación de pasturas con la introducción de una nueva especie, la preparación del suelo tiene un papel crucial en el suceso de la operación, no deberá ser tan fuerte que elimine la pastura existente, ni tan escasa que no propicie condiciones favorables para el establecimiento de la nueva especie.

En las áreas con suelo preparado, se presentó una alta invasión de malezas cuya participación en la biomasa total hasta los cuatro meses después de la siembra fue significativa (Cuadro 4). La mayor proliferación de malezas aconteció entre noviembre y enero que es la época de mayor precipitación en la zona. La maleza más común fue la rubiácea anual *Borreria laevis* que desapareció

del área coincidiendo con el incremento de la población de *Brachiaria decumbens*. El laboreo del suelo podría ser desventajoso si favoreciera el aumento de las poblaciones de malezas perennes o anuales más agresivas.

Consistentemente, los tratamientos con laboreo del suelo presentaron a lo largo del estudio, mayores proprociones de leguminosa respecto a las parcelas sin laboreo (Figura 4). Hasta los quince meses después de la siembra, el desmodio fue la leguminosa más abundante. A los 21 meses de la siembra, el kudú alcanzó niveles porcentuales similares al desmodio en la composición botánica de la fitomasa total (Figura 5). El kudzú emite tallos a veces muy largos que enraizan en los nudos o en los entrenudos, lo que le facilita colonizar nuevas áreas. El desmodio en contraste, es una especie de crecimiento semierecto lo que le otorga menor capacidad invasora. Esta particularidad en el hábito de crecimiento del kudzú, sugiere que es una especie apropiada para sembrarse en franjas dentro praderas de gramíneas (Espinosa *et al.* 1989b). Las siembras en franjas resultarían más económicas, sin embargo, para tal efecto, deberían emplearse leguminosas con capacidad de colonizar áreas circundantes. Respecto a las siembras en franjas, Tergas *et al.*, (1983) menciona que la presencia de las leguminosas en toda el área, favorecería una distribución más uniforme del N fijado, en contraste con el caso donde la leguminosa se halla circunscrita a algunos sitios.

Debido a que el ensayo no fue diseñado para evaluar el efecto del pastoreo sobre la dinámica de los componentes del pastizal, no se pueden hacer inferencias confiables sobre la influencia del pastoreo en ese parámetro. Sin embargo, es evidente que existen diferencias en la aceptabilidad por el animal respecto a las dos leguminosas sembradas en este ensayo (Ferrufino, 1989). Ese factor, en el tiempo y según el manejo del pastoreo, podría ser un factor determinante de la composición botánica de la pradera (Kretschmer Jr., 1988).

Producción de Biomasa

La fertilización fosforada y las leguminosas no tuvieron un efecto significativo (P 0.05) en el rendimeinto del pastizal. El laboreo del suelo afectó negativamente (P 0.05) la producción total de biomasa seca durante el primer año de estudio (Cuadro 5).

Sin embargo, en las áreas preparadas, se verificó un incremento en el rendimiento debido al aumento en las poblaciones de gramínea. La *B. decumbens* al ser un especie estolonífera presenta una gran capacidad de resiembra, en el caso específico por porciones de tallos cortados y diseminados en el área de preparación.

La ausencia de respuesta de *B. decumbens* (el componente principal de la pastura) a la fertilización fosforada utilizando fuentes solubles y de baja solubilidad en el área del Chapare, también fue encontrada en otros estudios (Ferrufino, 1984; Vallejos, 1986; Espinosa *et al.*,

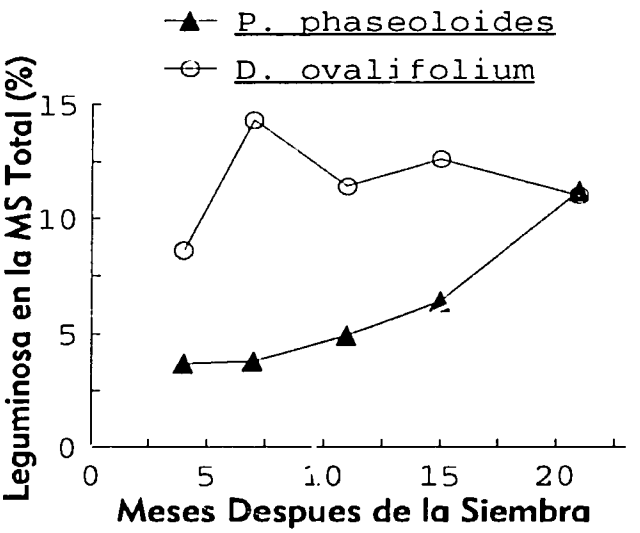


Figura 5.Participación media de desmodio y kudzú en la composición botánica de la biomasa total a través del tiempo.

1989ab). El hecho de que *B. decumbens* tenga bajos requerimientos externos de fósforo (Salinas y Sanz, 1984a) es una explicación a la falta de respuesta encontrada. La presencia de las leguminosas no influyó en los rendimientos, debido probablemente a su baja participación en la biomasa total.

Efecto de las Leguminosas en el Contenido Proteico de la Gramínea

El contenido proteico de la gramínea no estuvo relacionado con la proporción de leguminosas en la pastura (R^2 = 0.12) (Figura 6). El procentaje de proteína en la gramínea alcanzó un promedio de 7.3 ± 1.3% y varió entre 5.5 y 11.6%. Notoriamente, el valor proteico más alto se encontró en una parcela donde el contenido de leguminosa era mínimo, y prosperaba un árbol de *Inga* sp. Esta especie de leguminosa arbórea aparentemente contribuye a un eficiente reciclaje de nutrimentos a través de la abundante hojarasca que desprende y, posiblemente, aporta N por vía nodular. Esta es una indicación de la importancia de la presencia de árboles leguminosos en praderas, dentro del contexto de sistemas silvopastoriles (Budowski, 1980). En los trópicos, existen algunas evidencias de que los pastos crecidos bajo especies leguminosas arbóreas presentan mayor contenido de proteína (Bronstein, 1984).

Se pudo observar que las leguminosas nodularon satisfactoriamente; sin embargo, es probable que por su bajo contenido en la pradera, no se hayan evidenciado mejoras en la calidad proteica de la gramínea. Existen indicios de que el efecto benéfico de las leguminosas en una asociación es notorio en términos de calidad y producción, cuando la proporción de aquellas se encuentra

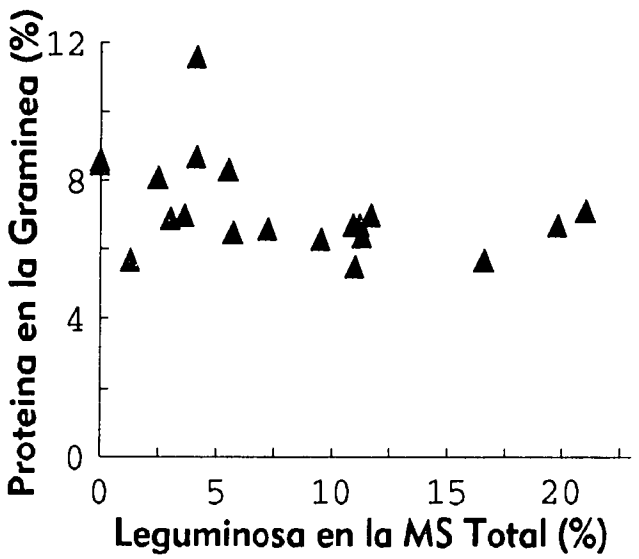


Figura 6.Relación entre la proporción de leguminosas y el contenido de proteína en la gramínea acompañante.

entre 15 a 20% de la biomasa total (Tergas, 1975; Watson y Whiteman, 1981).

CONCLUSIONES

De los resultados de este ensayo se puede concluir lo siguiente:

-La fertilización fosforada no influyó en la población de leguminosas por área, en su cobertura, ni en su proporción en la composicón botánica; tampoco afectó la producción total de biomasa. Este hecho se debió a que las especies evaluadas son tolerantes a suelos bajos en P.

-El grado de laboreo del suelo favoreció el establecimiento, la supervivencia, el desarrollo y la proporción de leguminosas en el pastizal. Redujo inicialmente, la producción de biomasa y el porcentaje de gramínea en la composición botánica.

-La leguminosa *Desmodium ovalifolium* presentó mejor establecimiento y desarrollo inicial que *Pueraria phaseoloides*, aunque ésta última mostró mayor capacidad de colonización y a los 21 meses de la siembra tuvo contenidos similares en la biomasa total que el *D. ovalifolium*.

-El contenido de leguminosas en la pradera no mejoró la proporción de proteína de la gramínea, debido a la baja participación de aquellas en la biomasa total.

PLANES FUTUROS

Debido a la importancia de utilizar pasturas asociadas en la zona, se han indagado otros métodos para incluir de leguminosas en praderas de gramíneas puras. Las experiencias prácticas obtenidas en la Estación Experimental de Chipiriri, han demostrado que también es posible sobresembrar leguminosas sobre pastizales de gramíneas, procediendo a la quema del área a inicios de la época de máxima precipitación o a mediados de invierno (cuando se presentan los frentes fríos del sur) y distribuyendo al voleo la semilla de la leguminosa. El último año se ha sembrado *Desmodium ovalifolium* a una densidad de 2.5 a 3 kg/ha sobre *B. decumbes* y *B. brizantha* en un área de 10 ha, observándose un óptimo establecimiento de la leguminosa.

El manejo del pastoreo en praderas asociadas es un factor determinante para mantener el sistema productivo y con un óptimo balance gramínea-leguminosa. Actualmente se conducen experimentos en las asociaciones de *B. decumbes* y *B. brizantha* con *D. ovalifolium* y *P. phaseoloides* pastoreadas con distintas cargas animales. Próximamente se caracterizará la productividad secundaria de esas asociaciones para obtener información más integral de los sistemas propuestos.

Los estudios en sistemas silvopastoriles son otro aspecto de interés para el Programa de Forrajes del IBTA/Chapare. Al momento, la incorporación de *Erytrina* sp., *Cordia alliodora* dentro de potreros de gramíneas y la siembra de *Gliricidia sepium* como cercos vivos en áreas viejas ha fracasado. Se necesitan estudiar otros métodos de establecimiento. Por otra parte, en terrenos de bosque secundario recién tumbado y quemado para establecimiento de pastos, se ha observado la presencia de altas poblaciones de *Inga* spp. y *Erythrina* nativas y en menor proporción *Schizolobium parahiba*. No se sabe si son rebrotes a plantas nuevas; es probable que algunos bosques secundarios tengan importantes reservas de semillas de esas especies en el suelo. Al presente, se cuenta con algunas áreas donde los árboles después de tres años de la tumba y quema tienen una altura aproximada de 2 a 5m y bajo ellos crece un buen pastizal. Es necesario realizar observaciones más detalladas sobre este tipo de fenómenos.

LITERATURA CITADA

Andrade, R.P. y Ferguson, J.E. 1988. Aspectos de qualidade de sementes relacionados ao estabelecimento de pastagens. Documento presentado en la VI Reunión del Comité Asesor de la Riept. Veracruz, México, 41 p.

Association of Official Agricultural Chemist (AOAC). 1984. En S. Williams (ed.) Official methods of analisis. 14 ed. Arlington, Va. 1141 p.

Bronstein, G.E. 1984. Producción comparada de una pastura de Cynodon plectostachyus asociada con árboles de Cordia alliodora, con árboles de Erytrina poeppigiana y sin árboles. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, UCR/CATIE 110 p.

Budowski, G. Copilación de ventajas y desventajas de sistemas agroforestales (presencia de árboles en cultivos alimenticios o en pasto), en comparación con monocultivos. Turrialba, Costa Rica, CATIE 2p.

Cochrane, T.T. 1982. Caracterización agroecológica para el desarrollo de pasturas en suelos ácidos de américa tropical. En J.M. Toledo (ed.) Manual para la evaluación agronómica, Red Internacional de Pastos Tropicales. Cali, Colombia, CIAT. pp 23-44.

Cook, S.J. 1980. Establishing pasture species in existing swards: a review. Tropical Grasslands 14(3):181-187.

Couto, W, Gomes, D.T., Leite, G.G. y Silva, C.S. 1983. Legume establishment on native pastures of cerrados. Pesquisa Agropecuaria Brasileira 18(12):1349-1354.

Dias Filho, M.B. y Serrao, E.A.S. 1982. Recuperaçao, melhoramento e manejo de pastagens na regiao de Paragominas Pará. Belém, Brasil, EMBRAPA-CPATU, Documentos, 5, 24 p.

Espinosa, J., Gutierrez, F. y Villegas, V. 1989a. Fuentes de fósforo en la fertilización de praderas de Brachiaria decumbens. Forrajes y Semillas Forrajeras 8:62-64.

Espinosa, J., Gutierrez, F. y Villegas, V. 1989b. Franjas de Pueraria phaseoloides incorporadas en praderas viejas de Brachiaria decumbens. Forrajes y Semillas Forrajeras 8:55-61.

Falvey, L. 1979. Establishment of two Stylosanthes species in a Urochloa mozambicensis dominant sward in the daly river basin. The Journal of the Asutralian Institute of Agriculture Science. pp 69-71.

Ferrufino, A. 1984. Respuesta de una pradera degradada de Brachiaria decumbens a la aplicación de roca fosfórica y abonos orgánicos concentrados. En Informe Anual 1983-1984 E.E. Chipiriri. Cochabamba, Bolivia, IBTA. 12 p.

Ferrufino, A. 1989. Efecto de la carga animal en la productividad y persistencia de Brachiaria decumbens asociada con Desmodium ovalifolium y Pueraria phaseoloides. Boletín No. 12 Proyecto IBTA CHAPARE. Cochabamba, Bolivia 9p.

Fisher, M.J. 1975. The competence between plants. En Management of improved tropicals pastures, refresher course. St. Lucia, Australia, University of Queensland. pp. 29-35.

Fox, R.L. y Kamprath, E.J. 1970. Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirements of soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34:902-907.

Haydock, K.P. y Shaw, N.H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield pasture. Aust. J. Exper. Agric. An. Husb. 15:663-670.

Howeler, R.H. 1983. Análisis de tejido vegetal en el diagnóstico de problemas nutricionales: algunos cultivos tropicales. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultural Tropical. 28p.

Kretschmer Jr., A.E. 1988. Consideraciones sobre factores que afectan la persistencia de leguminosas tropicales. Pasturas Tropicales 10(1):28-33.

Low, A.J. 1972. The effect of cultivation on the streuture and other physical characteristics of grassland and arable soils (1945-1970). J. Soil Sci. 23(4):363-380.

Michielin, A., Ramírez, A. Lotero, J. y Alarcón, E. 1976. Métodos de establecimiento de leguminosas forrajeras tropicales en potreros. Revista ICA 1194:339-348.

Ramia, M., Fernández, J.E. 1976. Desarrollo de pastizales en el trópico húmedo: su ecología y economía. En El uso de normas ecológicas para el desarrollo en el trópico húmedo americano. Actas de la Reunión Internacional celebrada en Caracas, Venezuela, 1974. Morges, Suiza, UICN. pp. 225-237.

Robbins, G.B., Rickert, K.G. y Humphreys, L.R. 1986. Productivity decline in sown tropical rass pastures with age: the problem and the possible solutions. Proc. Austr. Soc. An. Prod. 16:319-322.

Salinas, J.G. y Sanz, J.I. 1984a. Selección y evaluación de pastos tropicales en condiciones de alta concentración de aluminio y bajo contenido de fósforo disponible. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical 50p.

Salinas, J.G. y Sanz, J.I. 1984b. Síntomas de deficiencia de macronutrimientos y nutrimientos secundarios en pastos tropicales. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 26 p.

Sánchez, P.A. 1981. Suelos del trópico; características y manejo. San José. Costa Rica, IICA. 634 p.

Santhirasegaram, K. 1975. Manejo de praderas de leguminosas y gramíneas en un ecosistema de selva lluviosa tropical en Perú. En E. Bornemisza y A. Alvarado (eds.) Manejo de Suelos en la América tropical. North Carolina State University, Raleigh, pp 445-466.

Scott, J.M., Izham, A. 1986. Introducing new forage species into existing vegetation. En Blair, G.J, Ivory, D.A. y Evans, T.R. eds. Forages in the Southeast Asian and South Pacific Agriculture. Proc. of Intern. Agric. Res. pp. 170-178. (Proceedings Series No. 12).

Serrão, E.A.S., Falesi, I.C., Da Veiga, J.B. y Teixeira Neto, J.F. 1979. Productividad de praderas cultivadas en suelos de baja fertilidad de la amazonia del Brasil. En L. E. Tergas y Pedro A. Sánchez (eds.) Producción de pastos en los suelos ácidos de los trópicos. Cali, Colomiba, CIAT. pp 211-243.

Serrão, E.A.S. 1986. Pastagens em àrea de floresta no trópico úmido brasileiro: conhecimentos atuais. Anais do 1° Simpósio do Trópico Umido, Belém, Brasil, 1984. Brasilia, Brasil, EMBRAPA-CPATU. pp147-174.

Tergas, L.E. 1975. Factores que afectan la persistencia de las leguminosas forrajeras en asociaciones de leguminosas y gramíneas tropicales. En Conferencia sobre ganadería y avicultura en América Latina. Universidad de Florida. p. irr.

Tergas, L., Pladines, O., Kleinheisterkamp, I. y Velasquez, J. 1983. Productividad animal en praderas naturales con pastoreo suplementario en Pueraria phaseoloides en los llanos orientales de Colombia. Producción Animal Tropical 8(3):203-211.

't Mannetje, L. y Haydock, K.P. 1963. The dry-weight-rank method for the botanical analysis of pasture. J. British Grassland Soc. 18:268-275.

Vallejos, A. 1986. Niveles de nitrógeno, fósforo y potasio en la producción de forraje de Brachiaria decumbens. Pasturas Tropicales-Boletín 8(1):15-17.

Watson, S. y Whiteman, P. 1981. Grazing studies on the Guadalcanal plains, Solomon Islands. 2 Effects of pasture mixtures and stocking rate on animal production and pasture components. J. of Agric. Sci. (Cambridge) 97:353-364.

Zimmer, A.J., Pimentel, D.M., Valle do, C.B. y Seiffert, N.F. 1986. Aspectos prácticos ligados à formacão de pastagens. Campo Grande, Brasil, EMBRAPA-CNPGC. Circular Técnica 12. 42p.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración del Ing. Franklin Lastra y las sugerencias realizadas por los Drs. Miguel Ara y T. Jot Smyth.

Problemas y Perspectivas en la Producción de Pastos: Experiencias en Suelos del Trópico Húmedo

Milton Villarreal Castro[1]

INTRODUCCION

Las Regiones Huetar Norte y Atlántica de Costa Rica representan el 37.2% del territorio nacional con 19014.9 km^2 (SEPSA, 1989). Los suelos de ambas regiones se encuentran principalmente en ecosistemas del trópico húmedo y muy húmedo y de ellos aproximadamente el 37% son áreas dedicadas a pastizales, bien como cultivo solo o en combinación con charral, bosque o árboles dispersos (SEPSA, 1989).

Tanto en la Región Huetar Norte como la Atlántica, la actividad ganadera (carne y leche) representa un sistema de producción relevante y con un aporte considerable dentro de la economía nacional. Las pasturas encontradas en estos ecosistemas pueden agruparse en praderas naturalizadas o "potrero", en las que tradicionalmente se encuentran especies como *Paspalum conjugatum*, *Paspalum notatum*, *Axonopus compressus* y *Digitaria* sp. y más recientemente y con un avance agresivo la especie *Ischaemum ciliare* [*I. indicum*]; para 1982, esta especie representaba el 15.5% de las áreas de pasto de la Región Huetar Norte y el 14.5% en la Región Huetar Atlántica (SEPSA, 1983). El otro grupo lo componen las pasturas cultivadas con especies normalmente consideradas mejoradas como *Cynodon nlemfluensis*, *Brachiaria* sp., *Setaria sphacelata*, *Panicum maximum* y *Pennisetum purpureum*.

En el primer grupo, las especies naturalizadas muestran con frecuencia buena adaptación y son manejadas principalmente en una forma extensiva; presentan, sin embargo, un escaso potencial de producción para la actividad ganadera (Romero *et al.*, 1989) y son en algunos casos (*Ischaemum ciliare*) especies con una alta capacidad de propagación, un alto poder invasor y en consecuencia, con una alta capacidad de competencia y desplazamiento de las especies normalmente aceptadas como deseables. En el segundo caso, las especies mejoradas muestran un potencial moderado para la producción de forraje pero a su vez requieren de condiciones ventajosas de manejo y fertilidad del suelo.

La presencia de suelos con limitaciones físicas (drenaje imperfecto o pobre) y químicas (condiciones de acidez, baja saturación de bases y baja concentración de P), manejo inadecuado de los sistemas de pastoreo (poco período de descanso del pasto, alta carga animal en algunas áreas y en algunas épocas), uso de especies forrajeras con altas demandas de nutrientes no suplidos naturalmente por las condiciones de fertilidad del suelo ni artificialmente mediante las prácticas de establecimiento y mantenimiento del repasto, y la presencia de factores bióticos adversos (proliferación de malezas, susceptibilidad a plagas y enfermedades, conducen y aceleran el problema de la degradación de las pasturas. Este fenómeno podría entenderse como la disminución en la cobertura vegetal de la especie deseable y pérdida de la productividad de la pastura lo que conduce a problemas de erosión, lixiviación e invasión de malezas. Los orígenes de la falta de persistencia están en el tipo de especie sembrada y en el manejo del pastoreo (CIAT, 1986).

En los últimos 10 años los procesos de degradación de pasturas en las condiciones del trópico húmedo de las zonas Norte y Atlántica de Costa Rica, han estado acompañados por la proliferación de especies de gramíneas controversiales, tales como la Ratana (*Ischaemum ciliare*) (Hunter, 1987). Estudios comparativos acerca del comportamiento y potencial forrajero de esta especie y otras gramíneas de uso actual y potencial en condiciones del trópico húmedo (Villarreal, 1981; Miranda *et al.*, 1989a; Mora *et al.*, 1989b; Villarreal, 1990), revelan una marcada desventaja del *Ischaemum ciliare* en relación a especies mejoradas de uso común como *Cynodon nlemfluensis*, *Brachiaria ruziziensis*, *Brachiaria decumbens*, *Setaria sphacelata* y *Cynodon dactylon*; también en relación a otras menos utilizadas como *Axonopus micay* y *Hemarthria altissima*, así como cuando se le compara con nuevas introducciones como *Brachiaria brizanta*, *Brachiaria humidicola*, *Brachiaria dictyoneura*, *Panicum maximum* y *Andropogon gayanus*.

Las anteriores opciones no todas ofrecen las características de alta producción y sostenibilidad deseables, por esta razón, se ha promovido un esfuerzo desde 1987 (CIAT, 1988; CIAT, 1989) por sistematizar la investigación en pastos conducente a la selección de especies que mejoren cuantitativa y cualitativamente las pasturas. Dentro de estos nuevos recursos se esperaría que tanto gramíneas como leguminosas fueran la base de la alimentación animal en sistemas de pastoreo. El uso de estos forrajes, principalmente leguminosas, y sus posibilidades de manejo en asociación con gramíneas no ha sido tarea fácil, ni a nivel experimental y mucho menos a nivel comercial (Hutton, 1979; Kretschmer, 1988); sin embargo, sus potencialidades en la recuperación de pasturas, optimización de la eficiencia en el reciclaje de nutrientes y aumentos en la productividad de los sistemas de pastoreo, justifica la investigación en la identificación de nuevas alternativas. Algunos resultados preliminares de los beneficios de una asociación gramínea-leguminosa bajo evaluación en pastoreo en nuestro medio han sido publicados (Romero *et al.*, 1989).

El manejo de estas especies, sus limitaciones y potencialidades será el tema central de este trabajo que resume dos investigaciones. La primera, concluida en su fase inicial, es una evaluación sobre adaptación y producción de diversos materiales de gramíneas y

[1] Profesor adjunto. Departamento de Agronomía, Instituto Tecnológico de Costa Rica-Sede de San Carlos. San Carlos, Alajuela, Costa Rica.

leguminosas, tanto locales como nuevas introducciones. La segunda, investigación actualmente en curso, trata sobre la posibilidad de mejoramiento de una pastura con vegetación dominante de *Ischaemum ciliare* a través de la incorporación de algunos materiales probados en el primer trabajo y mediante el remplazo inicial del 50% del pasto naturalizado.

El objetivo general de tales trabajos es la determinación de especies de gramíneas y leguminosas que puedan lograr rendimientos ecológicamente sostenibles con un mínimo de insumos y que puedan ser eventualmente la alternativa para la sustitución parcial o total de pasturas naturalizadas de bajo rendimiento.

Los objetivos específicos son:

a. Determinar las curvas de crecimiento y producción total (kg MS/ha/corte) de diferentes accesiones de gramíneas y leguminosas a las edades de 3, 6, 9 y 12 semanas de rebrote durante dos épocas del año (máxima y mínima precipitación).

b. Determinar la tasa media de crecimiento (kg/ha/día) de diferentes accesiones de gramíneas y leguminosas en las épocas de máxima y mínima precipitación.

c. Evaluar la susceptibilidad de diferentes materiales forrajeros al ataque de insectos, enfermedades e invasión de malezas durante las épocas de máxima y mínima precipitación.

d. Evaluar la factibilidad de sustitución de especies naturalizadas de escaso valor forrajero (*I. ciliare*) a través de la eliminación parcial y remplazo con diferentes especies de gramíneas y leguminosas (introducidas y locales), utilizando métodos de bajo costo y fácil adopción.

e. Determinar ventajas comparativas en el uso de diferentes alternativas de especies remplazantes de la vegetación "nativa" a través de la evaluación de cambios cualitativos y cuantitativos de la pastura mejorada (establecida), respecto a la original.

MATERIALES Y METODOS

Experimento 1

Esta evaluación fue realizada en la localidad de Santa Clara, (San Carlos), a 10°20' latitud norte, 84°32' longitud oeste y a una elevación de 172msnm. El período experimental abarcó de junio de 1988 a octubre 1989. La clasificación de zona de vida corresponde a Bosque Tropical Húmedo, transición a muy Húmedo; el suelo pertenece al orden de los Entisoles, de origen aluvial, caracterizado por su topografía plana, textura moderadamente pesada en la capa superficial y a través de su perfil; presenta como principales limitaciones un drenaje imperfecto y pedregosidad superficial ocasional.

El análisis químico del suelo del área experimental (Cuadro 1) revela niveles de K, Ca y Mg de medios a altos, una concentración limitante de P, un pH ligeramente ácido, sin problemas de concentración de Al, niveles medios de Cu, Fe, Zn y Mn y una buena concentración de materia orgánica.

Cuadro 1. Características químicas de las áreas para los experimentos 1 (Santa Clara, San Carlos) y 2 (Pital, San Carlos).

	pH	K	Ca	Mg	Al	P	Zn	Cu	Mn	Fe	M.O.
		--cmol(+)/kg--				--------mg/kg--------					%
Santa Clara	6.0	0.53	8.6	3.2	0.25	5.5	2.2	5	7	18	5.6
Pital	4.5	0.22	4.2	1.4	0.45	3.0	10.0	16	19	56	4.8

El promedio anual de precipitación (1978-1985) es de 3062mm con una distribución mensual promedio para los años 1988 y 1989 según el Cuadro 2. La temperatura promedio anual es de 26.7°C con un promedio mínimo de 21.3°C, un promedio máximo de 29.9°C y una humedad relativa promedio de 85%. La vegetación inicial era pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfluensis*) utilizado en un sistema de producción de carne en donde no existió la práctica de fertilización.

La investigación consistió en 2 ensayos individuales; en uno se evaluaron 31 leguminosas provenientes de la Unidad de Recursos Genéticos del CIAT (Colombia) y en el otro se probaron 17 gramíneas, 10 provenientes del CIAT y 7 de origen local. En ambos casos el arreglo de los tratamientos correspondió a un factorial (especie x edad de corte) aleatorizados según un diseño de bloques en parcelas divididas en donde se consideró como parcela principal la especie o accesión y como subparcela la edad de corte. Cada tratamiento fue replicado 3 veces. La dimensión de las parcelas experimentales fue de 2.5 x 5.0m con separaciones de 2.0m entre bloque. La subparcela consistió en franjas de 2.5 x 1.0m. Las accesiones tanto gramíneas como leguminosas evaluadas se presentan en el Cuadro 3.

La preparación del suelo consistió en la eliminación de la vegetación original mediante chapea mecánica y aplicación de herbicida (glifosato); posteriormente se aró y rastreó. Este proceso se realizó entre marzo y mayo de 1988.

Todas la especies provenientes del CIAT se sembraron con semilla botánica mientras que las locales fueron establecidas con semilla vegetativa. La semilla de

Cuadro 2. Precipitación mensual promedio (1988-89) para las localidades de Santa Clara[a] y Pital[b], San Carlos.

MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	----------mm----------											
Sta. Clara	194	103	64	45	162	327	453	563	504	681	196	295
Pital	204	139	77	94	241	375	402	441	286	290	291	314

[a] Estación Meteorológica ITCR, Santa Clara, San Carlos.
[b] Agencia de Estension Agrícola del MAG, Pital, San Carlos.

Cuadro 3. Germoplasma en evaluación (ITCR, Santa Clara, San Carlos).

Accesion	NO. Del CIAT	Nombre Vulgar
Gramineas		
Andropogon gayanus	621, 6053	Andropogon
Brachiaria humidicola	6369	Brachiaria
Brachiaria dictyoneura	6133	Brachiaria
Brachiaria brizantha	6387, 6780	Brachiaria
Panicum maximum	622,673, y 6299	Guinea
Brachiaria decumbens	606	Brachiaria
Brachiaria decumbens	local	Brachiaria
Brachiaria ruziziensis	local	Ruzi o Congo
Setaria sphacelata	local	San Juan Morado
Cynodon nlemfuensis	local	Estrella africana
Axonopus micay	local	Gramalota
Ischaemum ciliare	local	Rataria
Hemarthria altissima	local	Limpo
Leguminosas		
Arachis pintoi	17434	
Centrosema brazilianum	5234, 5657, y 5178	
Centrosema macrocarpum	5713, 5065, 5740, 5744, y 5727	
Centrosema plumieri		
Centrosema pubescens	438, 5189, y 442	
Centrosema acutifolium	5277 y 5568	
Desmodium heterophillum	3782 y 349	
Desmodium ovalifolium	350, 3788, y 3793	
Pueraria phaseoloides	9900	
Stylosanthes capitata	10280 y 1097	
Stylosanthes guianensis	136, 184, 10136, y 1280	
Zornia glabra	7847 y 8283	
Zornia latifolia	728 y 9199	

leguminosa no fue inoculada. La siembra se hizo en surcos cad 50cm a una profundidad de 2cm para el case de semilla botánica y a 5-8cm en caso de semilla vegetativa. Todos los tratamientos fueron fertilizados al fondo del surco con 50 kg P2O5/ha, 20 kg Mg/ha y 20 kg S/ha. Un año después de la siembra se realizaron dos fertilizaciones de mantenimiento en las gramíneas, proporcionando un total de 50 kg N/ha, 30 kg P2O5/ha y 30 kg K2O/ha, distribuidos al voleo sobre la parcela.

La metodología de evaluación se hizo de acuerdo a lo establecido para los ensayos tipo B (CIAT, 1982), cuyo énfasis es la evaluación de la productividad de cada accesión como mejor índice para medir la adaptación de los diferentes materiales al medio. Para ello se realizaron evaluaciones iniciales en la fase de establecimiento a 4, 9 y 14 semanas post-siembra para registrar el número de plantas/m^2, cobertura (%), altura de las plantas y daños por insectos y enfermedades. Posteriormente, en los períodos de máxima y mínima precipitación se realizaron cortes a 3, 6, 9 y 12 semanas de rebrote para la determinación del rendimiento de materia seca (MS); para ello se realizaron cortes manuales en un área de 1m^2 a 5-10cm de altura para especies de crecimiento postrado, 10-15cm para semi-erectas y 15-30cm para las erectas. Las muestras fueron secadas a 60°C por 48 h para determinación de MS.

Paralelamente se tomó información sobre la cobertura (%), altura de plantas y susceptibilidad al ataque de plagas, enfermedades e invasión por malezas. Las labores de mantenimiento, en el total del período experimental, incluyeron 6 deshierbas manuales, principalmente en las parcelas de leguminosas y durante los primeros 4 meses de establecimiento.

Experimento 2

Esta investigación (actualmente en curso) es ejecutada en la localidad de Pital (San Carlos) a 10°27' latitud norte, 84°16' longitud oeste y a una elevación de 153msnm. La clasificación de zona corresponde a Bosque Tropical Húmedo, transición a muy húmedo y el suelo pertenece al orden de los Inceptisoles, con topografía plana y una textura franco-arcillosa. El análisis químico del área experimental (Cuadro 1) muestra niveles ligeramente bajos de Ca, Mg y K, un contenido medio a bajo de Al, un valor limitante de P, un pH ácido, contenidos medios de Cu, Mn, Fe y Zn y un contenido medio de materia orgánica.

El promedio anual de precipitación (1978-1989) es de 3063mm con una distribución mensual promedio para los años 1988 y 1989 según el Cuadro 2. La vegetación antes del estudio estaba compuesta por una proporción superior al 95% de pasto Ratana (*Ischaemum ciliare*). Estas áreas eran utilizadas en un sistema de ganadería de leche sin fertilizaación.

Se evaluaron un total de 8 tratamientos (7 especies remplazantes de la vegetación original y un testigo que no contenía especie remplazante) en parcelas de 5 x 4m. Las especies consideradas son:

No. de Tratamiento	Especie
1	*Setaria sphacelata* (San Juan morado)
2	*Axonopus micay* (Gramalota)
3	*Brachiaria humidicola* CIAT 6369
4	*Brachiaria dityoneura* CIAT 6133
5	*Hemarthria altissima* (Limpo)
6	*Arachis pintoi* CIAT 17434
7	*Desmodium ovalifolium* CIAT 350
8	Testigo (sólo Ratana)

Los tratamientos fueron establecidos según un diseño de bloques al azar con 3 repeticiones. Con excepción del testigo, a las parcelas correspondientes a los otros tratamientos se les aplicó herbicida (100 g de diuron + 140 ml de paraquat/16 L) en una franja central de 2 x 5m. Una vez quemada la vegetación (1 mes después de aplicado el producto), se preparó la franja de suelo mediante el uso de un rotavator y se procedió a sembrar (setiembre de 1989) la especie remplazante en cuatro surcos separados 50cm. Todas las especies fueron sembradas con material vegetativo sustituyendo así el 50% de la vegetación original.

Una semana después de la siembra y únicamente en los tratamientos con gramíneas, se fertilizó al surco con 22 kg N/ha, 66 kg P2O5/ha y 22 kg K2O/ha. A las siete semanas post-siembra se aplicaron 40 kg N/ha a la franja con la especie remplazante, así como 100 kg P2O5/ha, 33 kg N y 33 kg K2O/ha a la franja con la leguminosa remplazante. A los 3 meses post-siembra se aplicó 20 kg N/ha en las franjas de la gramínea introducida y a la parcela total del testigo. A las 7 semanas post-siembra se realizó una deshierba manual en las franjas de *Arachis pintoi* y *Desmodium ovalifolium* y una aplicación de herbicida (Picloram + 2,4-D) a las franjas con las gramíneas remplazantes para ayudar a la fase de establecimiento de las especies introducidas.

Durante la fase de establecimiento (primeros 4 meses) se efectuaron mediciones mensuales de la composición botánica mediante el método de la intercepción de puntos (Mueller y Ellenberg, 1974), colocando el marco igual número de veces en las franjas de Ratana y la franja central de la especie remplazante. Posteriormente se inició la fase de muestreos por corte manual para la determinación de la productividad de MS; para ello se cosechó un área correspondiente a 2m2 distribuidos en 2 marcos de 1 x 1m ubicados al azar a lo largo del eje marcado por el límite entre el área del Ratana y el área sembrada.

El material cosechado fue transportado al laboratorio para la separación manual en las siguientes categorías: especie sembrada o remplazante, Ratana, otra vegetación de hoja ancha y otras gramíneas. Con base a estas mediciones se estableció la composición porcentual en base fresca (Tothill, 1978). Una submuestra, guardando las mismas proporciones de vegetación, fue secada a 60°C por 48 horas. Posterior al muestreo, las parcelas reciben un corte de uniformación. Las alturas de corte varían según el porte y arquitectura de la especie. Los cortes se realizan con un intervalo fijo de 35 días tomándose información además de la altura de las plantas antes y después de cada cosecha.

Cuadro 4. Cobertura y altura de gramíneas en la fase de establecimiento (ITCR, Santa Clara, San Carlos)[a].

ACCESION	COBERTURA[b]	ALTURA
	%	cm
A. gayanus 621	80a	142
A. gayanus 6053	78a	132
B. brizantha 6387	93a	82
B. brisantha 6780	100a	132
B. decumbens 606	97a	78
B. dictyoneura 6133	77a	80
B. humidicola 6369	27b	40
P. maximum 622	98a	146
P. maximum 673	100a	161
P. maximum 6299	100a	199
A. micay (local)	80a	68
B. decumbens (local)	85a	83
B. ruziziensis (local)	85a	80
C. nlemfuensis (local)	85a	104
H. altissima (local)	85a	107
I. ciliare (local)	95a	55
S. sphacelata (local)	80a	123

[a] Evaluación a 14 meses post-siembra.
[b] Valores con igual letra no diferen estadísticamente ($p<0.05$).

Cuadro 5. Cobertura y altura de leguminosas en la fase de establecimiento (ITCR, Santa Clara, San Carlos).

ACCESION	COBERTURA[a]	ALTURA
	%	cm
D. heterophillum 349	100a	22
C. brasilianum 5178	95ab	21
C. plumieri	95ab	28
S. guianensis 136	95ab	81
D. ovalifolium 350	91abc	23
S. guianensis 184	91abc	74
Z. glabra 8283	91abc	39
C. brasilianum 5657	81abcd	20
C. pubescens 5189	81abcd	14
D. heterophillum 3782	81abcd	6
Z. glabra 7847	81abcd	30
Z. latifolia 9199	81abcd	20
C. macrocarpum 5744	68abcde	27
Z. latifolia 728	68abcde	23
C. macrocarpum 5740	63abcdef	44
C. macrocarpum 5065	59abcdefg	28
C. macrocarpum 5713	59abcdefg	27
D. ovalifolium 3793	59abcdefg	18
P. phaseoloides 9900	59abcdefg	28
C. acutifolium 5568	48abcdefgh	18
C. macrocarpum 5737	48abcdefgh	28
S. guianensis 1280	48abcdefgh	42
C. brasilianum 5234	45bcdefgh	15
C. pubescens 438	45bcdefgh	20
D. ovalifolium 3788	40cdefgh	17
S. guianensis 10136	35defgh	31
S. capitata 10280	20efgh	39
S. capitata 1097	13fgh	33
C. pubescens 442	10fg	15
C. acutifolium 5277	2h	13

[a] Evaluación a 14 meses post-siembra.
[b] Valores con igual letra no diferen estadísticamente ($p<0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSION

Experimento 1

Tanto la cobertura como la altura de las plantas son

parámetros importantes para determinar la capacidad de colonización del terreno y vigor de la planta; sin embargo, la altura per se de la pastura da quizá una mejor idea del forraje potencialmente disponible en un determinado momento.

Al final del período de establecimiento (14 semanas post-siembra) sobresalieron los 3 ecotipos de *Panicum maximum* (622, 673 y 6299), así como la *Brachiaria brizantha* 6387 y 6780 y *Brachiaria decumbens* 606. El comportamiento más pobre lo presentó la *Brachiaria humidicola* con sólo 27% de cobertura lo que puede atribuirse a la baja germinación de la semilla. Las especies locales (sembradas vegetativamente) se establecieron en forma aceptable con coberturas finales entre 80 y 95% (Cuadro 4).

Las mejores alturas fueron registradas para las especies de porte erecto y semi-erecto como *Andropogon gayanus*, *Panicum maximum*, *Brachiaria brizantha* 6780 y *Setaria sphacelata*. El porte menor correspondió a *Brachiaria humidicola* 6369 e *Ischaemum ciliare* aunque la densidad de forraje en estas especies fue sensiblemente mayor.

Por otra parte, sólo se registró presencia de algunos insectos y enfermedades sin ocasionar daños considerables. La lesión más frecuente fue causada por el complejo pulguilla-homóptera y comedores. También se presentó lesión por mancha crema (hongo) principalmente en el género *Brachiaria*.

Las leguminosas fueron más lentas en establecerse (Cuadro 5) sobresaliendo *Stylosanthes guainensis* 136 y 184, *Desmodium ovalifolium* 350, *Desmodium heterophyllum* 349 y 3782, *Centrosema brasilianun* 5178 y 5657, *Centrosema plumieri*, *Zornia glabra* 8283 y 7847, *Zornia latifolia* 9199 y *Centrosema pubescens*. El resto de las leguminosas presentaron coberturas a 14 semanas post-siembra, inferiores a 70%. La altura registrada

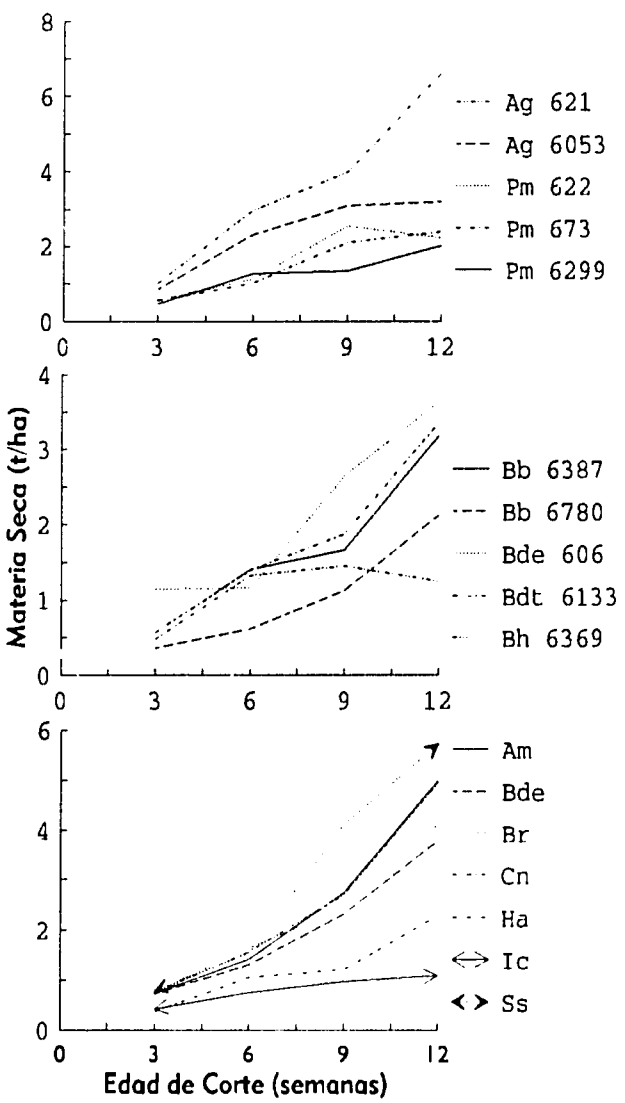


Figura 1. Producción de MS de 17 gramíneas en la época de mínima precipitación, segun la edad de corte (ITCR, Santa Clara, San Carlos).

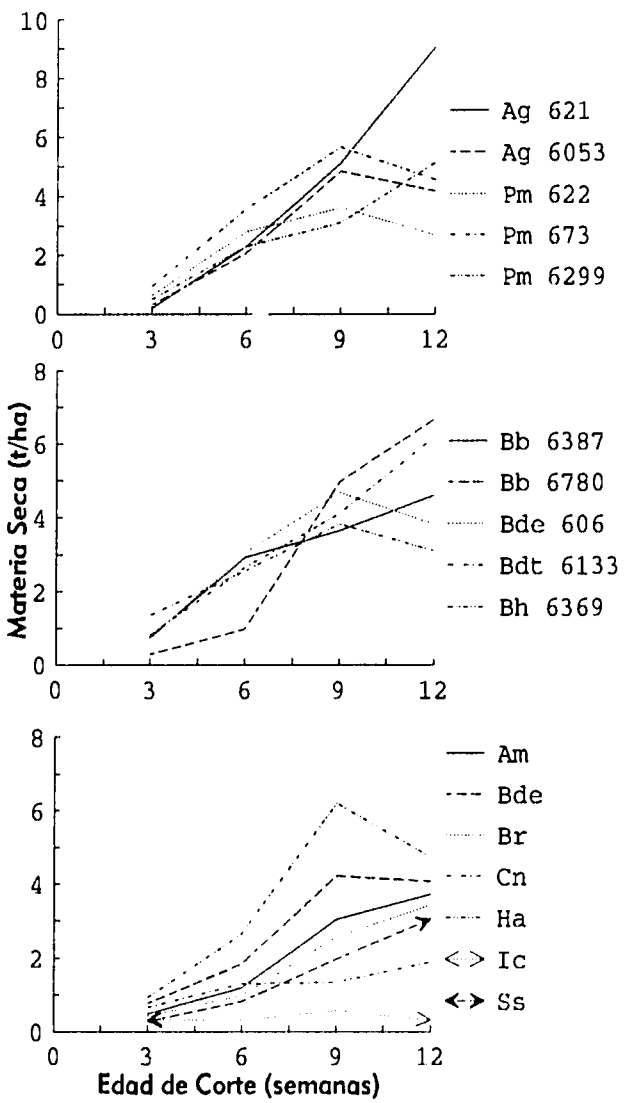


Figura 2. Producción de MS de 17 gramíneas en la época de máxima precipitación según la edad de corte (ITCR, Santa Clara, San Carlos).

muestra la alta variación en la morfología de los distintos materiales, desde aquellos erectos y de porte alto (*S. guianensis*) hasta otros de porte medio y hábito enredador (Centrosema y Pueraria) o aquellos marcadamente rastreros (*D. heterophyllium* 3782). Estas observaciones están relacionadas con la capacidad de competencia con malezas así como con las posibles alternativas de uso en asociaciones compatibles con gramíneas.

Durante la fase de establecimiento se presentó daño leve por comedores principalmente en el género *Centrosema* y moderado en *Pueraria phaseoloides*. El daño más severo fue presentado por clorosis y muerte en los ecotipos de *Stylosanthes capitata* 1097 y 10280 lo que demuestra una clara desventaja en la adaptación de estos materiales a las condiciones ecológicas del ensayo. Con excepción de los dos anteriores casos puede considerarse que todos los materiales (gramíneas y leguminosas) mostraron una adaptación aceptable aunque las leguminosas en general presentaron mayores problemas de invasión de malezas en los primeros 3 meses de establecimiento.

Las producciones de materia seca en gramíneas (Figuras 1 y 2) muestran el buen comportamiento de *A. gayanus* 621 y 6053, *B. decumbens* 606, *S. sphacelata*, *A. micay*, *H. altissima*, *B. ruziziensis* y *B. decumbens* (local) principalmente en la época de mínima precipitación. Los rendimientos más bajos fueron obtenidos con *I. ciliare*, *B. humidicola* 6369, *B. brizantha* 6780, *C. nierufluensis*, *Panicum maximun* 673, 622 y 6299. La primera especie (*I. ciliare*) mostró una baja capacidad de rebrote siendo su tasa media de crecimiento de 13,2 kg MS/ha/día, mientras que en promedio las mejores especies alcanzaron tasas medias de 56 kg MS/ha/día. El bajo rendimiento de los otros tratamientos está asociado con requerimientos de nutrientes (N y P) normalmente superiores en esas especies. Por otra parte, *I. ciliare* sobresalió en esta etapa por lograr coberturas cercanas al 100% aunque su altura no alcanzó los 20cm aún a 12 semanas de rebrote. Los daños por insectos y enfermedades fueron generales y muy leves en todas las accesiones sin llegar a ser un factor limitante en la producción en esta etapa.

El régimen de lluvias y humedad del suelo en el período de máxima precipitación causó una reducción en el buen desempeño de las especies *A. gayanus* 621, 6053, *S. sphacelata* y *A. micay*. A las edades principalmente de 6 y 9 semanas de rebrote, sobresalieron *P. maximum* 6299, *B. decumbens* 606, *B. decumbens* (local) y *H. altissima*. La especie *A. gayanus* 621 mostró buen comportamiento a las 9 y 12 semanas de rebrote al igual que *B. brizantha* 6780.

En general el género *Brachiaria* y *H. altissima* mostraron una mejora en la producción en la época de máxima precipitación. Síntomas de deficiencias de N y P así como el daño por insectos y enfermedades y la pudrición de cepas, durante la época de máxima precipitación, estuvieron asociados con la disminución del buen comportamiento mostrado en la fase previa (mínima precipitación) por las especies *A. gayanus*, *S. sphacelata* y *A. micay*.

El rendimiento más pobre nuevamente fue mostrado

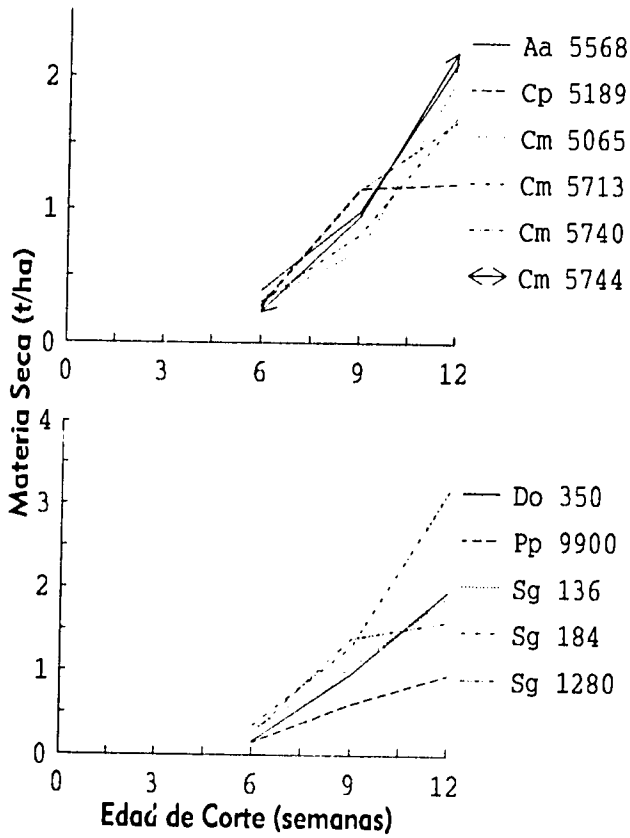


Figura 3. Producción de MS de 11 leguminosas en la época de mínima precipitación, según la edad de corte (ITCR, Santa Clara, San Carlos).

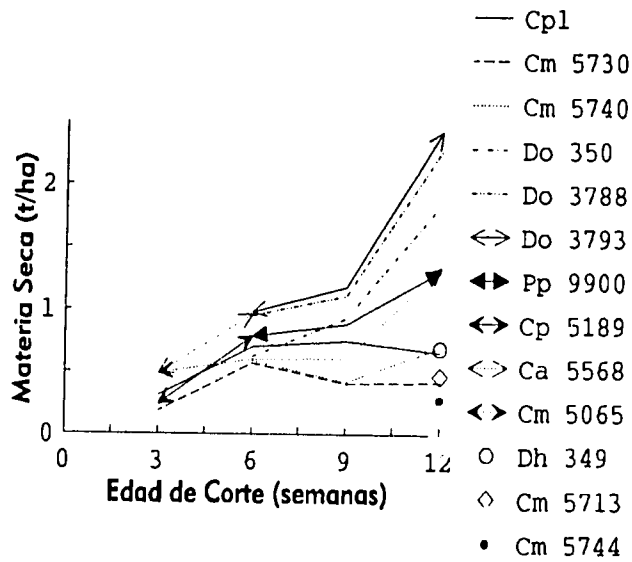


Figura 4. Producción de MS de diferentes leguminosas en la época de máxima precipitación, según la edad de corte (ITCR, Santa Clara, San Carlos).

por *I. ciliare* quién exhibió además de síntomas de deficiencias minerales, una alta susceptibilidad al ataque de "baba de culebra" o "salivazo"(*Aeneolamia* sp.). La tasa de crecimiento de este pasto fue de 8.1 kg MS/ha/día, mientras que para el grupo de mayor rendimiento la tasa media fue de 81.1 kg MS/ha/día y para el grupo intermedio fue de 49.1 kg MS/ha/día.

En la fase de producción de leguminosas, no todas las accesiones fueron evaluadas pues sólo se muestrearon los tratamientos cuya especie ofreciera material para la cosecha. La edad de rebrote de 3 semanas fue suficiente para todos los materiales. Por otra parte, sólo se presentan los resultados de aquellos tratamientos que pudieron ser muestreados en las 3 repeticiones.

Las curvas de producción obtenidas (Figuras 3 y 4) sugieren un comportamiento superior, en época de mínima precipitación, en *C. acutifolium* 5568, *C. macrocarpum* 5740 y 5744, *D. ovalifolium* 350, *S. guianensis* 1280 y 136 y principalmente *S. guianensis* 184. Las mayores variaciones entre especies ocurrieron a la edad de 12 semanas de rebrote. Las tasas medias de producción oscilaron desde 11.3 kg MS/ha/día para *P. phaseoloides* 9900 hasta 35.0 kg MS/ha/día para *S. guianensis* 184.

La principal pérdida de parcelas en esta época estuvo asociada con un ataque moderado de insectos (Trips-ácaros, comedores y pulguilla-homóptera) así como una clorosis y muerte en *S. capitata*, lo que condujo a una alta proliferación de malezas de hoja ancha. A las 9 y 12 semanas algunos ecotipos exhibían coberturas cercanas al 100% tales como *C. acutifolium* 5277, *C. pubescens* 5189, *C. macrocarpum* 5065, 5713, 5740 y 5744, *D. heterophillum* 349, *D. ovalifolium* 350 y 3793, *P. phaseoloides*, *S. guianensis* 136, 184 y 1280. El género *Zornia*, y las especies *S. capitata*, *D. heterophillum* 3782, *C. macrocarpum* 442 *C. plumieri* y *C. brasilianum* 5178 presentaron a 9 y 12 semanas de rebrote coberturas cercanas e inferiores al 50%.

En la época de máxima precipitación se intensificó el daño por enfermedades (*Rhyzoctonia* u *Cylindrocladium*) en el género *Centrosema* principalmente, así como por insectos comedores en *P. phaseoloides*, Trips-ácaros en *C. plumieri*, Trips-ácaros comedores y pulguilla-homóptera en *Centrosema* y pulguilla-homóptera en *Zornia*, así como cierto grado de clorosis en las hojas nuevas de *P. phaseoloides*. Tales daños asociados a la fuerte proliferación de malezas redujo el número de tratamientos que prevalecieron y fueron muestreados. Entre las accesiones de mejor comportamiento sobresalieron los 3 ecotipos de *D. ovalifolium* (350, 3788 y 3793). *S. guianensis* 136 y 184 fueron severamente afectados por los cortes de uniformación. Las tasas de producción mayores fueron obtenidas con *D. ovalifolium* 3793 (26.7 kg MS/ha/día) y las menores correspondieron a *C. macrocarpum* 5740 y *P. phaseoloides* 9900 (7.5 y 15.0 kg MS/ha/día, respectivamente).

En términos generales, en la época de mayor precipitación ocurrió una disminución en la condición de las parcelas (baja cobertura) debido a problemas fitosanitarios e invasión de malezas. Esto condujo a una pérdida de tratamientos, no obstante se obtuvieron tasas de crecimiento ligeramente superiores en las especies que lograron persistir.

Experimento 2

La evolución de la cobertura a través del tiempo (Figura 5) muestra como el mayor valor logrado un mes después de realizada la siembra correspondió a *B. humidicola* (aprox. 20%), esto es debido al comportamiento estolonífero que exhibe esta especie en los primeros meses de establecida. A partir del segundo mes, *S. sphacelata* y *A. micay* presentan coberturas iguales o mayores al 50% lo que demuestra que ya se encontraban totalmente establecidas en la franja de siembra correspondiente. Al final del período de establecimiento (4 meses post-siembra), *A. micay* mostró una cobertura superior al 90% lo que significa un alto grado de avance sobre las áreas de Ratana (Cuadro 6). Esta especie fue mejor ($P < 0.05$) que el resto; el segundo lugar correspondió a *S. sphacelata* (72% de cobertura) seguido por *B. dictyoneura*. Valores inferiores ($P < 0.05$) a las anteriores especies y menores al 50% fueron obtenidos por *B. humidicola* y *H. altissima* lo que revela proliferación de Ratana dentro de la franja sembrada y prácticamente ninguna invasión de la especie sembrada en la franja de Ratana. Por otra parte, las coberturas finales de las leguminosas *A. pintoi* y *D. ovalifolium* fueron las más bajas ($P < 0.05$) aunque similares entre sí. La poca humedad del suelo registrada en los primeros meses post-siembra determinó un escaso poder de colonización de estas especies que se encontraban al final del período de establecimiento altamente invadidas por malezas gramíneas y de hoja ancha. El bajo rendimiento de *H. altissima* fue debido a una susceptibilidad a la aplicación de Tordon lo que condujo a su debilitamiento y posterior invasión por Ratana.

Una idea del grado de invasión de la Ratana en la

Cuadro 6. Cobertura al final del período de establecimiento (4 meses post-siembra).

ESPECIE REMPLAZANTE	COBERTURA[a]
	%
Axonopus micay	93.6a
Setaria sphacelata	71.6b
Brachiaria dictyoneura	60.8c
Brachiaria humidicola	41.7de
Hemarthria altissima	38.3e
D. ovalifolium	15.1f
A. pintoi	10.8f

[a] Valores con igual letra no difieren estadísticamente ($p < 0.05$).

Cuadro 7. Cobertura de Ratana y de la especie introducida (remplazante) al final del período de establecimiento (4 meses post-siembra) según tratamiento y área de muestreo.

Tratamiento	Área	COBERTURA Ratana	Esp. Introducida
		--------%--------	
A. pintoi	Ratana	98	0
	Sembrada	18	22
H. altissima	Ratana	84	5
	Sembrada	30	68
A. micay	Ratana	13	87
	Sembrada	0	100
B. humidicola	Ratana	94	4
	Sembrada	21	79
B. dictyoneura	Ratana	63	34
	Sembrada	9	87
D. ovalifolium	Ratana	100	0
	Sembrada	17	30
S. sphacelata	Ratana	55	45
	Sembrada	0	98

franja sembrada con la especie remplazante y de la invasión de la especie remplazante sobre las franjas de Ratana, se presenta en el Cuadro 7. *A. micay* fue la que más agresiva se comportó sobre la Ratana seguida por *S. sphacelata* y *B. dictyoneura*; estas mismas especies también fueron poco invadidas por Ratana mientras las leguminosas (*A. pintoi* y *D. ovalifoluim*) así como *H. altissima* y *B. humidicola*, mostraron coberturas de Ratana en la franja sembrada entre 17 y 30%; por otra parte, las franjas de Ratana de las parcelas correspondientes a estos tratamientos permanecieron prácticamente puras.

Las producciones de MS promedio/corte en los primeros 3 cortes (Cuadro 8) muestran como los rendimientos más altos correspondieron a *A. micay*, *B. dictyoneura* y *H. altissima*; sin embargo, a diferencia de las dos primeras, la alta producción total de *H. altissima* está influenciada por una alta proporción y producción de Ratana. Esta especie (*I. ciliare*) se caracteriza por lograr un alto crecimiento en su establecimiento, circunstancia que ocurre en la franja preparada y sembrada con la especie introducida. Puede observarse como la producción de Ratana en el tratamiento de *H. altissima* es incluso mayor a la producción del testigo donde la cobertura es cercana al 100%. *S. sphacelata* también presenta una alta producción de la especie introducida con una baja participación de Ratana.

Cuadro 8. Producción promedio por corte[a] según tipo de vegetación[b].

Tratamiento	Producción de Materia Seca Ratana	Esp. Introducida	Total
	-----kg/ha/corte-----		
A. micay	68c	1279a	1337a
B. dictyoneura	386abc	1062ab	1446a
S. sphacelata	172bc	1019ab	1189ab
H. altissima	694a	667ab	1359a
B. humidicola	488ab	628b	1116b
Testigo (*I. ciliare*)			774b

[a] Promedio de los tres primeros cortes.
[b] Valores con igual letra en una misma columna, no difieren estadísticamente ($p<0.05$).

En términos generales, se observó un mejoramiento en el rendimiento de todos los tratamientos respecto al testigo, lo que significa que la sustitución inicial del 50% del área del Ratana a través de la siembra de otra especie incrementa la productividad de la pastura original. Sería deseable que tal ventaja fuese sostenible en el tiempo lo que podrá ser determinado al finalizar esta investigación. Por otra parte, el aumento en la proporción de la especie introducida significará que éstas no sólo no son invadidas y desplazadas por el Ratana, sino que eventualmente pueden desplazarse a las franjas con la vegetación original (Ratana).

Hasta el momento, *A. micay* pareciera ser la única que además de permenecer no invadida, tiende a establecerse en las franjas de Ratana. Otros tratamientos como *S. sphacelata* y *B. dictyoneura* permanecen bastante puras en sus franjas respectivas pero no han mostrado tendencia a dominar las franjas de Ratana. Igual comportamiento pero en menor grado ha exhibido *B. humidicola* y *H. altissima* (Figura 5). Por otra parte, en la fase de cortes, las leguminosas no han sido cosechadas debido a que no han presentado el desarrollo y cobertura necesarios; sin embargo, se ha seguido registrando su

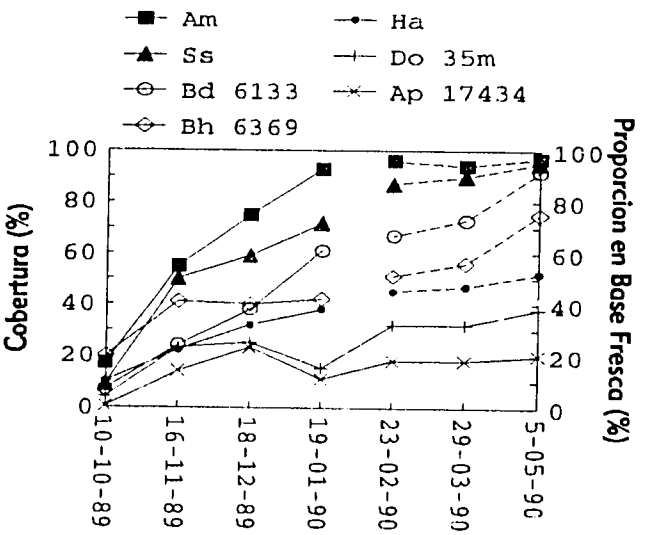


Figura 5. Cobertura en la fase de estabelecimiento y proporción en base a peso fresco en la fase de producción de las diferentes especies remplazantes.

cobertura según aparece en la Figura 5. El mayor problema observado hasta el momento ha sido el lento establecimiento a partir del material vegetativo y la alta incidencia de malezas de hoja ancha.

PLANES FUTUROS

Basados en el experimento 1, para la segunda parte del año 1990 y por un período de 2 años se ha planeado un nuevo proyecto de investigación que incluye varios experimentos, entre ellos una caracterización del valor nutritivo (contenido de proteína cruda y digestibilidad in vitro de la materia seca) de las muestras de gramíneas y leguminosas cosechadas en la etapa previa, ello permitirá complementar la información sobre adaptación y producción con los datos sobre el valor nutritivo de los forrajes.

Otra acción es el establecimiento de áreas de semillero con materiales promisorios identificados en experimentos previos (el descrito en este trabajo y otros a nivel nacional ejecutados por otras instituciones).

La tercera actividad y más importante será la implementación de un ensayo de pastoreo (Evaluación tipo C según nomenclatura del CIAT), en donde al menos se probarán bajo condiciones de pisoteo y defoliación con animales, 4 asociaciones de gramínea-leguminosa.

Por otra parte, en relación al experimento 2, nuevas etapas serán planeadas después de concluir la investigación presente. Será necesario evaluar nuevos materiales porvenientes de la colección de germoplasma del CIAT, así como distintos métodos de siembra, diferentes momentos de siembra y otras prácticas de manejo que favorezcan la competencia de la especie deseable.

Otros ensayos y otros investigadores están ejecutando nuevos trabajos en el área de alelopatía de la especie *Ischaemum ciliare* y asociaciones micorrizógenas en diferentes gramíneas; éstas podrán dar luz y explicar algunas de las observaciones en relación a la adaptación, producción y competencia discutidas en el presente trabajo.

LITERATURA CITADA

CIAT. 1982. Manual para la evaluación agronómica, Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Ed. por J.M. Toledo. Cali, Colombia, CIAT. 170 p.

CIAT. 1986. Por qué se degradan las pasturas?. Reseña de Investigación y Cooperación Internacional 5(1):9.

CIAT. 1988. Informe Anual 1987. Pastos Tropicales. Documento de Trabajo no. 45. Cali, Colombia, CIAT. p.i.

CIAT. 1989. Informe Anual 1988. Pastos Tropicales. Documento de Trabajo no. 59. Cali, Colombia, CIAT. p.i.

Hunter, J.R. 1987. Some observations on Ischaemum ciliare (Poaceae: Panicodeae: Andropogoneae) a recent agresive introduction to Costa Rican pasture lands. Turrialba 37(1):71-76.

Hutton. 1979. Problemas y éxitos en praderas de leguminosas y gramíneas especialmente en América Latina Tropical. En Producción de Pastos en los Suelos Acidos de los Trópicos. Ed. por L. Tergas y P. Sánchez. Cali, Colombia, CIAT. p. 87-101.

Krestschmer Jr., A.E. 1988. Consideraciones sobre factores que afectan la persistencia de leguminosas forrajeras tropicales. Carta Ganadera (Colombia) Septiembre:36-39.

Miranda, J.; Mora, M.I.; Piedra, M.; Navarro, J.R. 1989. Evaluación de especies forrajeras para el trópico muy húmedo. I. Establecimiento y adaptación de gramíneas. En Congreso Centroamericano y del Caribe en Medicina Veterinaria y Zootecnia, Congreso Nacional de Medicina Veterinaria y Conferencia de Producción Animal (8., 4. y 5., 1989, San José). Libro de resúmenes. San José, Costa Rica. p. 52.

Mora, M.I.; Miranda, J.; Piedra, M.; Navarro, J.R. 1989. Evaluación de especies forrajeras para el trópico muy húmedo. III. Producción de MS/ha de gramíneas. En Congreso Centroamericano y del Caribe en Medicina Veterinaria y Zootecnia, Congreso Nacional de Medicina Veterinaria y Conferencia de Producción Animal (8., 4. y 5., 1989, San José). San José, Costa Rica. p. 52.

Muller-Dombois, D. y Ellenberg, H. 1976. Aims and methods ofvegetation ecology. USA, Wiley & Sons. 547 p.

Romero, F.; Camero, L.A.; Sanchez, L.A. 1989. Proyecto sistemas silvopastoriles para el trópico húmedo bajo de Costa Rica. En Reunión General RISPAL (8., 1988, Guatemala). Informe. Ed. por M. Ruiz y A. Vargas. San José, Costa Rica. p. 223-242.

SEPSA. 1983. Encuesta nacional de ganado bovino 1982. San José, Costa Rica. 71 p.

SEPSA. 1989. Información básica del sector agropecuario de Costa Rica no. 4. San José, Costa Rica. 136 p.

Tothill, J.C. 1978. Measurement botanical composition of grasslands. En Measurement of Grassland Vegetation and Animal Production. Ed. por L.'t Mannetje. Inglaterra, Commonwealth Agricultural Bureaux. p. 22-62. (Bulletin no. 52)

Villarreal, M. 1981. Desarrollo de una unidad de producción ganadera en la zona de Río Frío. Práctica Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Escuela de Zootecnia. 131 p.

Villarreal, M. 1990. Informe final del proyecto de investigación: Evaluación de Gramíneas y Leguminosas Forrajeras en la Región Huetar Norte de Costa Rica. San Carlos, Costa Rica, Departamento de Agronomía, Sede Regional del ITCR en San Carlos. 147 p.

Avance de la Introducción de Leguminosas a Pasturas en Honduras

Linus Wege[1] y Rubén Sinclair[2]

I.INTRODUCCION DE *Clitoria ternatea* EN PASTURAS DEGRADADAS DE *Hyparrhenia rufa*

En Honduras el 60% de las pasturas están formadas por Jaragua *(Hyparrhenia rufa)*, las que a su vez están mal manejadas y por ende degradadas. El período de canícula (veranillo) dentro de la época lluviosa ocasiona un cese y retardo en el crecimiento de la planta y una interrupción en la absorción de nutrientes del suelo.

Conociendo la contribución que prestan las leguminosas a la fertilidad del suelo al fijar N, el cual puede ser aprovechado por las gramíneas para aumentar su producción y calidad nutritiva, se ha introducido una leguminosa para conocer su comportamiento en una pastura de este tipo. Las ventajas de las mezclas de pastos gramíneas y leguminosas son muchas; las leguminosas son más digestibles y tienen mayor contenido de proteína que los pastos, aún cuando estén maduros.

Clitoria ternatea puede utilizarse en asociaciones con gramíneas del tipo rastreras, aunque también sirve para mejorar pasturas degradadas de Jaragua o cualquier otra especie. En este caso se recomienda sobrepastorear la pradera al inicio del invierno, hacer surcos mediante tracción animal y realizar la siembra en franjas de 2m de ancho y una distancia entre franjas de 10m.

Debido a su alta palatabilidad el ganado presenta mayor preferencia por la Clitoria que por la especie asociada (gramínea). De esta manera el ganado puede sobrepastorear esta especie y causar su desaparición con el tiempo (SRN, 1988). *Clitoria ternatea*, asociada con pasto Rhodes, da buenos resultados en Africa, pero su establecimiento es dificultoso y no tolera la humedad elevada (Bowen, 1979).

Salgado y Nájera (1988) reportan que *Clitoria ternatea* presenta rápido establecimiento y buena producción de forraje en las primeras evaluaciones, pero posteriormente, se secó por pudrición de la raíz. En cuanto a la persistencia de *Clitoria ternatea* bajo presión de pastoreo, la literatura reporta que en asociación con *Digitaria decumbens*, conforme avanzaba el tiempo de pastoreo, la leguminosa disminuyó en la pradera, observándose en el tercer año una disminución de 42.4% comparado con la que había al inicio del ensayo (Córdova y Armado, 1988).

Los objetivos del presente trabajo fueron 1) estudiar la persistencia de la *Clitoria ternatea* en una pastura degradada de *Hyparrhenia rufa* bajo pastoreo, y 2) definir las condiciones para la introducción de *Clitoria ternatea* en pasturas degradadas.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en una finca particular en la Aldea de San Marcos, localizado en el altiplano de Danlí, que está ubicada a 750 msnm, con una temperatura media anual de 24.2 °C y una precipitación media anual de 1446mm. Se utilizó un diseño de bloques sin repetición donde los tratamientos fueron los siguientes:

-Siembra de Clitoria en zona plana con fertilización (120 kg de 0-46-0/ha

-Siembra de Clitoria en zona plana sin fertilización

-Siembra de Clitoria en la ladera sin fertilización

El área del ensayo fue de 1.1 ha, donde cada unidad experimental tenía un área de 1150m. Además de los datos de densidad y altura de plantas de Clitoria que se tomaban a través de la fase de desarrollo, así como después de pastoreos sucesivos, se tomaron recuentos de plantas afectadas por nematodos en cada una de las franjas en que hubo ataque.

RESULTADOS Y DISCUSION

El número de plantas de *Clitoria ternatea* aumentó en las tres franjas a medida que entraba en su fase de desarrollo hasta llegar a los 92 días de establecimiento, antes de los pastoreos; a los 8 días de establecida la leguminosa se encontraron 7000 plantas/ha, y a los 21 días, 15125 plantas/ha, o sea que hubo un aumento de 116%. A los 74 días de establecido un promedio de 55,208 plantas/ha que representó un aumento de 265%, y a los 92 días un promedio de 71,250 plantas/ha o sea un incremento del 20% (Figura 1).

También se evaluó la altura de plantas antes y después

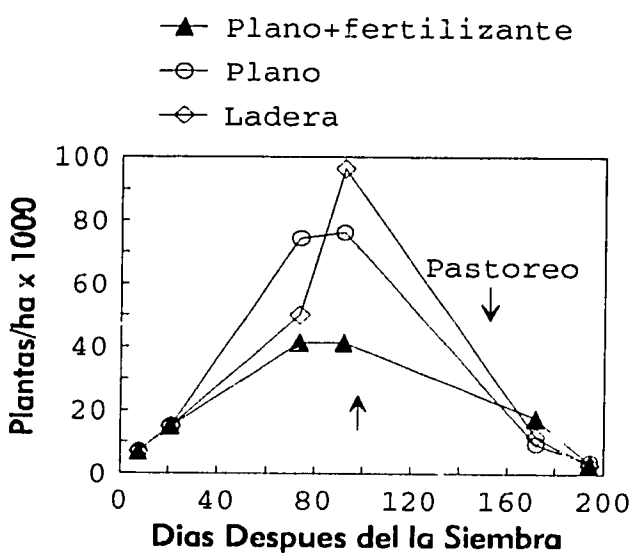


Figura 1. Densidad de plantas de *Clitoria ternatea* en un potrero de *Hyparrhenia rufa*.

[1]Oberer Weg 2, D-8901 Meitingen-1, RFA.
[2]Secretaría de Recursos Naturales, Escuela Nacional de Agricultura, A.P. 9, Catacamas, Honduras.

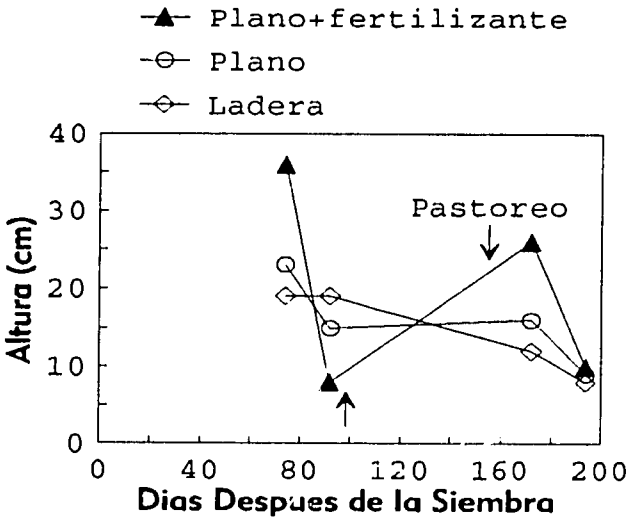


Figura 2. Altura de plantas de *Clitoria ternatea* en un potrero de *Hyparrhenia rufa*.

de los pastoreos. El promedio de altura antes de los pastoreos fue de 25-35cm, mientras que después de los mismos se encontraron únicamente plantas con una altura de 15-35cm después de cuatro meses de descanso (Figura 2). El pasto se había recuperado en un 60% y se logró hacer el primer pastoreo, con 48 animales adultos y una ocupación de dos días. Después de un mes se tomaron los datos de densidad de plantas (172 días de establecimiento), la cual en las tres franjas disminuyó, llegándose a encontrar 12,917 planta/ha o sea un 18% del total de plantas que se encontrában antes del pastoreo (Figura 1). Con un descanso de 60 días, se hizo el segundo pastoreo con el mismo número de animales y el mismo tiempo de ocupación, para después evaluar densidad de plantas (197 días de establecimiento) que finalmente disminuyó hasta un 4.4% o sea 3,167 plantas/ha (Figura 1).

CONCLUSIONES

Clitoria ternatea se establece bien, bajo condiciones de suelos drenados.

En las condiciones que presento el ensayo, el pastoreo afectó negativamente la presencia de *Clitoria ternatea*.

Plantas de *Clitoria ternatea* en zonas mal drenadas presentan mayor incidencia de diferentes plagas.

II.EFECTO DEL ASOCIO DE PASTO DE CORTE *Pennisetum purpureum* CON LEGUMINOSAS SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD FORRAJERA DEL PASTO

Los pastos de corte, como el *Pennisetum purpureum* son una alternativa para obtener forraje de reserva para tiempos críticos. En general la alta exigencia de nutrientes que tienen los pastos de corte, así como su baja calidad en cuanto al contenido de proteína y considerando que el crecimiento vegetal está limitado por la temperatura y humedad del suelo en la época seca, se hace necesario desarrollar otras prácticas de manejo que mejoren esta situación. El uso de leguminosas asociadas resulta una alternativa que incrementa el valor nutritivo, reduciendo de esta manera el efecto estacional sobre la productividad animal.

En general, uno de los principales problemas edáficos en el trópico es la deficiencia en elementos mayores, principalmente N, ya que se pierden grandes cantidades del mismo por filtración excesiva, erosión y evaporación (Martín y Skyring, 1982). Los requerimientos de N se pueden cubrir no solamente con la aplicación de fertilizantes químicos, sino con el establecimiento de leguminosas tropicales en asociación con gramíneas. Hudgens *et al.* (1974) mencionan que en el trópico ecuatoriano, los rendimientos de proteína cruda del forraje son influenciados marcadamente por la asociación gramíneas con leguminosas, sobre todo en el caso de *Centrosema pubescens* cuya contribución fue semejante y en algunos casos superior al efecto de la fertilización nitrogenada.

Humphreys (1974) menciona que *Centrosema pubescens* se asocia bien con gramíneas tropicales macolladas y una vez establecida ha soportado cargas de 4 animales/ha. También Centrosema no es sombreado por las gramíneas de porte alta.

Laurenco *et al.* (1979) han reportado que *Centrosema pubescens* mejoró la calidad del forraje disponible, debido al contenido de proteína al asociarse con *Pennisetum purpureum*.

En un estudio de las mezclas de archoro y festuca alta con trébol ladino y las mismas gramíneas solas, se encontró que la producción de forraje y la distribución fueron superiores en las mezclas. Además las mezclas produjeron más proteína total que los pastos sembrados solos (Wagner, 1954).

El objetivo principal de este estudio fue determinar la leguminosa que en asocio con pasto de corte mejore la calidad total del pasto y como mínimo mantenga el rendimiento de forraje obtenido por el monocultivo.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en una finca particular, en el Valle de Jamastrán, municipio de Danlí, la que está ubicada a 620 msnm, emperatura media anual de 25.9 °C y una precipitación media anual de 1057mm. Los materiales evaluados fueron: *Clitoria ternatea*, *Neonotonia wightii* y *Centrosema pubescens* CIAT 438, cada uno de ellos asociados con pasto de corte *Pennisetum purpureum* y comparados con el monocultivo.

El diseño experimental fue de bloques completos al azar, con tres repeticiones. Las parcelas estuvieron

Cuadro 1.Rendimiento de materia seca y error estándar (±) de los componentes de las asociaciones de *Pennisetum purpureum* con leguminosas forrajeras.

TRATA-MIENTO[1]	09/88-11/88 GRAM.	LEG.	TOTAL	11/88-01/89 GRAM.	LEG.	TOTAL
	t/ha					
Pp	4.30 ±1.18	0	4.30 ±1.18	6.03 ±2.61	0	6.03 ±2.61
Pp+Ct	9.10 ±1.78	2.25 ±0.64	11.35 ±2.17	8.44 ±3.45	0.92 ±0.32	9.36 ±3.77
Pp+Nw	7.03 ±1.12	0.68 ±0.06	7.71 ±1.19	8.16 ±3.73	1.24 ±0.31	9.40 ±3.42
Pp+Cp	6.22 ±3.86	2.92 ±0.82	9.14 ±1.69	5.98 ±0.87	3.43 ±0.87	9.42 ±1.12
Promedio	6.66 ±2.65	1.46 ±1.30	7.13 ±3.46	7.15 ±2.81	1.86 ±1.28	8.53 ±2.92
CV (%)	27.9	25.1	25.8	34.0	24.8	27.8
MDS (0.05)		1.20	4.85		1.13	

[1]Pp=P. purpureum; Ct=C. ternatea; Nw=N. wightii; Cp=C. pubecens.

formadas por 5 surcos de 10m de largo, evaluándose los tres surcos centrales. Solamente se fertilizó la leguminosa al momento de la siembra, con 50 kg de urea/ha, 100 kg de KCl/ha y 100 kg/ha de superfosfato triple.

Para la determinación del rendimiento se cosecharon los tres surcos centrales de cada parcela, pesándose por separado tanto la gramínea como la leguminosa, para luego tomar submuestras de cada uno de los componentes de la asociación y conocer la materia seca, así como su análisis bromatológico.

Cuadro 2. Contenido de proteína cruda y error estándar (±) de los componentes y del total de forraje en las diferentes asociaciones (09-11/1988).

Tratamiento[1]	Gramínea	Leguminosa	Total
	%		
Pp	6.5 ±1.9	0	6.5 ±1.9
Pp+Ct	7.0 ±0.6	18.9 ±3.2	9.4 ±1.4
Pp+Nw	6.6 ±0.4	14.9 ±0.7	7.3 ±0.3
Pp+Cp	6.8 ±0.4	15.5 ±2.5	10.0 ±2.0
CV (%)	12.8	11.9	15.2

[1]Pp=P. purpureum; Ct=C. ternatea; Nw=N. wightii; Cp=C. pubecens.

RESULTADOS Y DISCUSION

Materia Seca Después de tres meses de establecimiento se hizo una estandarización del ensayo y a los 60 días de rebrote, se realizó la primera evaluación. El rendimiento de la gramínea fue de 6.6 t/ha (Cuadro 1) y estadísticamente no existieron diferencias significativas entre tratamientos debido a la variabilidad entre repeticiones (27.9%). En lo que se refiere a la leguminosa el rendimiento de materia seca fue altamente significativo, obteniéndose estadísticamente un promedio de 1.4 t/ha (Cuadro 1). *Neonotonia wightii* presentó un lento desarrollo y por ende un bajo rendimiento (0.680 t/ha) debido a que su período de establecimiento es más largo. El crecimiento para *Clitoria ternatea* (2.2 t/ha) y *Centrosema pubescens* (2.9 t/ha) fue más rápido.

La producción promedio de materia seca en el total del forraje fue de 8.1 t/ha (Cuadro 1) o sea que se incrementó en un 22% la materia seca de la gramíneas, por lo que la leguminosa fue capaz de compensar la variabilidad de la gramínea. *Clitoria ternatea* y *Centrosema pubescens* fueron las que en mayor grado incrementaron la materia seca de la gramínea (24% y 46%).

El segundo corte se realizó a los 62 días del rebrote. La producción promedio de materia seca en la gramínea fue de 7.1 t/ha (Cuadro 1) y estadísticamente no existieron diferencias significativas entre tratamientos debido a su alta variabilidad entre bloques (34%). La producción promedio de materia seca en el total del forraje fue de 8.5 t/ha (Cuadro 1), que estadísticamente no fue significativa, pero que en comparación con el monocultivo fue mayor (6.0 t/ha).

Contenido de Proteína Cruda Después de 60 días de rebrote el contenido de proteína cruda de la gramínea en asociación, no aumentó en comparación con el monocultivo, obteniéndose un promedio de 6.7% (Cuadro 2). El contenido de proteína cruda de la leguminosa osciló entre 14.9% y 18.9%. El porcentaje de proteína cruda del total del forraje (gramínea + leguminosa) fue mayor que el del monocultivo de la gramínea (8.9% contra 6.5%), obteniéndose un mayor incremento con *Centrosema pubescens*.

CONCLUSIONES

La producción de forraje se incrementó cuando la leguminosa actuó en asociación con la gramínea encontrándose una interacción entre el rendimiento forrajero de la leguminosa y el sistema de siembra utilizado.

El desarrollo inicial del Centrosema y Clitoria, fue más vigoroso que el de *Neonotonia wightii*.

Centrosema tuvo una recuperación más rápida después de cada corte, al demostrado por la Clitoria y la Neonotonia.

LITERATURA CITADA

Bowen, John E. Praderas productivas en los trópicos. Instituto de Agricultura Tropical, Universidad de Hawaii. Agricultura de las Américas. Octubre, 1979.

Córdova, Armando y Peralta Armado. 1988. Efecto de tres cargas animales sobre la persistencia de la asociación Digitaria decumbens - Clitoria ternatea bajo riego en Juchitan Oaxaca. INIFAP.

Hudgens, Tergas y Mott. 1974. La compatibilidad, persistencia y valor nutritivo de asociaciones de gramíneas y leguminosas en el trópico Ecuatoriano. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Quito, Ecuador.

Humphreys L. R. 1974 A guide to better pastures for the tropics and sub tropics. Revised 3rd edition, Wrigth Stephenson Co. Ltd., Melbourne.

Laurenco, A.E., G.I. Sartini y M. Santamaría. Efecto del pastoreo en la composición de praderas de Pennisetum purpureum asociado con leguminosas. Boletín de Industria Animal 1974.

Martin, A.E. y G.W. Skyring. 1962. Losses of nitrogen from the soil plant sytem. Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops, England. Symposium Bulletin 46, pp. 14-34.

Salgado, Juan B. y Jorge A. Nájera. 1988. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en Tanquian de Escobedo SLP, México. INIFAP.

Secretaria de Recursos Naturales. Alimentos para ganado, guías técnicas pecuarias. Secretaría de Recursos Naturales, Dirección General de Ganadería, Departamento de Investigación Pecuaria. Tegucigalpa, Honduras. Abril, 1988.

Wagner, R. E. 1954. Leguminosas nitrogenadas vrs fertilizantes nitrogenados en la producción de proteína del forraje. Agron. Hour.

Productividad y Persistencia de Pasturas Asociadas Bajo Pastoreo en un Ultisol de Yurimaguas

Deysi Lara[1], Carlos Castilla[2] y Pedro Sánchez[3]

INTRODUCCION

La producción de carne es una de las principales actividades de uso de la tierra después del desmonte; sin embargo, el uso de especies introducidas no adaptadas a las condiciones de clima y suelo, y el uso de especies nativas denominadas "torourco" que tienen una baja productividad de biomasa, generalmente resulta en baja capacidad de carga animal y baja productividad por hectárea. Además, dichos terrenos terminan siendo sobrepastoreados especialmente en épocas secas, dejando áreas con poca cobertura vegetal predispuestas a la erosión y a la degradación del recurso suelo. Miles de hectáreas de bosque han sido deforestadas por varios motivos, pero terminan como pasturas degradadas por el sobrepastoreo.

El interés de esta investigación es identificar especies forrajeras, leguminosas y gramíneas de alta productividad, adaptadas a las condiciones de suelo, para desarrollar sistemas de manejo que sean sencillos y utilicen mínimos insumos de fertilización, para aumentar la capacidad de carga animal y la producción de carne o leche por hectárea. La tecnología está dirigida preferentemente a utilizar suelos abandonados y/o inadecuados para cultivos de ciclo corto,como arroz y maíz, y así logra un buen uso del recurso suelo.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación y Clasificación del Suelo

El experimento se lleva a cabo en la localidad de Yurimaguas, Departamento de Loreto, Perú, en la subregión clasificada como bosque húmedo tropical y ubicada a 5° 54' de latitud S, 7° 85' longitud 0, a 179 msnm. La temperatura promedio anual es de 26.5°C con una precipitación promedio anual de 2135 mm. La mayoría de suelos que comprende esta región están clasificados como Typic Paleudults.

Historia del Experimento Central

El sitio era un bosque secundario de 17 años hasta 1975, 2 años con maíz, 1.5 años de purma secundaria (1979), y en 1989 está en el noveno año de pastoreo.

Diseño Experimental: bloques completos al azar con 2 repeticiones, y un área de parcela de 0.45 ha.
Asociaciones (tratamientos):

1. *Brachiaria decumbens* + *Desmodium ovalifolium* (Bd+Do)
2. *Brachiaria humidicola* + *Desmodium ovalifolium* (Bh+Do)
3. *Centrosema pubescens* CIAT 438 (Cp438)
4. *Andropogon gayanus* + *Stylosanthes guianensis* (Ag+Sg)
5. *Andropogon gayanus* + *Centrosema macrocarpum* (Ag+Cm)

Fertilización: al establecimiento: 250 kg cal/ha, 22 kg P/ha como superfosfato triple, 42 kg K/ha como KCl y 10 kg Mg/ha como $MgSO_4$.

Mantenimiento: se emplearon las mismas cantidades anteriores, cada 2 años como mínimo. No se utilizó cal como fertilizante de mantenimiento. Durante 1987 se suspendió la fertilización de mantenimiento hasta el presente.

Preparación del terreno: en la purma de 1.5 años se procedió a rozar y quemar, eliminando del área los tocones más gruesos. Posteriormente, se mecanizó el terreno empleando un rotador de 65 HP que logró una preparación satisfactoria del suelo a una profundidad de 15 cm.

Siembra: se realizó en líneas distanciadas 0.5 m, intercalando una línea de gramínea y una de leguminosa. La semilla de leguminosa fue inoculada.

Variables medidas

Producción de forraje disponible: muestreos al azar (10 muestras de $1m^2$/parcela) antes del pastoreo.
Composición botánica de las pastura: % de gramínea y leguminosa en base a la producción total de materia seca (MS).

Manejo y comportamiento animal: se utilizan toretes cruzados Brown Swiss x Cebu criados en la zona, de 18-24 meses de edad con un promedio de 160 a 190 kg de peso vivo al inicio del período de pastoreo. Los animales son reemplazados cada año. El manejo actual es 28 días de ocupación x 28 días de descanso. Cada especie o asociación, de acuerdo a la producción de biomasa, tiene 2 cargas fijas: alta y baja durante los períodos de máxima y mínima precipitación, respectivamente. El período de pastoreo es alrededor de 300 días/año.

Cambios en la composición química del suelo: muestreos de suelo al final de cada año/repetición. Análisis de pH: suelo/agua 1:2.5; acidez, Ca y Mg: KC1 1N; N total: método Kjeldahl; P, K y microelementos: $NaHCO_3$ 0.5 M-EDTA-SUPERFLOC; C orgánico: Nelson y Sommers.

Medidas físicas: infiltración: método del doble cilindro

[1]INIAA. Estación Experimental de San Ramón, Yurimaguas, Loreto, Perú.
[2]Ing. Agr., Programa de Suelos Tropicales, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695-7619, USA.
[3]Coordinador del Programa de Suelos Tropicales, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695-7619, USA.

Cuadro 1. Análisis de suelo al inicio del experimento.

Prof.	Arena	Arcilla	pH	P	Ca+Mg	SAT.Al+H
	----------%----------			mg/L	cmol(+)/L	(%)
0-15	49	16	4.5	2.8	0.95	71

Cuadro 2. Cambios en la proporción de leguminosas en las asociaciones BD-DO y BH-DO (81-89).

	ASOCIACION				
Año	Bd-Do	Bh-Do	Ag-Sg	Cp 438	Ag-Cm
	---------- x/asoc.(%) ----------				
81	54.0	---	24.5	41.5	---
82	55.5	---	28.0	91.0	---
83	65.5	49.5	39.5	100.0	---
84	---	29.0	8.0	100.0	---
85	26.7	30.8	50.3	100.0	14.0
86	22.5	43.5	41.0	100.0	34.0
87	13.4	61.4	8.5	100.0	32.0
88	5.0	52.1	9.0	100.0	36.0
89	14.6	18.0	4.9	100.0	43.0

infiltrómetro; densidad aparente: método Uhland.

RESULTADOS

La persistencia y productividad de las pasturas asociadas, con un manejo simple y fertilización de mantenimiento, está suficientemente probada después de 9 años de pastoreo (Figura 1, Cuadro 2). En comparación con las pasturas naturales, se puede observar una alta y sostenida productividad animal/ha.

El manejo animal se inició en 1981 con pastoreo continuo con 3 asociaciones (Cuadro 3), pero se observó un efecto negativo en la composición botánica de la pastura, por lo que se cambió por un pastoreo alterno, es decir una rotación con sólo dos potreros (repeticiones), cuyo período de ocupación y descanso ha sido ajustado a través de los años hasta 28 días de descanso y 28 días de ocupación que es lo que se utiliza al presente.

Cuadro 3. Características del manejo de las pasturas.

Asoc.	Fecha de Inicio P. Continuo	P. Alterno	Tiempo Pastoreo	Carga Animal MIN.	MAX.
			años	anim/ha.	
Bd-Do	Nov.15,80	Oct.6,81	9	4.4	5.5
Bh-Do		Oct.10,82	7	4.4	5.5-6.6
Cp 438	Nov.15,80	Oct 6,81	9	[illegible]	4.4
Ag-Sg	Nov.15,80	Oct 6,81	9	[illegible]	4.4-5.5
Ag-Cm		Mayo 1,85	5	3.3	4.4

De 7 asociaciones evaluadas hasta el momento, las de *P. maximum* + *P. phaseolides* y *B. dyctioneura* + *D. ovalifolium* han sido descartadas por tener mal comportamiento animal. La asociación Bd+Do, al sexto año de evaluación, carecía de leguminosa y presentó problemas de baja ganancia animal posiblemente asociados con problemas de fotosensibilidad que ocasionaron pérdida de peso en los animales y lesiones en la piel, después de 4 ó 5 meses de iniciado el pastoreo. Sin embargo, en la asociación Bh+Do la productividad y balance entre la gramínea y la leguminosa se ha mantenido sin efectos negativos en la producción animal (Figura 1).

En la asociación Ag+Sg el componente de leguminosa tiende a desaparecer (Cuadro 2). El % de leguminosa disminuyó de 38% en 1986 a 5% en 1989 y se observó que la disminución empezó en 1986 cuando la pastura aún recibía fertilización. El rendimiento animal ha disminuido en esta asociación en 1989 pero aún mantiene alta producción. Por otro lado, la pérdida de leguminosa favorece la invasión de otras especies forrajeras y malezas que requieren control mediante 1 ó 2 deshierbos/año con 2 ó 3 jornales/ha, en contraste con las asociaciones con la especie *Brachiaria* o con *C. pubescens* que hasta el momento no requieren de deshierba frecuente.

El monocultivo de *C. pubescens* continua manteniendo niveles altos de productividad a pesar de la

AGCM=*Andropogon gayanus:Centrosema macrocarpum*
AGSG=*Andropogon gayanus:Stylosanthes guianensis*
BHDO=*Brachiaria humidicola:Desmodium ovalifolium*
BDDO=*Brachiaria decumbens:Desmodium ovalifolium*
CP438=*Centrosema pubescens 438*

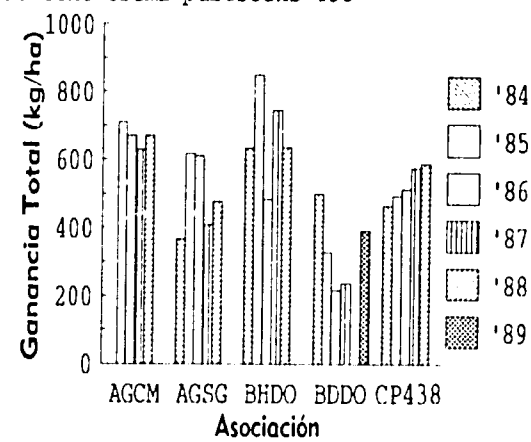


Figura 1. Productividad animal por asociación, corregida a 308 días (1984-1998), Yurimaguas, Perú.

Cuadro 4. Cambio en la composición química del suelo en 4 asociaciones, gramínea-leguminosa Yurimaguas, Perú.

ASOC.	AÑO	PROF.	pH	P	Ca+Mg	Al	K	SAT. Al
		cm		mg/L	----------cmol(+)/L----------			%
Bd-Do	80	0-20	4.2	4	1.8	2.8	---	61
	85	0-20	4.8	10	1.2	2.6	.14	66
	86	0-20	4.8	7	1.2	2.7	.12	67
	87	0-15	4.7	11	1.2	2.7	.16	67
	88	0-15	---	12	1.2	2.4	.21	63
	89	0-15	4.6	10	1.3	2.4	.12	63
Bh-Do	80	0-20	5.3	3	2.5	1.7	---	40
	85	0-20	5.2	9	1.7	1.0	.20	34
	86	0-20	5.2	7	1.6	1.0	.16	36
	87	0-15	4.7	15	1.7	1.1	.20	37
	88	0-15	---	15	1.2	1.3	.18	49
	89	0-15	4.5	9	1.3	1.1	.10	44
Ag-Sg	80	0-20	4.6	6	1.7	2.4	---	59
	85	0-20	5.3	7	1.6	1.9	.10	53
	86	0-20	4.8	9	1.3	2.5	.10	64
	87	0-15	4.6	13	1.5	2.3	.15	58
	88	0-15	---	11	1.4	2.1	.18	57
	89	0-15	4.5	9	1.3	2.5	.08	64
Cp	80	0-20	5.0	9	2.2	2.6	---	54
	85	0-20	4.8	5	1.6	2.8	.16	61
	86	0-20	4.7	8	1.35	2.0	.18	56
	87	0-15	4.4	13	1.8	2.1	.21	51
	88	0-15	---	13	1.34	2.4	.25	61
	89	0-15	4.1	9	1.3	2.2	.12	48

ausencia de la gramínea, y sigue siendo motivo de admiración ya que es la única pradera de leguminosa bajo pastoreo en la zona, con buena producción animal, larga persistencia, ausencia de malezas y sin problemas en los animales (Figura 1).

Como opción de manejo, se han realizado fertilizaciones de mantenimiento con intervalos menores de dos años hasta 1987. Es claro que la fertilización de mantenimiento ha contribuido a la persistencia de las praderas, sin embargo no se sabe si las dosis y la frecuencia de aplicación son adecuadas. La fertilización de mantenimiento fue suspendida a partir de 1987 por dos razones principales: a) se observaron mejoras en las condiciones químicas del suelo a través del tiempo (Cuadro 4) y b) la extracción de nutrientes por el animal es baja. Sin la fertilización de mantenimiento se podrá observar los cambios en la composición botánica en las praderas que afectaran los parámetros de producción animal. Es conveniente notar que a partir de 1987, el suelo se muestreó de 0-15 cm en vez de 0-20 cm. Esto causa un aumento aparente en la concentración de nutrimientos. En los sistemas bajo pastoreo los nutrimientos están concentrados en la superficie del suelo, posiblemente en los primeros 0-5 cm y si se muestrea a mayor profundidad hay un efecto de dilución.

A partir del segundo año de no fertilizar se observó un incremento en el % de saturación de Al, y una reducción en el contenido de Ca y Mg (Cuadros 4 y 5). Los aumentos en Al y la disminución de las bases pueden estar asociadas con una disminución general en el % de leguminosa en las asociaciones pero, especialmente en el caso de Bh+Do (Cuadro 2).

En la asociación Ag+Cm, se observa un contraste en la composición botánica entre las dos repeticiones (Figura 2) que refuerza la correlación entre características químicas del suelo y la composición botánica (Cuadro 5). La leguminosa es dominante y es posible que la gramínea desaparezca en 1990 en la repetición 2, donde existe menor saturación de Al. En cambio la gramínea es dominante en la repetición 1 donde la saturación de Al es mayor. La dominancia de una u otra especie está, además, relacionada con la selectividad animal. En este caso hay una clara preferencia animal por el consumo de la gramínea, que causa una mayor ganancia animal (Figura 2), lo que ayudaría a eliminar este componente de la asociación si las condiciones son favorables para el desarrollo de la otra especie. Esto sugiere que como componente de manejo, se requiere de concentraciones

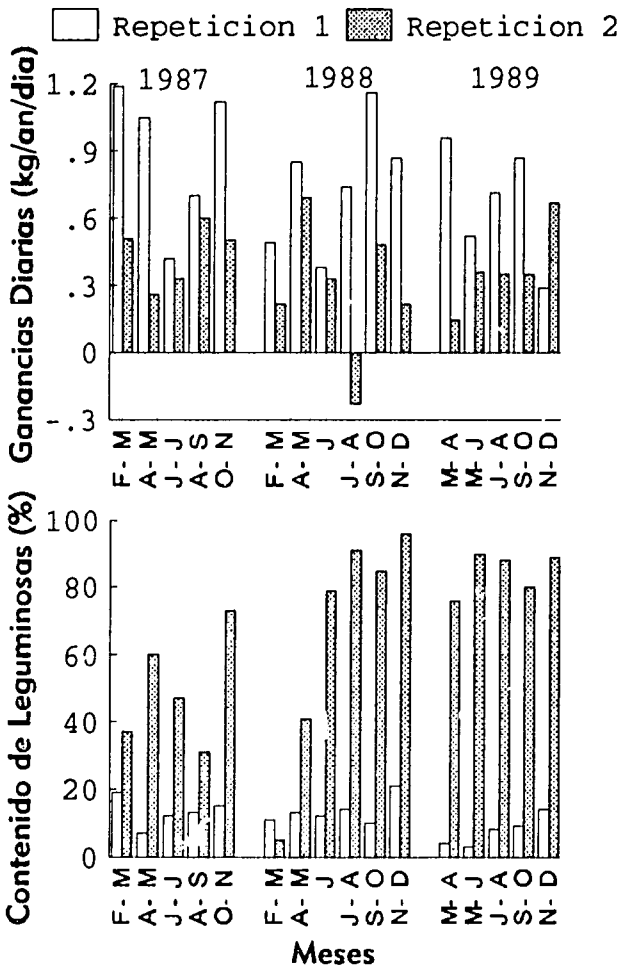


Figura 2. Ganancia animal y contenido de leguminosa en dos repeticiones de la asociación *A. gayanus* + *C. macrocarpum*, Yurimaguas, Perú.

más bajas de Al para mantener el componente leguminosa.

Dependiendo de la especie, la leguminosa puede ser pastoreada como monocultivo. Este es el caso de *C. pubescens* y probablemente también de *C. macrocarpum* una vez que desaparezca la gramínea.

El pastoreo de leguminosas puras es una excelente opción para sistemas agroforestales donde el componente de leguminosa utilizado como coberturas raramente es utilizado para el pastoreo en América Latina.

En el caso de pasturas asociadas aún no se puede definir cual sería la proporción "correcta" de gramínea y leguminosa, ya que porcentajes más altos de 50% de leguminosas no parecen afectar negativamente la

Cuadro 5. Variabilidad natural entre las repeticiones de la asociación *A. gayanus* y *C. macrocarpum*.

REP.	AÑO	PROF.	pH	P	Ca+Mg	Al	K	SAT. Al
		cm		mg/L	—cmol (+)/L—			%
I								
	80	0-20	4.1	4	1.6	3.7	—	70
	85	0-20	4.7	9	.9	3.8	.07	80
	86	0-20	4.7	10	1.0	3.4	.12	75
	87	0-15	4.6	11	1.1	3.8	.09	76
	88	0-15	—	11	1.2	4.0	.17	74
	89	0-15	4.5	8	1.0	3.2	.10	74
II								
	80	0-20	4.4	4	1.5	1.1	—	42
	85	0-20	5.4	8	1.4	.9	.07	38
	86	0-20	5.0	10	1.3	.9	.14	38
	87	0-15	4.7	10	1.4	.9	.08	38
	88	0-15	—	9	.9	1.2	.14	54
	89	0-15	4.4	10	.9	1.5	.09	60

producción animal, pero proporciones menores a 10% podrían tener un efecto negativo con el caso de Ag-Sg y Bd-Do (86-88). Por el momento sería ideal si el porcentaje de leguminosa es de por lo menos 30%.

PLANES FUTUROS

Hasta 1989 la evaluación de productividad animal se ha desarrollado empleando toretes que son reemplazados anualmente. Aún no se conoce el potencial de estas pasturas en sistemas con vaquillas para medir el comportamiento productivo y reproductivo, además de continuar evaluando la persistencia de las pasturas. A partir de 1990 se comenzará la evaluación con vaquillas jóvenes.

Se plantea evaluar calidad nutritiva asociada al comportamiento animal, que permita explicar algunos efectos que no están claros en la productividad animal.

Además se han iniciando programas de transferencia de tecnología generada en la comunidad de Shucushyacu, con énfasis en la producción de leche para el mercado local. También se esta iniciando un proyecto de producción de semilla a nivel de productor, debido a que la adquisición de semilla de las especies recomendadas es difícil por no existir proveedores a nivel local, lo que dificulta la adopción de la tecnología.

Recientes Avances en el Desarrollo dePasturasen el Trópico Latinoaméricano

Miguel A. Ayarza[1]

RESUMEN

Durante la década de los ochenta el Programa de Pastos Tropicales del CIAT realizó avances significativos en la selección de especies forrajeras tolerantes a la acidez y con bajos requerimientos nutricionales. Se descentralizó la evaluación de germoplasma a nivel de subcosistemas y se fortaleció la evaluación de adaptación de materiales promisorios a través de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Además se inició la validación de pasturas mejoradas basadas en leguminosas a nivel de finca y se incrementó el área bajo pasturas mejoradas.

Para la década de los noventa se plantean nuevas estrategias orientadas a documentar la adopción de la tecnología de pasturas mejoradas y a incrementar la sostenibilidad de los sistemas mediante la integración de pasturas y cultivos. Se describen los últimos resultados de la siembra de líneas de arroz tolerantes a la acidez con gramíneas y leguminosas forrajeras y el efecto de las pasturas mejoradas sobre los rendimientos del cultivo. Por último, se mencionan los planes de investigación para entender el efecto del manejo sobre la productividad y estabilidad de los componentes de las pasturas y la importancia del reciclaje de nutrimentos en pasturas puras y asociadas.

INTRODUCCION

El Programa de Pastos Tropicales del CIAT tienen como objetivo principal "desarrollar opciones tecnológicas de pasturas de bajo costo, de bajo riesgo y alta estabilidad para incrementar la producción de carne y leche en los suelos ácidos e infértiles de las tierras marginales y de frontera de América Tropical" (CIAT, 1986). Desde un principio se decidió que esta tecnología debería estar basada en la selección de especies de gramíneas y leguminosas tolerantes a la acidez con bajos requerimientos nutricionales.

Durante la última década se incrementaron los esfuerzos de selección mediante la creación de centros mayores de evaluación en ecosistemas de sabanas (Colombia), cerrados (Brasil), trópicos húmedos (Perú) y en Centroamérica (Costa Rica) y la prueba masiva de materiales en ensayos regionales a través de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT). Esto ha dado como fruto la identificación de gramíneas y leguminosas forrajeras altamente adaptadas y productivas para la mayoría de los ecosistemas del trópico latinoamericano (Cuadro 1). Algunas de ellas ya han sido liberados comercialmente por algunos de los países miembros de la red. En forma simultánea se han desarrollado tecnologías de establecimiento de bajo costo para ecosistemas de sabana y de cerrados (Ayarza y Spain, 1988; Spain *et al.*, 1989; Spain y Couto, 1989). Esto ha permitido el incremento en el área de pasturas mejoradas en más de siete mil hectáreas en la altillanura colombiana y la iniciación de la validación de pasturas basadas en leguminosas para doble propósito (carne y leche) en el piedemonte llanero y caqueteño (CIAT, 1988).

Cuadro 1. Especies de gramíneas y leguminosas forrajeras seleccionadas y liberadas por varios países del trópico latinoamericano.

NOMBRE	CULTIVAR Y PAIS
Gramíneas	
Andropogon gayanus	Carimagua(C); Planaltina(B); Sabanero(V); Llanero(M)
Brachiaria dictyoneura	Llanero (C)
Brachiaria humidicola	B. dulce (C); Kikyo de Amazonía (E)
Brachiaria brizantha	Marandú (B y C)
Leguminosas	
S. guianensis	Pucallpa (P)
Stylosanthes capitata	Capica (C)
Centrosema acutifolium	Vichada (C)
Desmodium ovalifolium	
Arachis pintoi	

C= Colombia; B=Brasil; V=Venezuela; E= Ecuedor; P=Perú y M= México.

Estrategias Para La Decada de Los Noventa

Para la década de los noventa el programa de Pastos Tropicales, ha desarrollado nuevas estrategias de acción, basadas en la existencia de germoplasma forrajera adaptado. Estas estrategias son:

1. Documentar la adopción y el beneficio económico de las pasturas mejoradas basadas en leguminosas a nivel del productor.
2. Evaluar la capacidad de las pasturas mejoradas para mantener o recuperar la fertilidad del suelo en áreas marginales.
3. Desarrollar sistemas sostenibles de pasturas para suelos ácidos.
4. Fortalecer la capacidad de las instituciones nacionales para estimular y satisfacer la demanda por tecnología de pasturas mejoradas.

[1]Sección Relación Suelo-Planta y Reciclaje de Nutrientes, Programa de Pastos Tropicales, CIAT, Cali, Colombia.

Cuadro 2. Características químicas de los sitios utilizados en las siembras de arroz-pastos en 1989.

SITIO	M.O.	P Bray II	pH	SAT Al	Al	Ca	Mg	K
	%	mg/kg		%	----------cmol(+)/kg----------			
La Balsa	2.0	2.8	4.6	95	2.7	0.08	0.05	0.08
Matazul	3.8	1.8	4.4	94	3.5	0.18	0.06	0.07

Fuente: CIAT, 1989a.

Integración de Pasturas y Cultivos

Una de las alternativas para incrementar la adopción de las pasturas mejoradas en suelos marginales es la integración de cultivos anuales tolerantes a la acidez. La siembra de los cultivos en una combinación adecuada con los pastos permitirá cubrir los costos del establecimiento de la pastura con el producto de la cosecha y dejar un efecto residual de la fertilización importante para la pastura. A su vez, la rotación de cultivos con pasturas mejoradas (ley-farming) puede ser beneficiosa para la producción del cultivo, si ocurre un efectivo reciclaje de nutrimentos y la acumulación de N en pasturas con leguminosas.

Para probar el potencial de estos sistemas en condiciones de sabana, se sembraron en 1989 varias gramíneas y leguminosas forrajeras en asociación con una línea de arroz de secano tolerante a la acidez, seleccionada por el CIAT (1989a). Los experimentos se llevaron a cabo en varios Oxisoles de los llanos colombianos, cuyas características químicas se presentan en el Cuadro 2. Se obtuvieron buenos rendimientos de arroz tanto en monocultivo como en el sembrado con *A. gayanus* y *S. capitata* en forma simultánea (Cuadro 3). Además se observó un establecimiento más vigoroso de la pastura asociada con el arroz, debido a los mayores niveles de fertilización aplicados al cultivo (Cuadro 4). Similares resultados se obtuvieron en otras pasturas (CIAT, 1989a).

El efecto de una pastura sobre los rendimientos del arroz, se determinó utilizando una pastura de *B. decumbens* sola y asociada con *P. phaseoloides* los cuales estuvieron 10 años bajo pastoreo. Estas pasturas recibieron una fertilización de establecimiento de 20 kg P/ha, 100 kg Ca/ha, 20 kg K/ha, 10 kg Mg/ha y 20 kg S/ha y una fertilización de mantenimiento de 10 kg P/ha, 20 kg K/ha, 10 kg Mg/ha y 20 kg S/ha cada dos años. Además se incluyó una pastura en sabana nativa. En el Cuadro 5 se presentan las características químicas de los tres sitios. Después de la preparación del suelo se aplicó una fertilización basal de 300 kg de cal dolomítica/ha (22% Ca y 8% de Mg), 100 kg K/ha y una combinación de tratamientos de 25 y 50 kg P/ha y 0, 40 y 80 kg N/ha.

La Figura 1 muestra los resultados de las aplicaciones de P y N en los rendimientos del cultivo en los tres sitios. No se observaron diferencias en los rendimientos del arroz por efecto de las aplicaciones de P en ninguno de los tres sitios. Sin embargo, los rendimientos de arroz en sabana y en la pastura de gramínea pura mostraron

Cuadro 3. Producción de grano y de forraje en asociaciones de arroz y pastos sembrados en forma simultánea en un Oxisol de la altillanura colombiana.

SISTEMA	ARROZ	PASTO
	--------- kg/ha --------	
Arroz en monocultivo	2185	
Arroz + *A. gayanus* + *S. capitata*	2066	615[1]

[1] Pasto cortado al momento de la cosecha del arroz.
Fuente: CIAT, 1989a.

Cuadro 4. Efecto del tipo de fertilización sobre el establecimiento de *A. gayanus* + *S. capitata* en un Oxisol de los Llanos Colombianos.

SISTEMA	FERTILIZACION N	P	Ca	Mg	K	A. gayanus	S. capitata
	---------- kg/ha ----------					------ kg/ha ------	
Arroz	80	50	66	24	100	1265	1329
Arroz (-N)	0	50	66	24	100	1158	1449
Pastos	0	20	40	10	20	319	732
Sin Fertilizar	0	0	0	0	0	151	341

Fuente: CIAT, 1989a

Cuadro 5. Propiedades químicas de los suelos bajo vegetación de sabana y bajo pasturas mejoradas utilizadas en los experimentos con arroz en Carimagua, Colombia.

PASTURA	M.O	P Bray II	pH	SAT Al	Al	Ca	Mg	K
	%	mg/kg		%	--------cmol(+)/kg------			
Sabana nativa	3.0	2.1	5.0	94	2.9	0.16	0.02	0.06
B. decumbens	3.2	1.1	5.1	88	2.9	0.31	0.08	0.07
B. decumbens + P. phaseoloides	3.3	1.3	4.9	86	3.0	0.39	0.09	0.09

Fuente: CIAT, 1989a.

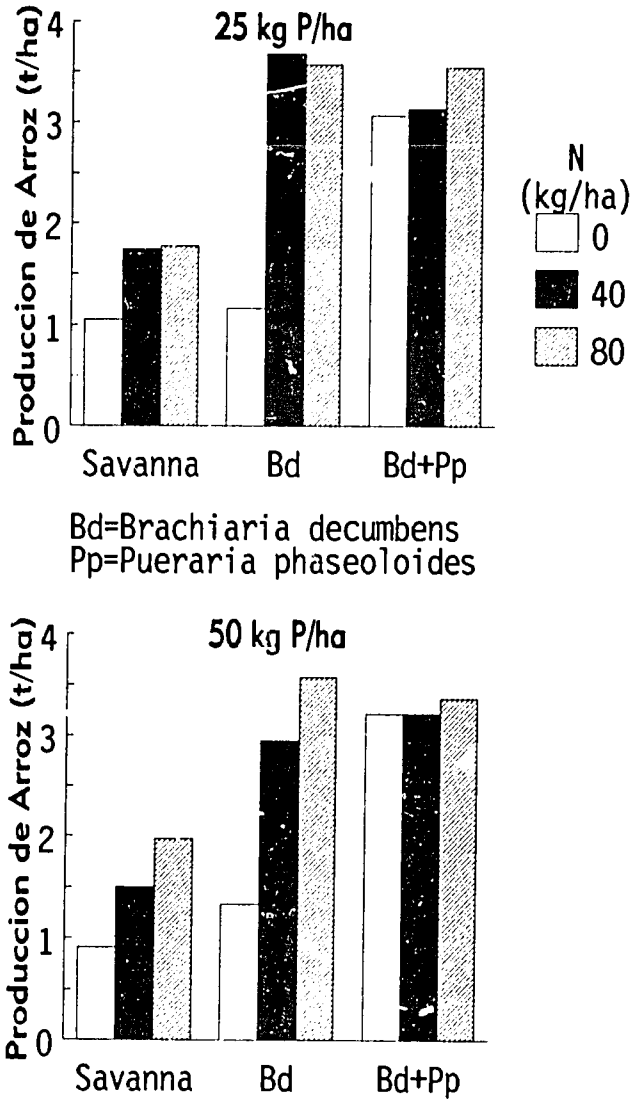


Figura 1. Respuesta del arroz sembrado después de 10 años de una pastura mejorada y de sabana nativa a varios niveles de fertilización fosfórica y nitrogenada.

respuesta al N, pero no en los de la pastura asociada. Estos resultados indican que existe un incremento en la fertilidad del suelo bajo pasturas asociadas bien manejadas, y este incremento se puede reflejar en los rendimientos de los cultivos. Se están determinando los factores asociados en este efecto. Existen evidencias previas que muestran que la fertilidad en la superficie del suelo bajo pasturas se incrementa con el tiempo (CIAT, 1989b), y que las poblaciones de micorriza y la actividad biológica es mayor en pasturas asociadas (CIAT, 1989c; Pashanasi y Lavelle, 1987).

Durante el presente año, se han iniciado las evaluaciones de compatibilidad agronómica de un mayor numero de gramíneas y leguminosas forrajeras promisorias, con arroz y soya y se está probando el efecto de otras pasturas de gramíneas puras y asociadas que estuvieron bajo pastoreo, sobre los rendimientos del arroz. El esfuerzo abrirá nuevas posibilidades a los aspectos de integración de pastos y cultivos y permitirá incrementar la adopción y sostenibilidad de los sistemas de pasturas mejoradas. También se están desarrollando trabajos para seleccionar gramíneas y leguminosas tolerantes al sombreamiento para sistemas silvopastoriles (CIAT, 1988).

Sostenibilidad De Sistemas De Pasturas Mejoradas En Suelos Acidos

Con el fin de conseguir la máxima contribución de las pasturas mejoradas a la sostenibilidad del sistema en suelos marginales es necesario que: 1) los componentes de las pasturas persistan; 2) exista una efectiva fijación de N por parte de la leguminosa; y 3) haya un eficiente reciclaje de nutrimentos (CIAT, 1989b). Sin embargo estas condiciones pueden estar influenciadas por el tipo de suelo, compatibilidad entre las especies y su reacción al pastoreo y por el manejo animal y régimen de fertilización de las pastura. Para entender el efecto que estos factores tienen sobre la persistencia de la pradera y sobre el reciclaje de nutrientes se ha ensamblado un grupo multidisciplinario compuesto por especialistas en suelos y reciclaje de nutrientes, nutrición y fisiología de plantas y manejo animal. Este equipo deberá identificar los componentes críticos del reciclaje y desarrollar metodologías para medir su dinámica y su relativa importancia en la sostenibilidad de pasturas basadas en leguminosas. Se espera que la contribución de este grupo sea la de suministrar un mayor conocimiento de los principios de manejo de pasturas tropicales mejoradas y desarrollar metodologías sencillas para medir procesos críticos, que sean de utilidad para los investigadores de la red.

LITERATURA CITADA

Ayarza, M.A. y J.M. Spain. 1988. Manejo del ambiente físico y químico para el establecimiento de pasturas mejoradas. Trabajo presentado en la IV reunión del Comité asesor de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Veracruz, Mexico. Sept. 1988.

CIAT. 1986. Informe Anual. Programa de Pastos tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali Colombia.

CIAT. 1988. Informe Anual. Programa de Pastos Tropicales. Sección Sistemas de Producción. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT, Cali Colombia.

CIAT. 1989a. Informe Anual. Programa de Arroz. Sección Arroz-Pastos. Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT, Cali, Colombia.

CIAT. 1989b. Informe Anual. Introducción Programa de Pastos Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT, Cali Colombia.

CIAT. 1989c. Informe anual. Programa de Pastos tropicales. Sección Relaciones Suelo/Planta y Reciclaje de Nutrientes. Centro Internacional de Agricultura Tropical. CIAT, Cali, Colombia.

Pashanasi, B y P. Lavelle. 1987. Soil macrofauna as effected by mangement practices. En Tropsoils Technical Report, 1986-1987. Claudle, N (ed). North Carolina State University, Raleigh, NC.

Spain, J.M. y W. Couto. 1989. Establecimiento y desarrollo inicial de pasturas de Andropogon gayanus en sabanas tropicales. En Andropogon gayanus Kunth: un pasto para suelos ácidos del trópico. Eds. (Toledo, J.M.; R. Vera, C. Lascano y J. Lenné) Centro Internacional de Agricultura Tropical.

Spain, J.M.; Gualdrón, R.; Perdomo, C. and Avila, P. 1989. Effect of rate and placement of phosphorus on the establishment of legume-based tropical pastures in Oxisoles. En Internacional Grassland Congress (16th: 1989: Nice, France) Proceedings. Association Francaise pour la Production Fourragere, Montrouge, France. p. 47-48.

Resumen de los Artículos Presentados Sobre el Desarrollo de Pasturas en el Trópico Latinoamericano

Carlos Castilla[1]

Durante la década de los ochenta, la opción de pasturas en el trópico latinoamericano ha sido revolucionada por el programa de Pastos Tropicales del CIAT, con la introducción de gramíneas y leguminosas de alta productividad, tolerantes a la acidez y con bajos requerimientos nutricionales. El enfoque general es aumentar la producción de carne y leche en los suelos ácidos e infértiles de las tierras marginales y de frontera agrícola de América Tropical. La estrategia a ser utilizada en cada uno de los diferentes ecosistemas del trópico húmedo latinoamericano es la asociación de leguminosas, productoras de N, con gramíneas de alta productividad de biomasa, con requerimientos mínimos de fertilización, especialmente P. La selección de especies adaptadas a cada ecosistema se realiza por medio de una serie de ensayos regionales coordinados por la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT).

Simultáneamente, las actividades del Programa de Apoyo Colaborativo para Manejo de Suelos de la Agencia Internacional de Desarrollo de los Estados Unidos (TropSoils) han logrado un progreso considerable en el desarrollo de nuevas tecnologías para el manejo de suelos tropicales, en donde las pasturas mejoradas tienen una función importante. Con la creación de RISTROP en el año 1986, para transferir y validar las tecnologías mejoradas, los objetivos de la RIEPT y RISTROP llegan a ser los mismos.

Las dos redes son complementarias. Teóricamente la RIEPT aporta el germoplasma y RISTROP el manejo de suelos. Como puede observarse en los trabajos presentados, la diversidad de ambientes ecológicos en donde la opción de pasturas encaja, demanda un amplio rango de germoplasma para un rango igualmente amplio de condiciones edáficas. Además, los trabajos de investigación identifican las áreas prioritarias para el desarrollo de pasturas como son:

1. Identificar germoplasma adaptado para una condición ecológica específica.
2. El establecimiento de pasturas asociadas, con énfasis en la introducción de leguminosas en praderas degradadas.
3. El manejo de pasturas productivas a largo plazo.
4. La integración de las pasturas mejoradas con otras opciones tecnológicas.

En general los trabajos presentados indican un excelente potencial para mejorar la producción animal mediante el uso de especies forrajeras adaptadas a suelos ácidos con mínimos insumos de fertilización y laboreo, con énfasis especialmente en la recuperación de suelos degradados y producción sostenida a largo plazo. Además, proponen una fácil integración de la opción de pasturas con otros sistemas promisorios como los cultivos de ciclo corto o los sistemas agroforestales.

[1]Ing. Agr., Programa de Suelos Tropicales, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695-7619, USA.

Recomendaciones del Grupo de Trabajo en Sistemas de Pasturas

Recuperación de Pasturas Degradadas

Justificación

Existe interés de los países participantes en continuar los experimentos de "Recuperación de Pasturas". Estos estudios a corto plazo deberán indagar métodos de inclusión de especies forrajeras promisorias en áreas degradadas. Los factores a estudiar y la combinación de ellos serán seleccionados por los participantes de cada país, según su problemática e interés específico. Las opciones discutidas fueron las siguientes:

Labranza	Fertilización	Control Vegetativo	Sistema Siembra	Especie	Semilla
Cero	Con	Sin cont.	Voleo	Leguminosas	Sexual
Mínima	Sin	Quema	Surcos	Gramíneas	Vegetativa
Total		Quema +herb.	Franjas	Asociaciones	
Época		Herbicida Control manual Mecanizado Sobrepastoreo	Chuzo	Árboles (?)	

MATERIALES Y METODOS

Los experimentos deben realizarse en pequeñas parcelas y en potreros de agricultores, que permitan visualizar objetivamente la efectividad de los diversos tratamientos. El área máxima de los ensayos deberá ser aproximadamente 1000m^2. Se plantea elegir los factores más relevantes o una combinación de ellos para tener experimentos manejables (6 tratamientos?). El diseño experimental sera de parcelas divididas con tres repeticiones. Debe incluirse como testigos el área degradada.

Variables de caracterización inicial del área:

a). Suelo:

Parámetros químicos- pH, cationes intercambiables, micronutrientes, P, C orgánico.

Parámetros físicos- densidad aparente, textura y resistencia mecánica.

Parámetros biológicos-?

Profundidad de muestro- 0-5, 5-10 y 10-30cm.

b) Planta:

Composición botánica, biomasa seca, estado inicial, análisis de tejidos Variables a medir- Cobertura (4, 8, 12 semanas) y producción de materia seca

Las metodologías de evaluación deberán ser similares en cada sitio. Con fines de coordinación e intercambio los participantes deberán tener una copia del proyecto de cada uno de los proponentes, a través del Coordinador de RISTROP.

Monitorear el Proceso de Degradación

Justificación

En esta fase las acciones de RISTROP complementarán los ensayos de RIEPT (Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales), enfatizando en la relación suelo-planta, bajo distintos regímenes de manejo del pastizal. Se debe enfocar primero la caracterización de lo que es una pradera degradada. A corto plazo se recomienda la caracterización de la degradación agronómica y sus implicaciones ecológicas y socioeconómicas.

MATERIALES Y METODOS

1. Diagnóstico en fincas:
   -Aspectos socioeconómicos (tenencia de la tierra, disponibilidad de crédito, infraestructura, aspectos institucionales, asistencia técnica, etc.)
   -Aspectos ecológicos (clima, topografía, etc.)
   -Aspectos agronómicos (en 2 ó 3 fincas representativas)
   Suelo: química, física y biológica
   Planta: composición botánica, biomasa, especie
   Manejo: carga animal, sistema de pastoreo
2. Identificación de factores causantes de la degradación:
   -Definición de tratamientos (degradado y no degradado)
   -Parámetros a medir
   Disponibilidad de forraje
   Composición botánica
   Cantidad y calidad del mantillo
   Características químicas, físicas y biológicas del suelo
   Manejo

A largo plazo, los mejores tratamientos agronómicos serán probados en áreas grandes incluyendo el factor animal.

Participantes del Grupo:

Armando Ferrufino (líder)- IBTA, Chapare, Bolivia
José Salinas- PDAR, Chapare, Bolivia
Miguel Ayarza- CIAT, Colombia
Deysy Lara- INIAA, Perú
Víctor Prado- MAG, Costa Rica
Rubén Sinclair- ENA, Honduras
Milton Villarreal- ITCR, Costa Rica

Previous Page Blank

La Precision Experimental de los Ensayos Regionales con Maíz (*Zea mays* L.) a traves de Centroamérica

H.J. Barreto y W.R. Raun[1]

INTRODUCCION

El programa regional de maíz del CIMMYT en colaboración con los programas nacionales de investigación agrícola de El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Haití, Panamá, República Dominicana, Costa Rica y Cuba, realizan ensayos de investigación agronómica a través de la región Centroamericana. Por medio de estos ensayos se pretende fortalecer la colaboración horizontal entre los países del istmo y sus contrapartes del Caribe, para así lograr una investigación agrícola eficiente a nivel de cada uno de los países del área. Los ensayos a nivel regional se centran en factores limitantes de la producción que son comunes a la gran mayoría de países lo que establece un vínculo que facilita el intercambio de información entre países. La descripción detallada de las características de los ensayos regionales se encuentra en el documento **Ensayos Regionales de Agronomía de los Programas Nacionales de Centro América y el CIMMYT, 1989**. Se espera que esta estrategia de investigación rinda frutos en la medida que se comparten, no solo los resultados de la investigación regional y su metodología, sino que también se aplican los resultados a nivel local para la generación de recomendaciones específicas para los agricultores de cada país.

Finney, 1988 indica que en una serie de experimentos se puede obtener información muy útil para la planificación de nuevos ensayos, aunque muy a menudo esta información permanece sin utilizacion por los programas de investigación agrícola. La meta de este documento es la de utilizar la información generada por los experimentos regionales con maíz en términos de la variabilidad observada a través de la región y del impacto de la precisión experimental en la detección de diferencias estadísticamente significativas y por ende en la selección de diferentes alternativas tecnológicas. Es de esperar que a partir del análisis y discusión de esta información se mejore la planificación de las etapas posteriores de la investigación regional. Este reporte cubre lo pertinente al análisis de los ensayos regionales de agronomía con maíz efectuados durante 1989 en los diferentes países de Centro América.

MATERIALES Y METODOS

Para el análisis de la variabilidad de los experimentos se utilizaron un total de 55 ensayos ubicados a través de Centro América. El Cuadro 1 ilustra la distribución del número total de experimentos por componente tecnológico estudiado regionalmente. De los 55 ensayos evaluados, 40 fueron parte de los ensayos regionales de agronomía. Los 15 ensayos restantes corresponden a un grupo de ensayos de evaluación de híbridos realizados a través de la región como parte del Programa Cooperativo Centroamericano de Mejoramiento de Cultivos y Animales (PCCMCA). La inclusión de diversos tipos de ensayos dentro del análisis se hizo para así obtener una muestra mas amplia en la cual basar la discusión. Todos los ensayos utilizaron un diseño de bloques completos al azar. El número de repeticiones por tratamiento fue de 3 para los ensayos de P, S y leguminosas intercaladas y 4 repeticiones para los ensayos de evaluación de híbridos.

Para estimar la precisión experimental se tomó de cada ensayo el cuadrado medio del error (CME) con sus correspondientes grados de libertad, como un estimado de la variabilidad aleatoria de la población (σ^2). Asimismo se incluyeron el rendimiento medio (toneladas de grano de maíz/ha al 15% humedad) y el coeficiente de variación (CV) para cada ensayo. El análisis preliminar consistió en el cálculo de parámetros estadísticos descriptivos (promedio, rango, varianza y desviaciones estándar) para las variables seleccionadas así como de la distribución de frecuencia de los CME por componente tecnológico evaluado y para todo el conjunto de ensayos. Posteriormente se sometió cada grupo de CME a la prueba de Bartlett para detectar heterogeneidad entre los estimados de varianza del error experimental (Gomez y Gomez, 1984). Finalmente se procedió a elaborar intervalos de confianza al 95% para la media del CME. El cálculo del error estándar de la diferencia entre dos promedios se hizo a partir de la varianza promedio con el fin de obtener un estimado de la desviación estándar sin sesgo estadístico (Steel y Torrie, 1980).

RESULTADOS Y DISCUSION

El Coeficiente de Variación y la Precisión Experimental

La decisión de usar el CME o su raíz cuadrada (desviación estándar del error) como parámetro básico para el análisis de esta serie de experimentos, se hizo en base a que la evaluación experimental del efecto de tratamientos generalmente se presenta en términos de la desviación estándar (e.g. error estándar de la diferencia, comparaciones múltiples entre medias, contrastes, etc) y no en términos del CV. Se debe tener en cuenta que el CV es un cociente de dos valores y como tal, su magnitud dependerá de las magnitudes relativas de sus componentes.

Existe aún en muchos investigadores la actitud, un tanto presuntuosa, de juzgar la precisión o "calidad" de la información experimental en base al coeficiente de variación. Para estos técnicos, los ensayos "buenos" o

1 Agrónomos del Programa Regional del CIMMYT para Centroamérica y El Caribe. Apdo. Postal 231-A. Guatemala, C.A.

Cuadro 1. Número de ensayos y algunos estadísticos descriptivos de los cuadrados medios del error experimental utilizados en el análisis. 1989-90.

Componenete tecnológico en evaluación	Numero de ensayos evaluados	GL en CME	Media del CME	Desviación estandár	Rango
Fósforo, fuentes dosis y mátodos	17	32	0.458	0.2341	0.167-0.864
Azufre, fuentes dosis y métodos	11	42	0.383	0.2578	0.104-0.923
Leguminosas intercaladas, especies y dosis de P	12	30	0.370	0.2262	0.117-0.932
Evaluación de híbridos	15	105	0.395	0.1770	0.182-0.726
Combinado	55		0.406	0.2200	0.104-0.932

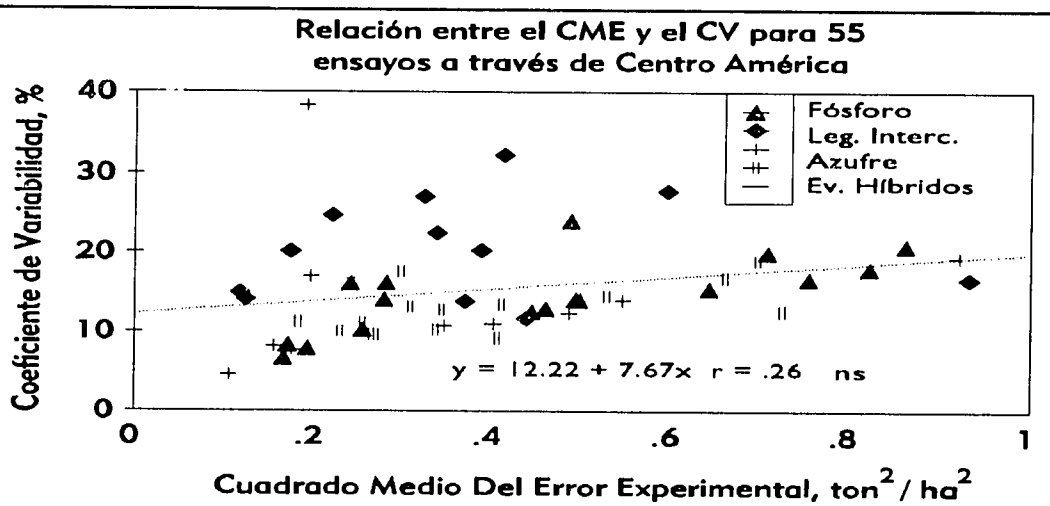


Figura 1. Relación entre el cuadrado medio del error experimental y el coeficiente de variación. Nótese la poca explicación de la variación del CV por la pendiente en el rango de 0.1 a 0.9 y la ausencia de significancia estadística del coeficiente de correlación de Pearson.

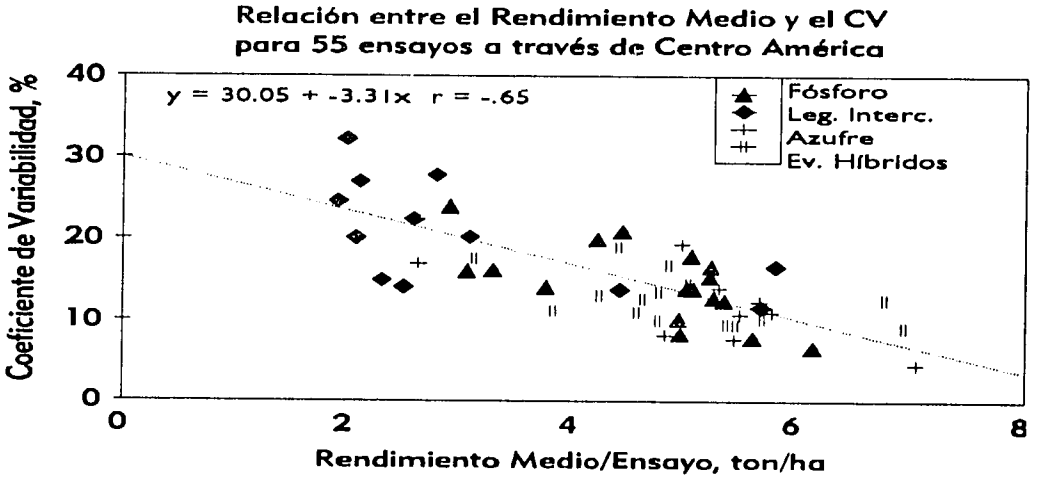


Figura 2. Relación entre el rendimiento medio por ensayo y el coeficiente de variación. Nótese la alta correlación entre estas dos variables.

"precisos" tienen CV bajos (e.g. < 10% para rendimiento en maíz), mientras que los ensayos "malos" o "imprecisos" tienen obviamente CV altos (e.g. > 20%). En el Cuadro 2 se presenta la distribución de frecuencia de los CV en intervalos de 5% para los 55 ensayos regionales. Si se aplicara la clasificación arbitraria descrita anteriormente, tendríamos que 84% de los ensayos tienen un CV por encima de 10%. Quiere decir esto que 84% de los ensayos eran imprecisos? De ninguna manera, para que el CV sea un indicador directo del nivel de precisión, se requiere que el rendimiento medio se mantenga constante, lo cual es improbable cuando se comparan ensayos a través de múltiples localidades y diversos ambientes. El hecho indiscutible es que la precisión experimental depende en forma directa de la variabilidad aleatoria (medida como la desviación estándar del error experimental) y no del coeficiente de variación a diferentes niveles de rendimiento.

Las correlaciones existentes entre el CME y el CV, y el CME y el rendimiento medio para los 55 ensayos utilizados en este análisis se incluyen en las Figuras 1 y 2, respectivamente. Estas Figuras ilustran claramente lo inadecuado de utilizar el CV como parámetro de evaluación de la precisión experimental para este grupo de ensayos. Peor aún, la clasificación subjetiva entre ensayos con CV alto y ensayos con CV bajo, tiende a manifestar simplemente diferencias en la magnitud del rendimiento medio y no necesariamente de la variabilidad aleatoria. Estadísticamente esto se visualiza por la alta correlación entre el CV y el rendimiento medio y la poca correlación entre el CV y CME (Figuras 1 y 2).

Cuadro 2. Tabla de frecuencias absolutas y relativas para el coeficiente de variación de 55 ensayos realizados a través de Centro América por el Programa Regional de Maíz para Centro América y El Caribe.

Intervalo de clase, %	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa, %
CV < 5	1	1.8
5 CV < 10	8	14.6
10 CV < 15	23	41.8
15 CV < 20	12	21.8
20 CV < 25	6	10.9
25 CV < 30	2	3.6
30 CV < 35	1	1.8
35 CV < 40	1	1.8
CV 40	1	1.8
Total	55	100.0

Distribución de los Cuadrados Medios del Error

El Cuadro 1 presenta algunas estadísticas descriptivas para los CME de cada tipo de ensayo así como para el total de estos. La distribución de frecuencia para los CME, por componente tecnológico y para el grupo total, en intervalos de clase de 0.1 ton^2/ha^2, se presentan en las Figuras 3 y 4, respectivamente. Es de notar que la gran mayoría de los CME (74.5% del total) tienen valores comprendidos entre 0.1 y 0.5 ton^2/ha^2. También es importante resaltar la similaridad entre los promedios y el rango de valores de CME para cada tipo de ensayo. Esto sugiere que a pesar de tratarse de experimentos con diferentes componentes tecnológicos, la alta o baja variabilidad, no parece estar relacionada con la evaluación de algún componente tecnológico en particular. Sin embargo, Las pruebas de Bartlett fueron altamente significativas para cada grupo de ensayos. Esto indica que existe heterogeneidad de las varianzas dentro de cada grupo y/o una desviación marcada en relación a la distribución normal (Steel y Torrie, 1980). En este momento no se tiene una explicación satisfactoria sobre la razón de la heterogeneidad de las varianzas dentro de cada grupo de ensayos.

Los estimados de la desviación de la distribución de los CME con respecto a la distribución normal (skewness y kurtosis) para el grupo de 55 ensayos fueron 0.776 y -0.247 para la skewness y la kurtosis respectivamente. Esto indica que la distribución de los CME está sesgada hacia la izquierda y está ligeramente aplanada respecto a una distribución normal. La falta de simetría de la distribución de los CME podría afectar el uso de la media como la medida de tendencia central de la distribución (Alreck y Settle, 1985). Por esta razón el cálculo de la media de CME y el error estándar de la diferencia entre promedios se realizó tanto para el grupo total de datos como para el grupo de CME que tenían valores menores de 0.5 ton^2/ha^2 (74.5% del total de ensayos analizados). Aparentemente el valor de la kurtosis no es suficientemente grande como para sugerir que el uso de la desviación estándar como medida de dispersión de los datos este seriamente afectada.

Relación Entre el CME y el Rendimiento Medio

Con el fin de determinar la posible relación entre el CME y el nivel de rendimiento promedio se realizó una regresión linear entre estas variables utilizando el grupo completo de datos. La Figura 5 claramente demuestra la ausencia de correlación entre estas dos variables. El análisis de regresión corroboró que la pendiente de regresión no era estadísticamente diferente de cero y por esta razón no se incluye esta información. Dado que la magnitud de la varianza experimental no fue afectada por el tipo de ensayo o el nivel de rendimiento, conduce a pensar que la variabilidad observada para los CME es quizá parte de la dispersión inherente al tratar de visualizar datos provenientes de diferentes zonas climáticas y realizados por diferentes investigadores. Sin embargo, para los propósitos de este documento esta dispersión de

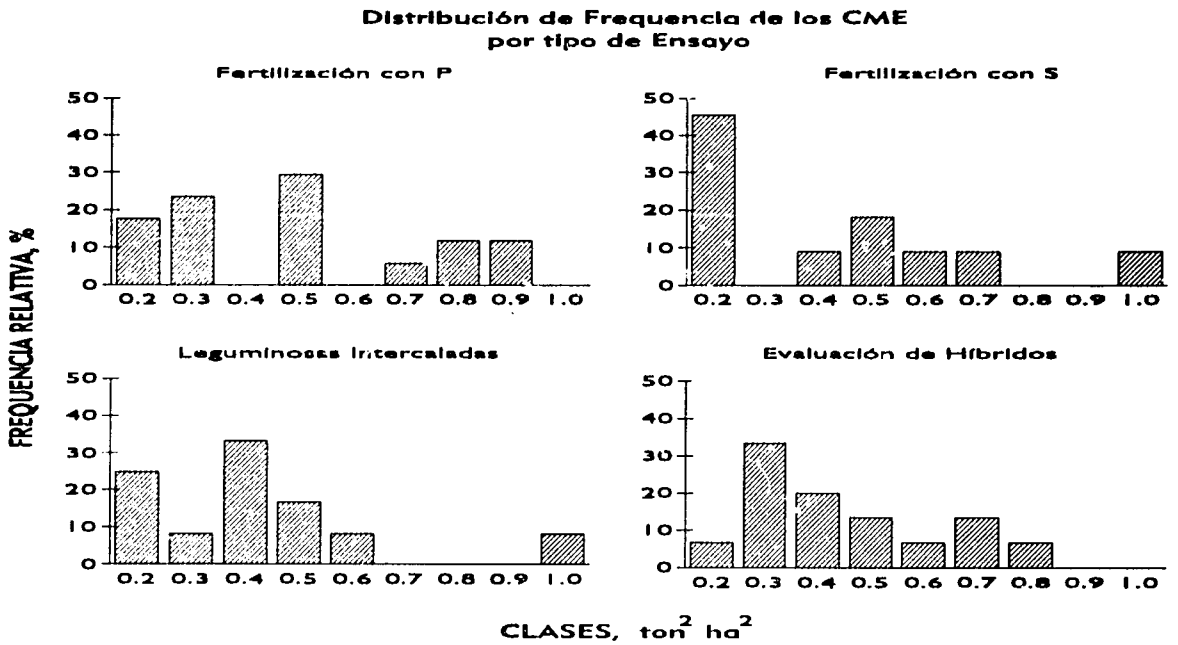


Figura 3. Distribuión de frecuencia de los cuadrados medios del error para cada uno de los componenetes tecnológicos evluados en los ensayos regionales a través de Centroamérica durante 1989.

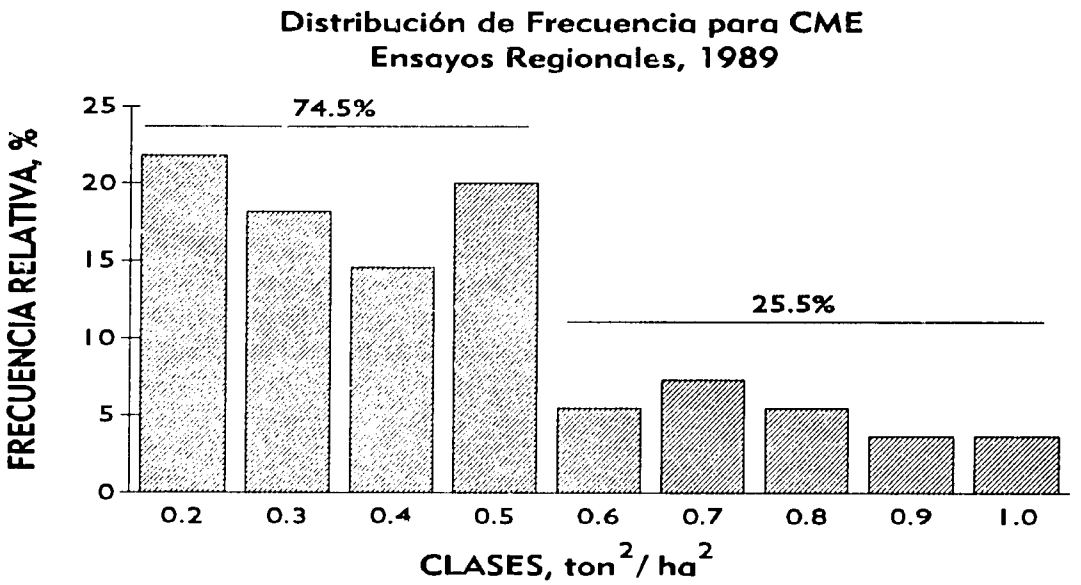


Figura 4. Distribución de frecuencia de los cuadrados medios del error para los 55 ensayos regionales realizados a través de Centroamérica durante 1989.

los CME es útil pues permite visualizar los estimados de los errores estándar en términos de rangos y no como valores "estáticos".

Intervalos de Confianza para la Media del CME

Utilizando la varianza media de todos los ensayos (0.406 ton^2/ha^2) al igual que la media de las varianzas (menores de 0.5 ton^2/ha^2, cuya media se determinó que era 0.299), se establecieron intervalos de confianza (IC) al 95% para la varianza media. Los IC fueron ($0.307 <= s^2 <= 0.674$) y ($0.016 <= s^2 <= 0.5024$), respectivamente para el grupo de 55 ensayos y para el subgrupo con varianzas menores de 0.5 ton^2/ha^2.

Error Estándar de la Diferencia entre Promedios

Utilizando los estimados de la variabilidad aleatoria media y asumiendo que se desea realizar un ensayo con 10 tratamientos bajo condiciones similares, los errores estándar de la diferencia entre dos promedios (EED), calculados para la varianza promedio de todos los ensayos serían, 0.637, 0.520, 0.450 ton/ha, si el ensayo tuviese 2, 3 o 4 repeticiones, respectivamente. Para el subgrupo de

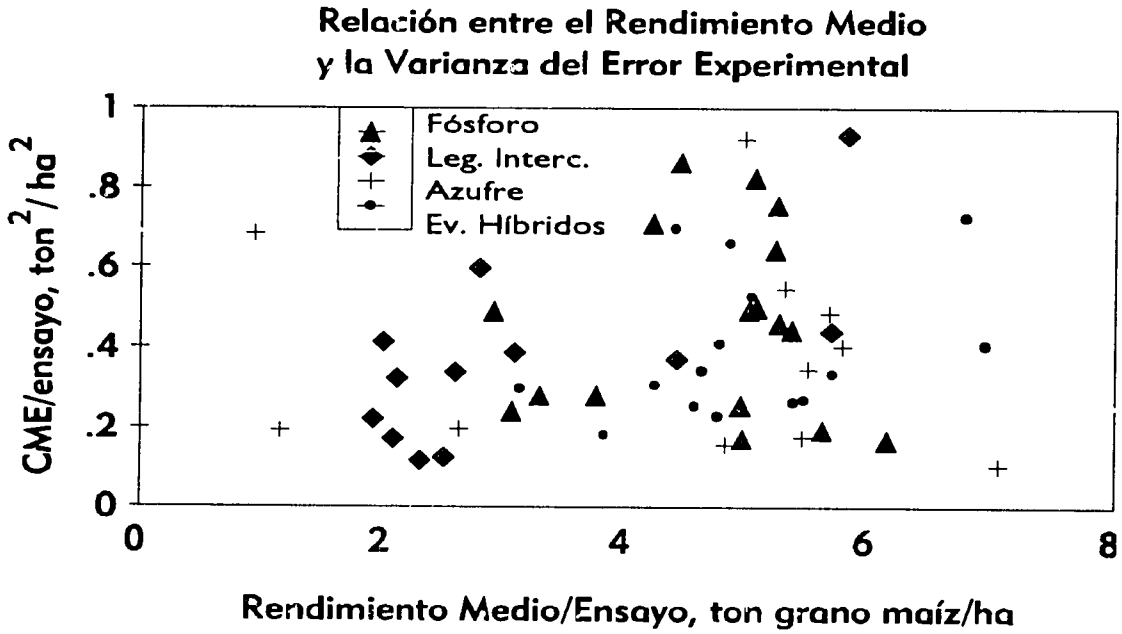


Figura 5. Diagrama de dispersión de la relación entre el rendimiento medio (ton grano de maíz/ha) y el cuadrado medio del error para 55 ensayos realizados a través de Centroamérica durante 1989.

ensayos con varianzas bajas (<0.5) los EED serían 0.547, 0.446, 0.387 ton/ha para 2, 3, y 4 repeticiones respectivamente.

Con el fin de calcular la verdadera diferencia que podría ser detectada estadísticamente, se puede asumir, para propósitos de discusión, que se necesita obtener una diferencia en rendimiento de maíz de magnitud igual a 3 veces el EED (dos veces el EED para lograr un nivel de significancia de 5% y un error estándar adicional por la mala suerte en caso de observar diferencias más pequeñas que la diferencia crítica, R. Mead, 1989, Universidad de Reading, Inglaterra, Comunicación personal).

Implicaciones de la Precisión Experimental en la Investigación Regional

Estos sencillos cálculos aritméticos indican que la varianza media de todos los ensayos evaluados (0.406 ton^2/ha^2) determina que es factible establecer diferencias estadísticas al 5%, cuando la diferencia en rendimiento entre dos tratamientos es del orden de 1.56 ton/ha (3 veces el EED) para un ensayo promedio con 3 repeticiones.

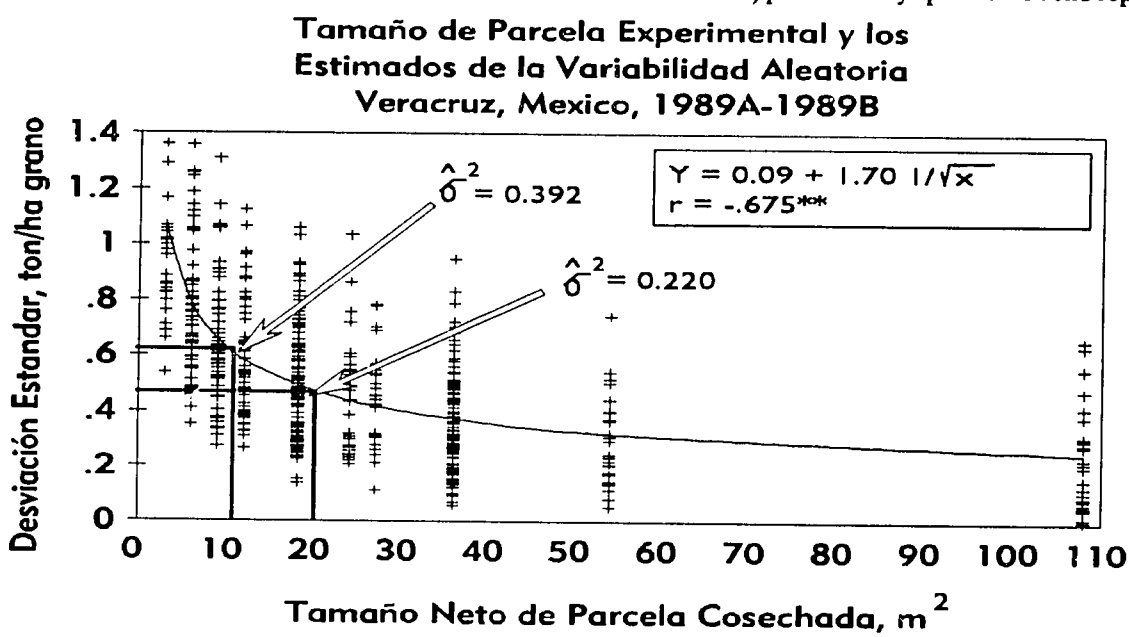


Figura 6. Relación entre el tamaño neto de parcela experimental y la desviación estandar (ton grano maíz/ha) para once ensayos de uniformidad realizados en fincas de agricultores en el estado de Veracruz, México, 1989. (Tomado de Barreto, H. 1989, sin publicar).

De igual manera, para ensayos con CME (<0.5 ton^2/ha^2), la varianza media de este grupo (0.299) determina que las diferencias entre dos tratamientos deben ser del orden de 1.3 ton/ha (3 veces el EED), para el mismo número de repeticiones por ensayo. Sin embargo, debe de tenerse presente que al hablar de un ensayo con 3 repeticiones, se refiere al número de repeticiones explícitas por unidad experimental y no al tipo de repetición oculta que existe en los ensayos con arreglos factoriales, en donde el nivel de un factor determinado esta repetido más veces que el número de repeticiones explícito por unidad experimental. La repetición oculta incrementa la precisión en virtud de un mayor número de observaciones por tratamiento.

Asimismo no se deben interpretar estos cálculos como indicativos de que al menos que se observe una diferencia en rendimiento de maíz de la magnitud descrita, no es posible declarar significancia estadística. Se debe tener presente que muchos otros factores afectan la precisión, incluyendo el diseño experimental, la naturaleza del factor bajo experimentación, tipo de arreglo de los tratamientos, tamaño de parcela y el número de repeticiones, para nombrar solo algunos. Sin embargo, estos cálculos ilustran algunas de las limitaciones potenciales en función de la variabilidad aleatoria observada dentro del contexto de la investigación regional.

La utilidad mayor de conocer de antemano el nivel de precisión promedio de los ensayos regionales, está en la selección de factores para experimentación futura. Los factores seleccionados durante la etapa de planificación deberán tener el potencial de incrementar los rendimientos en la magnitud necesaria para poder ser detectados estadísticamente. Si una alternativa tecnológica bajo consideración tiene implícito que debe incrementar el rendimiento en más de 1 ton/ha sobre la práctica convencional, para así poder tener certeza estadística que se trata de un efecto real, le plantea al investigador un dilema con respecto a la inclusión o no de esta como componente experimental en ensayos futuros. La pregunta que surge es, existen suficientes factores de experimentación que cuando son considerados independientemente pueden incrementar en 1 ton/ha el rendimiento comparado con la práctica convencional? Si el investigador decide incluir la nueva alternativa como componente experimental sin una idea clara de la magnitud de las diferencias esperadas y sin una utilización efectiva de las herramientas del diseño experimental, puede no estar utilizando eficientemente los recursos de investigación. El diseño experimental ofrece alternativas que han permanecido inexploradas por la mayoría de los investigadores agrícolas en Latinoamérica. Mediante la utilización de los recursos de cómputo existentes hoy en día, es posible desarrollar diseños para experimentos que van más allá de las ideas de los 1930, que en si mismas justifican casi todos los diseños experimentales utilizados en investigación agrícola hoy, treinta años después de la aparición del computador (Mead, 1988).

Si el interés es el de utilizar eficientemente los recursos de investigación, se hace imperativo pensar cuidadosamente en la selección del tamaño del experimento, la estructura de los tratamientos y la utilización de los grados de libertad (gl) disponibles en formas que estimen adecuadamente la varianza del error, controlen la variabilidad (bloques, covarianza, etc) y quizá contesten un mayor número de preguntas (Mead, 1988). Finney, 1988 sugiere en forma general que un ensayo con más de 20 gl para estimar el error experimental hace un uso relativamente ineficiente de los recursos de investigación. Esta aseveración esta basada en el hecho que al estimar el error experimental con 20 o mas gl, la ganancia en precisión es muy baja por cada gl adicional. Bajo este criterio, sin duda en los ensayos considerados en este documento, la estimación del error experimental contaba con suficientes gl y en algunos casos en exceso de los necesarios.

El Tamaño de Parcela y la Precisión Experimental

La relación entre el tamaño y forma de las unidades experimentales y la precisión estadística ha sido tópico de numerosas referencias en la literatura (Bryan,1931; Hatheway y Williams, 1958; Davis et al, 1981; Lin y Binns, 1986). Sin embargo, la gran mayoría de los ensayos experimentales a nivel de Centro América utilizan tamaños de parcela relativamente pequeños (10-20 m^2 de área útil cosechada). Los ensayos regionales tenían un tamaño de parcela útil (excluyendo bordes) de aproximadamente 10 m^2. Estudios realizados por Barreto, 1989 (sin publicar) en el estado de Veracruz, México, indican que dentro del rango de tamaño de parcela utilizado en los ensayos regionales, la precisión estadística puede ser aumentada considerablemente al duplicar el tamaño de parcela útil cosechada (de 10 a 20 m^2, Figura 6). Esto obviamente tiene implicaciones casi inevitables, ya que al usar parcelas más grandes el número total de parcelas por finca se reduce.

Es interesante notar que la varianza obtenida en los ensayos de Veracruz para un tamaño de parcela de 10 m^2 fue de 0.392 ton^2/ha^2, valor que se asemeja mucho a la media encontrada para los ensayos regionales de Centro América.

CONCLUSIONES

Se consideraron 55 experimentos con maíz realizados a través de Centro América durante 1989 por el Programa Regional de Maíz para Centro América y El Caribe. Los experimentos evaluaban los siguientes componentes tecnológicos: fertilización con P y S, asociación de leguminosas con el maíz y evaluación de germoplasma híbrido. El análisis reveló un que el cuadrado medio del error (la variabilidad aleatoria) de los ensayos oscila entre

0.104 y 0.932 ton^2/ha^2, con una media de 0.406 ton^2/ha^2. Este valor puede considerase tentativamente como representativo de la variabilidad aleatoria para ensayos con maíz realizados a través de Centro América por el programa regional.

La magnitud de la varianza media implica que las *verdaderas* diferencias en rendimiento entre tratamientos que pueden ser detectadas estadísticamente al 5% de significancia deben ser cercanas a 1.56 ton/ha (3 veces el error estándar de la diferencia entre dos promedios), para un ensayo típico (e.g. 10 tratamientos) con 3 repeticiones por unidad experimental y suficientes grados de libertad para estimar adecuadamente el error experimental (e.g. 20 gl en el error).

Las alternativas experimentales propuestas para aumentar la precisión de los ensayos regionales para 1990 incluyen: 1. incrementar en un 100% el tamaño de parcela neta cosechada en relación a los ensayos de 1989 y 2. recolectar mayor información sobre variables externas a los tratamientos dentro de cada sitio experimental con el fin de utilizar un mayor número de covariables que ayuden a explicar la variabilidad y por ende aumenten la precisión experimental.

El comparar ensayos realizados a través de Centro América por diferentes investigadores y ciertamente bajo diferentes condiciones climáticas, y el haber encontrado una varianza media "representativa" de los ensayos regionales plantea inquietudes importantes, principalmente en términos de la utilización práctica de esta información para la planeación de la experimentación agrícola en la región Centroamericana.

Al realizar un análisis retrospectivo sobre la variabilidad de los ensayos ya generados, se obtienen bases de acción más amplias y una mayor confianza en la expectativa que la investigación regional tiene un efecto complementario a la investigación adaptativa local realizada en cada uno de los países de Centro América.

LITERATURA CITADA

Alreck P. L y R.B. Settle. 1985. The survey research handbook. Richard Irwin, Inc, Homewood, Illinois.

Bryan A.A., 1931. A statistical study of the relation of size and shape of plot and number of replications in yield comparisons with corn. Iowa Agr. Exp. Sta. Rep. 1930-1931.p 67

Barreto, H. 1989. Plot management effects on yield variability and optimum plot size for on-farm trials with sole crop maize in tropical lowlands of Mexico. Sin publicar.

Davis, J.H.C., M.C. Amezquita y J.E. Munoz. 1981. Border effects and optimum plot sizes for climbing beans (Phaseolus Vulgaris) and maize in association and monoculture. Expl Agric. 17:127-135.

Finney, D.J. 1988. Was this in your statistics textbook? III. Design and analysis. Expl. Agric. 24:421-432

Gomez, K.A. y A. A. Gomez. 1984. Statistical procedures for agricultural research. 2nd ed. John Wiley and Sons, Inc. New York.

Hatheway, W.H. y E. J. Williams. 1958. Efficient estimation of the relationship between plot size and variability of crop yields. Biometrics. 14:207-222.

Lin, C.S. y M. R. Binns. 1986. Relative efficiency of two randomized block designs having different plot sizes and numbers of replications and plots per block. Agron. J. 78:531-534.

Mead, R. 1988. The design of experiments: statistical principles for practical application. Cambridge University Press. Cambridge, Inglaterra. 620pp.

Steel, R.G y J.H. Torrie. 1980. Principles and procedures of statistics. A biometrical approach. McGraw-Hill Book Co. New York. 633p.

Experiencias con Labranza de Conservación en Ladera, Sistemas Maíz-Sorgo y Maíz-Frijol, El Salvador

V. Mendoza, J.H. Sosa, H.J. Barreto, G.E. Sain y W.R. Raun[1]

INTRODUCCION

El énfasis que la investigación agrícola tiene hoy en día en relación al mantenimiento é incremento en productividad de los agroecosistemas, plantea numerosos interrogantes sobre la manera más efectiva para prevenir la degradación de los recursos naturales no-renovables, especialmente los suelos cultivados en áreas de montaña del trópico húmedo de Centro América. La labranza de conservación se ha definido como un sistema en el que se reduce la perdida de suelo o del agua (Soil Conservation Society of América, 1976). Las ventajas de la labranza de conservación en relación al uso más eficiente del agua, la prevención de la erosión y la disminución de costos de manejo del cultivo, han sido ampliamente documentadas para los países subtropicales (Lal, 1983, 1985); sin embargo, la documentación para las zonas tropicales es todavía escasa, especialmente en lo referente a la aptitud de uso de los suelos tropicales para este tipo de manejo.

El cultivo bajo labranza cero con cantidades adecuadas de mantillo sobre la superficie del suelo, ha demostrado ser una de las formas de manejo más eficientes para prevenir la erosión y a la vez mantener la productividad del suelo (Benoit y Lindstrom, 1987; Lal, 1985). Asimismo, Wade y Sánchez, (1983) resaltan el beneficio de las aplicaciones de residuos orgánicos en el mantenimiento de los rendimientos en un Ultisol cultivado continuamente y sin fertilización en el Perú.

De acuerdo a la FAO (1980), El Salvador tiene un 75% de su superficie considerada como zona de ladera con más de un 30% de la población total asentada en estas áreas. La alta población (mayor de 5 millones) en un país con tan solo 21,000 km^2, intensifica la presión sobre las tierras marginales, lo que causa problemas de erosión y degradación de los suelos. A pesar de esto, actualmente existe en el suroccidente de El Salvador, un área superior a 3000 ha, en donde la adopción de la labranza de conservación en laderas se ha implantado durante los últimos 15 años. La productividad agrícola del área de Metalío-Guaymango, no solo se ha mantenido, sino que ha aumentado significativamente a través del tiempo, sin un deterioro apreciable del recurso suelo (Calderon, F. 1990. CENTA, El Salvador, Comunicación personal). La combinación específica de circunstancias físicas, edáficas, sistema de cultivo, tipo de agricultor, factores socioeconómicos y disponibilidad de tecnología y extensión, que hicieron posible que la labranza de conservación fuese ampliamente adoptada en Metalío-Guaymango, ameritan su estudio y documentación detallada. Esto reviste particular importancia en relación al proceso de adopción de tecnologías de conservación de suelos por parte de los agricultores de Centro América. Asimismo, esta área puede servir de ejemplo para estudiar el impacto de la labranza de conservación en el mediano y largo plazo. Al establecer claramente las condiciones bajo las cuales existió adopción de la labranza de conservación en un área determinada, quizá nos permita plantear nuevas estrategias de acción a nivel regional que conduzcan a un aprovechamiento más racional del recurso suelo.

El objetivo de este documento es el presentar una descripción general de la experiencias con labranza cero en las áreas de Metalío-Guaymango y Opico-Quezaltepeque, El Salvador, utilizando información generada por los técnicos extensionistas e investigadores del Centro de Tecnología Agrícola (CENTA), durante los últimos 10 años. Esta información se complementa con resultados de experimentos donde se compara la labranza de conservación contra la labranza tradicional con quema de residuos en el área de Opico-Quezaltepeque. Estos experimentos se realizaron como parte del Programa Regional de Maíz para Centro América, Panamá y El Caribe.

Descripción de las Areas de Estudio Metalío-Guaymango

La posición geográfica de Metalío-Guaymango es 13°35'0" y 13°45'0" latitud norte, 89°50'0" y 89°55'0" longitud oeste. Las alturas promedio sobre el nivel del mar oscilan entre 10 y 250 msnm, con un relieve alomado con pendientes del 40% al 90%. Los suelos descansan sobre peniplanicies antiguas disectadas por rios y quebradas de lecho profundo (Garcia et al., 1966). El material parental de los suelos lo constituyen tobas y conglomerados poco intemperizados. Ciertas zonas son superficialmente pedregosas con afloramientos rocosos. Los suelos se encuentran clasificados como litosoles y latosoles arcillosos (Garcia et al., 1966). Estos suelos son en general acidos y bajos en P con predominio de las texturas franco arcillosas.

La distribución de la precipitación es unimodal con una canícula marcada durante los meses de julio y agosto. La precipitación total anual es de aproximadamente 1800 mm anuales, con una temperatura media anual de 24 °C.

En Metalío-Guaymango, el área total es de aproximadamente 6000 ha, correspondiendo 3000 ha para el sistema maíz-sorgo. La siembra del maíz tiene lugar al inicio de las lluvias durante las primeras semanas de mayo. A mediados de julio el sorgo se siembra entre

1 V. Mendoza, H. Sosa, Ingenieros Agrónomos., Centro de Tecnología Agrícola (CENTA), San Andres, La Libertad, El Salvador. H.J. Barreto, G.E. Sain, W.R. Raun, Agrónomo, Economista, Agrónomo, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Apdo. Postal 231-A. Guatemala, Guatemala

los surcos del maíz después que ocurre la polinización. El sorgo que siembran los agricultores es fotosensitivo y permanece creciendo lentamente hasta la dobla del maíz. La dobla del maíz se realiza a finales de agosto lo que permite que el sorgo este en capacidad de crecer libremente y producir. La cosecha del maíz ocurre entre noviembre-diciembre y el sorgo en enero (Centa, 1986; Mendoza, 1985).

La mayoría de los agricultores fertilizan, utilizando como fuente de N y P, la formula 16-20-0 complementada con sulfato de amonio. El total de N y P_2O_5 aplicado es de 106 y 57 kg/ha respectivamente. La fertilización se realiza a los 8 y 40 días después de la siembra. En el caso del sorgo, este se fertiliza con una dosis baja de N (30 kg/ha) al momento de la dobla del maíz. Una proporción variable de los rastrojos que quedan después de la cosecha se utilizan para pastoreo directo durante la época seca, principalmente durante los meses de febrero a abril.

Opico-Quezaltepeque

La posición geográfica del área de Opico-Quezaltepeque es 13°35'0" y 13°45'0" latitud norte, 89°16'30" y 89°21'37" longitud oeste. El área tiene una elevación promedio de 450 msnm. El relieve del área se caracteriza por terrenos fuertemente diseccionados de cerros y montañas bajas con pendientes que varían de 20 a 60% (Garcia et al., 1966). El material que dio origen a los suelos consiste de pómez y ceniza volcánica (Garcia et al., 1966). La textura general del horizonte superficial de los suelos de esta área es franco arenosa.

La distribución de la precipitación, es esencialmente unimodal sin canícula evidente. En esta región se reciben aproximadamente 1600 mm de precipitación promedio anual, con 90% de esta cantidad concentrada en los meses de Mayo a Septiembre. La temperatura media anual es de 25°C.

El área total bajo el sistema de maíz-frijol es de aproximadamente 5000 ha. En los últimos 50 años, esta área se ha caracterizado por tener una producción continua de maíz (sembrado en Mayo) y frijol (sembrado en relevo, en Agosto) por pequeños agricultores (área promedio de 0.5 a 2.0 ha). El área también se caracteriza por las quemas con fuego de los residuos de las cosechas de estos cultivos durante el mes de abril y previo a la nueva siembra, lo que deja los suelos desprovistos de rastrojo y aumenta el potencial de pérdidas de suelo por erosión (Sosa y Avelar, 1986; Sosa, 1987). La mayoría de los agricultores utilizan fertilizantes y dosis similares a las descritas para el área de Metalío-Guaymango.

Historia de la Labranza de Conservación en Metalío-Guaymango

En 1970, esta área presentaba una productividad bastante baja, los rendimientos de maíz fluctuaban entre 0.78 a 1.16 ton/ha y los de sorgo entre 0.6 a 0.8 ton/ha; la quema de rastrojos durante la preparación del suelo así como la tala de los bosques era generalizada (Calderon, 1990. CENTA, comunicación personal). Sin embargo, la tenencia de la tierra en esta época, aún bajo un mal manejo, ocasionaba que las parcelas descansaran durante algún tiempo, lo que permitía un restablecimiento moderado de la fertilidad del suelo, al menos hasta la próxima vez que eran utilizadas. A partir de la ley de reforma agraria de 1980, la mayoría de los agricultores de estas áreas se convirtieron de arrendatarios a propietarios de las mismas. Asimismo, durante esta época, la disponibilidad de crédito combinado con un gran esfuerzo de extensión agrícola se enfocó en la no quema, el uso de barreras muertas, conservación de los rastrojos, trazo de curvas a nivel, y utilización de germoplasma mejorado (Calderon, 1990. CENTA, comunicación personal). La adopción de siembra del maíz y el sorgo en contorno a la pendiente, la no quema y la conservación de los rastrojos se han generalizado en el área hasta el punto que un área superior a las 3000 ha, se encuentran bajo labranza de conservación en el sistema maíz-sorgo. Para 1989, el promedio de rendimiento en parcelas de validación en campos de agricultores fue de 3.3 y 2.1 toneladas por hectárea para el maíz y sorgo respectivamente (Mendoza, 1990).

Los mismos agricultores del área mencionada reconocen el impacto en la productividad, principalmente de los nuevos materiales de maíz que con manejo agronómico adecuado, responden favorablemente al manejo del suelo bajo labranza de conservación. La unidad de Validación y Economía del CENTA organiza giras periódicas llevando agricultores de áreas en donde la quema de residuos es todavía una práctica común (e.g. Opico-Quezaltepeque), para intercambiar experiencias con agricultores de Metalío-Guaymango, en un intento por transferir la tecnología de la conservación de residuos por tantos medios como sea posible (Sosa, J.H. y V. Mendoza. CENTA, comunicación personal).

Sin embargo, la cantidad de mantillo en Metalío-Guaymango que permanece in-situ después de cada ciclo de cultivo, se ha visto afectada en la medida que aumenta el numeró de cabezas de ganado que pastorea en los rastrojos de maíz y sorgo durante los meses secos. En sondeos informales se ha podido corroborar que la cantidad de rastrojo puede disminuir en un 50% o más, después del pastoreo (Mendoza, 1990, CENTA, El Salvador, Comunicación personal). Al reducir la adición de materia orgánica al suelo, se puede potencialmente afectar el mantenimiento del sistema en el largo plazo, ya que muchas de las ventajas de la labranza cero disminuyen, o peor aún, pueden desaparecer en la ausencia de un mantillo superficial.

Experimentación Sobre Labranza de Conservación en Opico-Quezaltepeque

Para estudiar la factibilidad de la labranza de

conservación y documentar los efectos de la quema de los rastrojos en la productividad a corto plazo, se realizaron ensayos en cerros de Opico-Quezaltepeque durante los años de 1988 y 1989. Dos de estos ensayos se siguieron en forma continua para dos ciclos de maíz y dos de frijol. La descripción detallada de la estructura de tratamientos y análisis de los tratamientos se encuentra en (Sosa et al., 1989). En este documento se incluyen solo algunos apartes de esta investigación en los aspectos relevantes a la comparación de labranza de conservación contra la quema de residuos (Cuadro 1 y2). Los resultados del ciclo de frijol constituyen efectos residuales de los tratamientos aplicados en la siembra de maíz (Cuadros 1 y 2). Al frijol unicamente se le aplicó 40 kg N/ha como urea. El híbrido de maíz fue H-5 y la variedad de frijol rojo de seda.

Los análisis estadísticos se realizaron para cada cultivo combinando localidades para cada año. Los tratamientos labranza de conservación contra quema fueron iguales con respecto a las siguientes practicas: fertilización con sulfato de amonio (76 kg N/ha) y formula 16-20-0 (24 kg N/ha y 30 kg P_2O_5/ha), control de malezas químico utilizando atrazina (1.2 kg i.a./ha) y paraquat (0.51 l i.a./ha) y control de insectos de suelo (Lorsban 2.5G 6.32 kg/ha) y follaje (Tamaron 600, 1 l/ ha).

Los rendimientos de maíz bajo labranza de conservación excedieron, en todos los casos menos uno, a los rendimientos del tratamiento con quema. Sin embargo, la baja magnitud de las diferencias causo que no todas estas diferencias fuesen estadísticamente significativas. Lo importante a resaltar es la consistencia del efecto de incremento en rendimiento al manejar la parcela bajo labranza de conservación en relación a la quema tanto para maíz como para frijol. Cuando se promedian los datos a través de localidades y ciclos, en maíz se observó un incremento en rendimiento de 0.43 ton/ha al manejar el cultivo bajo labranza de conservación. En el caso de frijol, el incremento de rendimiento fue de 0.11 ton/ha al promediar a través de localidades y ciclos.

Las razones del incremento en rendimiento bajo labranza de conservación en relación a la quema no se explican fácilmente a partir de los datos recolectados en los ensayos mencionados. La mayor cobertura del suelo por rastrojos bajo labranza de conservación posiblemente aumentó la cantidad de agua disponible en el suelo debido a una mayor infiltración y menor evaporación, lo que pudo afectar los rendimientos. Lo anterior es un efecto ampliamente documentado en relación a la labranza de conservación.

Aunque se ha reportado que la quema de los residuos puede volatilizar la mayor parte del azufre orgánico (Sánchez, 1976), la fertilización con sulfato de amonio en ambos tratamientos permite eliminar el efecto observado como una posible respuesta al S.

Cuadro 1. Medias de rendimiento de maíz para el tratamiento de labranza de conservación contra el tratamiento con quema de residuos (medias ajustadas por covarianza para número de plantas) para los ensayos realizados en dos localidades durante 1988 y 1989, Opico-Quezaltepeque, El Salvador.

	1988		1989	
Tratamiento	Loc 1	Loc 2	Loc 1	Loc 2
	t / ha			
Labranza de Conservación	3.05	4.56	3.97	4.78
Quema Residuos	2.24	3.93	3.67	4.80
Diferencia	0.81	0.63	0.30	-0.02
Error Estándar de la diferencia entre 2 promedios	0.326	0.338	0.598	0.416
Significancia de Covariable No. de plantas	P<0.05	P<0.01	NS	NS

Cuadro 2. Medias de rendimiento de frijol para el tratamiento residuales de labranza de conservación contra el tratamiento residual de quema de residuos (medias ajustadas por covarianza para número de plantas) para los ensayos realizados en dos localidades durante 1988 y 1989, Opico Quezaltepeque, El Salvador.

	1988		1989	
Tratamiento	Loc 1	Loc 2	Loc 1	Loc 2
	t / ha			
Labranza de Conservación	1.28	1.23	1.28	1.04
Quema Residuos	1.21	1.12	1.26	0.82
Diferencia	0.07	0.11	0.02	0.22
Error Estándar de la diferencia entre 2 promedios	0.10	0.10	0.08	0.13
Significancia de Covariable No. de plantas	P<0.1	P<0.01	P<0.01	P<0.05

CONCLUSIONES

La productividad agrícola del área de Metalío-Guaymango no solo se ha mantenido, sino que ha aumentado como consecuencia del manejo del sistema maíz-sorgo, bajo labranza de conservación. La adopción de la labranza de conservación en el área de Metalío-

Guaymango es un proceso complejo, donde han intervenido factores físicos, edáficos, sistema de cultivo, aspectos socioeconómicos, extensión agrícola y sin duda otros más. Estudios agronómicos y socioeconómicos realizados actualmente intentan recolectar evidencias sobre los siguientes aspectos: 1. Efecto del rastrojo en la productividad a corto y mediano plazo; 2. Identificación y documentación de los factores claves en la adopción de la labranza de conservación y 3. Evaluación de posibles factores que inciden en el mantenimiento del sistema a largo plazo (impacto en la sostenibilidad).

LITERATURA CITADA

Benoit, G.R. y M.J. Linstrom. 1987. Interpreting tillage-residue management effects. J. Soil and Water Consv. 42:87-90.

Centro de Tecnologia Agricola (CENTA). 1986. Sondeo Agro-socioeconómico del area Metalio-Guaymango, Sonsonate-Ahuachapan, El Salvador. Publicación Interna, CENTA, Division de Investigación, San Andres, El Salvador, 27p.

Food and Agriculture Organization (FAO). 1980. Production year book. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

Garcia, M., M.H. Minervini y M.E. Menéndez. 1966. Levantamiento general de suelos de la república de El Salvador. Cuadrante 2357 III, Nueva San Salvador. Ministerio de Agricultura y Ganaderia. El Salvador.

Lal, R. 1983. Soil conditions and tillage methods in the tropics. p. 217-323. En I.O. Akobund y A.E. Deutsh (ed.) No-tillage crop production in the tropics. West African and International Weed Sci. Soc. by the International Plant Protection Center, Oregon State University, OR.

Lal, R. 1985. A soil suitability guide for different tillage systems in the tropics. Soil tillage Res. 5:179-196.

Mendoza, V. 1985. Desarrollo de la validación-transferencia de tecnología en los sistemas maíz-sorgo y maíz-frijol en las areas de Metalio-Guaymango y Opico-Quezaltepeque, El Salvador. XXXI Reunión Anual del PCCMCA. San Pedro Sula, Honduras.

Mendoza, V. 1990. Experimentos de verificación de rendimiento de los híbridos H-56, H-53 triple y doble, en laderas y mínima labranza, en las localidades de Opico, Armenia y Guaymango. Publicación Interna, CENTA, Division de Investigacion, San Andres, El Salvador. CENTA. 2p.

Sanchez, P.A. 1976. Properties and management of soils in the tropics. John Wiley & Sons, New York, NY.

Sosa, J.H., y D. Avelar. 1986. Evaluación de la práctica de labranza cero en la preparación de suelos en sistema maíz-frijol, area Opico-Quezaltepeque, El Salvador. Publicacion Interna, CENTA, Division de Investigacion, San Andres, El Salvador. 7p.

Sosa, J.H. 1987. Estudio de algunos factores de producción en el sistema maíz-frijol, bajo dos practicas de labranza, Opico-Quezaltepeque. XXXIII, Reunión Anual del PCCMCA. Guatemala, Guatemala.

Sosa, J.H., E.N. Ascencio, V.M. Mendoza, A.G. Alvarado, S. Bonilla, y W.R. Raun. 1990. Efecto del calcio y azufre en el sistema maíz-frijol en ladera, ante un nivel de nitrogeno y fosforo en El Salvador. XXXVI Reunión Anual del PCCMCA. San Salvador, El Salvador.

Soil Conservation Society of America. 1976. Resource Conservation Glossary. Ankeny, Iowa.

Wade, M.K. y P.A. Sanchez. 1983. Mulching and green manure for continuous crop production in the amazon basin. Agron. J. 75:39-45.

Disponibilidad del Fósforo en Bandas Localizadas de Superfosfato Triple y Yeso en un Vitrandept Molico Utilizando Dos Metodos de Extracción

S. Bonilla, C. de Asturias,
W.R. Raun y H.J. Barreto[1]

INTRODUCCION

Las deficiencias de fósforo en suelos de Centro América ocurren comúnmente ya que muchos de los suelos han tenido influencia de ceniza volcánica y/o tienen altos contenidos de Fe y Al debido a un alto grado de meteorización de los minerales del suelo. La importancia del alófano en suelos derivados de ceniza volcánica en relación a la capacidad de fijación de P ha sido documentada por Ishizuka y Black (1977). Okajima (1977) indicó que el alófano tiene una marcada tendencia para hacer que el Al sea activo a valores bajos de pH del suelo. En la medida que la meteorización de los minerales del suelo ocurre, las bases y la sílice se lixivian dejando el complejo de cambio dominado por aluminio, hierro y oxidos e hidróxidos de Fe y Al (Blair, 1988). Thomas y Frye (1984), trabajando en un suelo ácido encontraron que después de 5 años de labranza cero los niveles de Al intercambiable se incrementaron en un 100% en la superficie del suelo. Sin embargo, Hargrove y Thomas (1981) encontraron que al incrementar el contenido de materia orgánica del suelo, el contenido de Al disminuyó así como su efecto tóxico sobre las raíces, probablemente debido a la formación de complejos entre la materia orgánica y el Al. Por lo tanto al disminuir el Al activo causa una menor fijación del P. Dada la alta capacidad de fijación de P de los suelos acidos derivados de cenizas volcánica, se recomienda la aplicación localizada del fertilizante para mejorar la eficiencia de uso del P. Los agricultores que utilizan fertilizantes fosfóricos en Centro América generalmente utilizan mezclas fertilizantes (16-20-0, 20-20-0, N-P_2O_5-K_2O) o superfosfato triple (SFT 0-46 0). El método más común de aplicación de fertilizantes en estos sistemas sin mecanización, consiste en la aplicación localizada a 3-6 cm de profundidad y 5-10 cm al lado de 2-3 plantas de maíz sembradas con anterioridad. Este método de aplicación, a pesar de ser muy difundido en Centro América no ha sido caracterizado químicamente en forma experimental en relación a otros métodos de aplicación y/o otras fuentes de fertilizante fosfórico.

En suelos calcáreos, alcalinos y neutros que contienen fosfatos de Ca, uno de los métodos más utilizado para determinar la disponibilidad del P es el método de Olsen et al., (1954). Este método utiliza una solución extractora de 0.5 M $NaHCO_3$ ajustado a pH 8.5. Esta solución disminuye la concentración de Ca en la solución al causar precipitación de $CaCO_3$ lo que aumenta la concentración de P en solución (Olsen y Sommers, 1982). Las reacciones secundarias de precipitación en suelos acidos y calcáreos se reducen a un mínimo porque la concentración de Al^{+3}, Ca^{+2} y Fe^{+3} permanecen a niveles bajos en este extracto. Con la solución extractora del doble ácido (0.05N HCl y 0.025N H_2SO_4) desarrollada por Nelson et al., (1953) se encontró que era más efectiva que el HCl sólo, como solución extractora en suelos con alta capacidad de fijación de P en Carolina del Norte. Asimismo Olsen y Sommers (1982) encontraron buena correlación con la respuesta de la planta. Es de esperar también que una mayor cantidad de fosfatos de Fe se disuelven en la solución de Nelson et al. (1953), que en la solución extractora de HCl solo (Olsen y Sommers, 1982).

Experimentos de campo realizados en varios países de Centro América han demostrado incrementos en rendimiento de maíz cuando SFT y yeso se aplican en forma conjunta en una banda localizada al lado de la planta (Raun et al., sin publicar). El objetivo principal de este estudio de laboratorio fue el de evaluar la disponibilidad del P fertilizante en un suelo derivado de ceniza volcánica utilizando dos soluciones extractoras (Nelson-Doble ácido 0.05 N HCl + 0.025 N H_2SO_4 y Olsen 0.5 M $NaHCO_3$ a pH 8.5) a 15, 30 y 45 días después de la aplicación del fertilizante al suelo.

MATERIALES Y METODOS

El estudio de laboratorio se realizó en el CENTA (Centro de Tecnología Agrícola) de El Salvador en un suelo clasificado como Vitrandept mólico. El suelo para este experimento se seleccionó en base a las respuesta positiva en rendimiento de maíz de experimentos en esta área para los tratamientos que incluían aplicación de SFT en banda y yeso al voleo comparado con estos dos fertilizantes aplicados en forma conjunta y localizada. Las características de fertilidad inicial del horizonte superficial (0-15 cm) del suelo de Sitio Grande se presentan en el Cuadro 1. Se obtuvo una muestra compuesta de 60 submuestras (0-15 cm) de las parcelas sin fertilización de un estudio en el campo en la localidad Sitio Grande, El Salvador en 1989. Las submuestras fueron mezcladas y homogenizadas antes de pesar las unidades experimentales. Estas consistían de 30 g de suelo dentro de una columna plástica con una altura de 7 cm y diámetro de 3.5 cm. El suelo dentro de la columna tenía una profundidad de 4 cm. Los tratamientos consistían de varias combinaciones de yeso ($CaSO_4$ $2H_2O$, 18.6% S) a dos niveles (925 y 1850 ug S/g de suelo) con SFT (0-46-0, 606 ug P/g de suelo) y urea (45-0-0, 2314 ug N/g de suelo) aplicados en forma localizada y en conjunto, si las fuentes

1 S. Bonilla, C. de Asturias, Químicos, Centro de Tecnología Agrícola (CENTA). San Andres, La Libertad, El Salvador. W.R. Raun, H.J. Barreto, Agrónomos Regionales, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Apdo. Postal 231-A, Guatemla, Guatemala.

Cuadro 1. Características iniciales del suelo del sitio experimental, Sitio Grande, El Salvador, 1990.

pH	pH en NaF	P	Ca	Mg	K	Na	CIC	SB	MO	Mn	Zn	Fe	Al	S
		mg/kg	---------- cmol(+)/L ----------					%	%	----------mg/kg----------				
5.6	9.1	11.8	6.28	1.23	1.28	0.22	20.75	43	3.77	28	6	42	-	7

P,K - Nelson et al., 1953. Ca, Mg, K, Na- extracción, 1N NH4OAc
MO- Materia Orgánica, Walkley y Black, 1934, CIC Capacidad de Intercambio Catiónico
S- Fox et al., 1964. Mn, Zn, Fe, Cu - Nelson et al., 1953. SB Saturación de Bases

fertilizantes estaban presentes en un tratamiento dado. Dado que el interés era el de simular las concentraciones de fertilizante dentro de la banda localizada, las cantidades de urea-N, yeso y SFT aparecen altas cuando se expresan en términos de área aplicada. Las aplicaciones localizadas se realizaron dentro de una pequeña cavidad de 0.5 cm de diámetro y 1.5 cm de profundidad en el suelo seco. Los fertilizantes se aplicaron utilizando un embudo pequeño dentro de la cavidad en el centro de cada columna. Dependiendo de la presencia o ausencia de los fertilizantes en un tratamiento dado, los fertilizantes se aplicaron uno

Cuadro 2. Dosis de P como superfosfato triple, S como yeso hidratado y N como urea aplicado al suelo Vitrandept molico, El Salvador, 1990.

Trat.	Dosis de P, SFT-P	Dosis de S, $CaSO_4$-S,	Dosis de N Urea-N
	---------- mg/kg ----------		
1	606	0	0
2	606	925	0
3	606	925	2314
4	606	1850	0
5	606	1850	2314
6	606	0	2314
7	0	0	0

Urea: (46-0-0), SFT: Super Fosfato Triple (0-46-0)
Yeso: $CaSO_4$ $2H_2O$

después del otro. En orden de aplicación SFT seguido de yeso y urea, todos aplicados en forma sólida y finamente divididos. Las combinaciones de tratamientos se encuentran descritos en el Cuadro 2. Inmediatamente después de la aplicación de los fertilizantes, la cavidad se cubrió con suelo. Un total de 126 columnas se utilizaron para evaluar los siete tratamientos cada uno replicado 3 veces para las fechas de incubación de 15, 30 y 45 días y los dos métodos de extracción. Se aplicó agua desionizada regularmente a todas las columnas para mantener el suelo en una condición cercana a la saturación durante el período de incubación. La temperatura del laboratorio fluctuó entre 20-32 °C durante el transcurso del experimento. Los métodos utilizados para extraer el P de los tratamientos a los diferentes tiempos de incubación fueron los de Olsen et al., (1954) incluyendo 0.5 g carbón y Nelson et al., (1953). La relación entre volumen de solución extractora y peso de suelo fue de 1:1.

Se realizaron análisis de varianza y comparaciones no ortogonales de un grado de libertad para la evaluación estadística de los tratamientos.

RESULTADOS

El análisis de varianza para el estudio de laboratorio demostró que los efectos principales de los tratamientos y la interacción tiempo*tratamiento fueron altamente significativas ($P<0.01$) para ambos métodos de extracción (Cuadro 3).

Método de Nelson

El P extraído por el método de Nelson fue fuertemente afectado por la aplicación de yeso y urea a la dosis constante de P en los diferentes tiempos de incubación. Se observaron diferencias significativas entre el testigo (sin fertilizar) y los tratamientos que recibieron P para todos los tiempos de incubación (Cuadros 3 y 4). Cuando no se aplicó N, no se observaron diferencias en P extraído a los 15 y 30 días para el tratamiento con dosis baja de yeso y SFT comparado con SFT sin yeso. Sin embargo, a los 45 días el P extractable por el método de Nelson se incrementó significativamente en el tratamiento con yeso, mientras que el tratamiento con SFT solo, continuó disminuyendo a través del tiempo (Tratamiento 1 vs 2, Cuadros 3 y 4). Al aumentar la dosis de yeso no se observaron diferencias comparado con SFT solo, en ninguno de los tiempos de incubación (1 vs 4). No se observaron diferencias en P extraído entre dosis de yeso a los 15 y 30 días, sin embargo,

a los 45 días el P fue significativamente más bajo para el tratamiento con la dosis alta de yeso (tratamiento 2 vs 4). Cuando se incluyó urea en conjunto con SFT con y sin yeso, el P extraído fue significativamente más bajo comparado con SFT solo a los 15 días de incubación (tratamientos 1 vs 3,5 y 6). Esto también se observó en la comparación de tratamientos con SFT, urea y yeso y el tratamiento con SFT y yeso a las dosis correspondientes.

Método Olsen

El P extraído fue afectado significativamente por la aplicación de yeso y urea, especialmente a los 15 días de incubación. Se observaron diferencias altamente significativas entre el testigo y los tratamientos a través de todas los tiempos de incubación. En contraste con los resultados del método Nelson, el P extraído fue más bajo cuando el yeso con P comparado con el P aplicado solo a los 15 y 30 días después de la aplicación. A los 45 días de incubación no se detectaron diferencias significativas entre estos tratamientos. Las diferencias entre dosis de yeso fueron mínimas para los tres tiempos de incubación, aunque se observó una tendencia de menor P extraído a las dosis altas de yeso. El P extraído para los tratamientos que contenían SFT y urea fue significativamente más alto que el tratamiento sin urea. El yeso aplicado con urea y SFT disminuyó la cantidad de P extraído en las medida que aumentaba la cantidad de yeso, aunque a los 45 días, las diferencias entre tratamientos se hicieron menos evidentes. Las unicas comparaciones de interés en esta fecha, son entre el tratamiento con urea y SFT comparado con el testigo sin fertilizar.

DISCUSION

Tal y como se suponía, los métodos de Olsen y Nelson demostraron tendencias contrastantes y fuertemente afectadas por los tratamientos. Se esperaba que el procedimiento de Olsen incluiría fosfatos solubles en agua y fosfatos solubles al pH alto (8.5) de la solución extractora. De otra parte, el método Nelson se esperaba que incluiría tanto los fosfatos solubles en agua así como los fosfatos solubles a pH muy bajo. Los diagramas de solubilidad desarrollados por Lindsay y Moreno, 1960, presentan amplia evidencia del efecto del pH en la naturaleza de las especies de fosfato formadas y su solubilidad en el suelo. Los fosfatos de hierro y aluminio (e.g. Variscita y Estrengita) son más estables (insolubles) en suelos muy acidos que cualquiera de los fosfatos de calcio (Lindsay, 1979). El extractante de Nelson debería también incluir aquellos fosfatos de calcio que son altamente solubles a bajo pH. Asimismo la solución extractora del método Olsen a pH 8.5 debería incluir algunos fosfatos de calcio y seguramente las formas precipitadas con Fe y Al. En suelos derivados de ceniza volcánica, las relaciones de solubilidad descritas anteriormente se complican aún más por la presencia de alófano y minerales de arcilla del tipo 1:1, los cuales tienen altas capacidad de fijación de P. Ishizuka et al., (1977) indicaron que la efectividad del P aplicado como fertilizante disminuye en la medida que la capacidad de adsorción aumenta en suelos derivados de cenizas volcánicas. Estos mismos autores indican que en suelos del orden Andisol, puede ser necesario el aplicar tanto como 1 Mg P_2O_5/ha para así alcanzar un nivel de P que mantenga la fertilidad del P por un tiempo largo.

Al aplicar yeso junto con SFT, es posible que estas fuentes reaccionen y formen precipitados de fosfato dicálcico (FD) y fosfato dicálcico dihidratado (FDD) y quizá otras formas incluyendo fosfatos de amonio en la medida que el fosfato monocálcico (FMC, $Ca(H_2PO_4)_2$ $2H_2O$) se disuelve en el suelo. Los trabajos de Lindsay, 1979 indican que la inclusión de cationes tales como NH_4^+, K^+, Ca^{+2}, Mg^{+2} en los fertilizantes facilita que entren a formar parte de los productos iniciales de reacción con el fertilizante fosfórico. Fosfato monocálcico, la fuente principal de P en super fosfato simple (SFS) y SFT, contiene suficiente calcio para precipitar la mitad

Cuadro 3. Medias de P extraído utilizando los métodos de Nelson et al., (1953) y Olsen et al. (1954), para los tratamientos en el experimento.

Trat.	Nelson días después de la aplicación			Olsen días después de la aplicación		
	15	30	45	15	30	45
		mg/kg			mg/kg	
1	7.47	8.20	2.00	6.77	6.13	3.34
2	8.87	9.20	16.5	5.53	4.53	2.78
3	3.00	7.13	9.33	12.93	6.67	2.97
4	9.47	8.87	6.67	3.93	3.53	2.93
5	1.57	6.27	4.33	9.13	4.80	2.37
6	1.73	3.87	2.67	15.97	9.40	5.37
7	1.20	0.60	1.00	0.80	1.05	0.90

Cuadro 4. Análisis de varianza y contrastes no ortogonales para P extraído por los métodos de Nelson-P y Olsen-P a tres intervalos de incubación.

Fuente de Variación	gl	Nelson			Olsen		
		15	30	45	15	30	45
		Cuadrados medios					
Rep	2	38.93*	20.31*	39.70*	0.01	0.80	0.98*
Tratamiento	7	40.42**	28.85**	57.91**	82.47**	20.62**	5.28**
Contrastes							
1 contra 2	1	2.94	1.50	185.08**	2.28	3.84*	0.48
1 contra 4	1	6.00	0.67	32.67	10.85**	10.14**	0.25
2 contra 4	1	0.54	0.17	73.3@	3.84@	1.50	0.04
1 contra 3	1	29.93@	1.71	80.67@	57.04**	0.43	0.21
1 contra 5	1	50.46*	5.61	8.17	8.40*	2.67	1.44*
1 contra 6	1	49.31*	28.17*	0.67	126.96**	16.01**	6.14**
2 contra 3	1	51.62*	6.41	32.30	82.13**	6.83*	0.05
4 contra 5	1	91.26**	10.14	8.17	40.56**	2.41	0.48
3 contra 5	1	2.67	1.13	37.50	21.66**	5.23*	0.54
C.V., %		58	36	89	13	19	15
CME		7.77	5.17	24.34	1.08	1.02	0.20

@,*,** Estadisticamente significativo al 0.1, 0.05, y 0.01, respectivamente

del fósforo como FD o FDD (Lindsay, 1979). En suelos acidos, el Fe y Al generalmente precipitan el P adicional lo que resulta en la formación de fosfatos de Fe y Al insolubles a pH bajo (Lindsay, 1979). Considerando que el yeso es poco soluble, su disociación lenta puede favorecer la formación de FD y FDD debido al contínuo aporte de Ca a la solución del suelo. A pH bajo, los precipitados de FD y FDD se esperarían que fuesen lentamente solubles y de esta manera se reduciría la cantidad de P que puede estar en contacto con óxidos e hidróxidos de Fe y Al y/o alófano.

La adición de urea a la mezcla de SFT y SFT + Yeso tuvo el efecto de aumentar la cantidad de P extraído con el método Olsen comparado con los tratamientos sin urea a los 15 días de incubación. De otra parte, los tratamientos que incluían urea demostraron una menor cantidad de P con el método Nelson al mismo tiempo de incubación. Es probable que después de la hidrólisis de la urea, la alta concentración de NH_4^+ producida podría causar un desplazamiento de cationes del complejo de cambio en la inmediata vecindad del sitio donde se aplicó el fertilizante. Las reacciones que podrían ocurrir después de tal desplazamiento incluirían cationes como NH_4^+, Ca^{+2}, Mg^{+2}, K^+, Fe^{+3} y Al^{+3} con la habilidad de precipitar formas adicionales de P. Los resultados de las extracciones con los métodos de Olsen y Nelson sugieren que los productos de reacción son lentamente disponibles a través del tiempo y relativamente insolubles a pH bajo, pero relativamente más solubles a pH alto. Esto es ciertamente válido para el primer intervalo de incubación de 15 días. La posible formación de fosfatos de amonio extractables con el método Olsen a pH alto en los primeros intervalos de incubación y que progresivamente se hacían más insolubles, podrían indicar que dicha disminución a través del tiempo en función de la lenta disolución de las formas precipitadas y su consiguiente fijación por el suelo.

Una hipótesis alternativa, y quizá complementaria para explicar los resultados del método Nelson sobre la mayor disponibilidad del P cuando el tratamiento SFT + Yeso a dosis baja es comparado con SFT aplicado solo, podría ser en el bloqueo de los sitios de adsorción de alófano o de minerales 1:1 por los iones sulfato. Este proceso explicaría la mayor disponibilidad del P ya que disminuiría el potencial de fijación de los minerales de arcilla. Dado que la disociación del yeso ocurre lentamente, la concentración de SO_4 aumentaría paulatinamente y así ocuparía un mayor número de sitios de intercambio aniónico.

La mayor disponibilidad observada con el método Nelson para los tratamientos que tenían 925 ug S/g y la tendencia a disminuir cuando 1850 ug S/g fueron aplicados, sugiere que la posible formación de productos de reacción metaestables (FD y FDD) debe ser tomada en consideración. A la dosis baja de yeso es posible que menos Ca estuviese disponible para reaccionar con el fosfato de tal manera que se formaría menos FD y FDD.

A la dosis alta de yeso, la posible mayor cantidad de FD y FDD formado, podría ser suficientemente grande como para precipitar o inactivar una gran parte del P disponible. Esto implicaría que las formas precipitadas de FD y FDD deberían ser lentamente disponibles a través del tiempo. Datos experimentales de ensayos de campo en un suelo similar han indicado que a altas dosis de yeso, existe un efecto residual significativo que solo puede ser detectado en ciclos de cultivo posteriores (Raun et al., sin publicar).

En general estos resultados indican que la disponibilidad del P a través del tiempo es dependiente de los productos de reacción dentro de la banda en función de otros cationes que pueden estar presentes durante las reacciones. El mecanismo de bloqueo de los sitios de adsorción de los minerales de arcilla por sulfato, debe considerarse como posible; sin embargo, en si mismo, este mecanismo no logra explicar adecuadamente las diferencias en disponibilidad que se observaron para las dos dosis de yeso con el método de Nelson. De todas maneras estos resultados presentan evidencia experimental para soportar los incrementos en rendimiento de maíz observadas cuando SFT y yeso se han aplicado en forma conjunta en suelos ácidos de Centro América (Raun et al., sin publicar). La tendencia mundial actual de utilizar mayores cantidades de SFT que SFS deben ser consideradas dado que SFS contiene tanto el S como el Ca adicional necesario para lograr una mayor precipitación de FD y FDD. Sin embargo, a las dosis de P utilizadas SFS proveería un poco menos Ca que el tratamiento de SFT + yeso (925 ug/g). Una caracterización más detallada de las posibles reacciones en el suelo se hace necesaria para obtener un mayor entendimiento de los productos de reacción y su solubilidad a través del tiempo.

LITERATURA CITADA

Blair, G.J. 1988. Chemistry of S and S cycle in the tropics. En. Sulphur in Indian Agriculture, TSI-FAI Symposium. The Sulphur Institute, Washington D.C. SI 1/1-10.

Hargrove, W.L., y G.W. Thomas. 1981. Effect of organic matter on exchangeable aluminum and plant growth. p 151-166. En. Chemistry in the soil environment. American Society of Agronomy. ASA Special Publication Number 40. Madison WI.

Ishizuka, Yoshiaki., y C.A. Black. 1977. Soils derived from volcanic ash in Japan. Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo, Apdo. Postal 6-641. Mexico D.F. 06600

Lindsay, W.L. 1979. Chemical equilibria in Soils. John Wiley & Sons, New York.

Lindsay, W.L. y E.C. Moreno. 1960. Phosphate phase equilibria in soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 23:357-360.

Nelson, W.L., A. Mehlich, y E. Winters. 1953. The development, evaluation, and use of soil tests for phosphorus availability. Agronomy 4:153-188.

Okajima, Hideo. 1977. Reclamation and improvement of soils derived from volcanic ash. En. Ishizuka, Yoshiaki., y C.A. Black (ed.) Soils derived from volcanic ash in Japan. Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo, Apdo. Postal 6-641. Mexico D.F. 06600

Olsen, S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe, y L.A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Dep of Agric. Circ. 939.

Olsen, S.R., y L.E. Sommers. 1982. Phosphorus. En A.L. Page et al.(ed.) Methods of soil analysis, Part 2. 2nd ed. Agronomy 9:403-430.

Raun, W.R., B. Moscoso, C. Perez, N. Soto, L. Larios y H.J. Barreto. Maize yield response as affected by sulfur, phosphorus and nitrogen as banded applications on a volcanic ash derived tropical soil. CIMMYT, Apdo. Posta 231-A. Guatemala, Guatemala.

Thomas, G.W.., and W.W. Frye. 1984. Fertilization and liming. p. 87-126. En. R.E. Phillips y S.H. Phillips (eds) No-tillage agriculture. Principles and practices. Van Nostrand Reinhold Co. New York.

Efectos de Intercalar Leguminosas a Diferentes Fechas de Siembra y Dosis de Fósforo Sobre el Rendimiento de Maíz, (*Zea mays L.*) Centroamérica, 1989

J.L. Zea, W.R. Raun, H.J. Barreto[1]

INTRODUCCION

Es bien conocido que el uso de cultivos de cobertura tiene grandes beneficios para el suelo, y que las leguminosas han sido las más utilizadas como tales. La forma más común ha sido siembras en rotación para incorporación como abono verde. Los beneficios se manifiestan principalmente en la incorporación de materia orgánica y nitrógeno para el mantenimiento de la fertilidad y productividad del suelo, mayor retención de humedad, evitar la erosión, mejorar la estructura del suelo y aumentar la calidad alimenticia del forraje para el ganado (National Academy of Sciences, 1984; Skerman, 1977).

Durante los últimos años la siembra de cultivos económicos rentables ha venido eliminando la práctica de incorporación de abonos verdes en muchos lugares del mundo. Paradójicamente, también se ha tomado más conciencia del constante deterioro de los suelos. Este deterioro es más notorio en las áreas marginales de los países en desarrollo, en los cuales la necesidad de alimento y la poca disponibilidad de recursos hace que suelos inadecuados y marginales para cultivos limpios sean utilizados sin prácticas de conservación apropiadas.

La National Academy of Sciences (1984) reporta que existen unas 600 especies de leguminosas poco conocidas y utilizadas y que por lo menos unas 200 especies pueden ser de mucha utilidad para países en desarrollo. Algunas especies que sobresalen se incluyen en los siguientes géneros: Canavalia, Mucuna, Sesbania, Crotolaria y otros.

Durante muchos años los agricultores han utilizado leguminosas asociadas con el cultivo de maíz generalmente en forma intercalada. En Centro América es común la siembra de frijol común (Phaseolus spp), principalmente en áreas en donde la poca disponibilidad de tierra y otros recursos, así como la limitada precipitación pluvial, obligan a un uso más intensivo del suelo. Las publicaciones del Centro Internacional de Información sobre Cultivos de Cobertura ponen en evidencia el uso extensivo de Stizolobium deeringianum o frijol terciopelo como cultivo de cobertura en maíz en la zona del litoral Atlántico de Honduras, práctica que también se realiza en áreas de Guatemala y México (CIDICCO, 1990).

1 J.L. Zea. Ing. Agr. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA), Barcenas, Villanueva, Guatemala. W.R. Raun, H.J. Barreto, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Apdo. Postal 231-A, Guatemala, Guatemala.

Para el uso exitoso de las leguminosas intercaladas deben considerarse aspectos tales como: facilidad de establecimiento, capacidad para formar una rápida cobertura sobre el suelo, agresividad para dominar a las malezas pero no en demasía para competir con el cultivo principal por luz, nutrientes o agua y además la capacidad de mejorar la fertilidad del suelo e incrementar los rendimientos (Skerman, 1977). Las tres leguminosas utilizadas en este estudio (S. deeringianum, Canavalia ensiformis y Vigna unguiculata) en alguna medida reunen estos requisitos, pero los resultados obtenidos muestran amplias diferencia entre las diferentes especies.

Experimentos realizados en Brasil por la red TROPSOILS (Univesidad de Cornell, 1990) incluyeron entre otras leguminosas a S. deeringianum y C. ensiformis. En estos estudios las leguminosas se agregaron como materia seca al suelo, evaluandose en un primer ciclo de maíz bajo riego y luego durante un segundo ciclo en la época húmeda, para evaluar residualidad. Los resultados obtenidos demuestran que los rendimientos obtenidos con el nitrógeno aportado por estas leguminosas es similar, por lo menos en el primer ciclo de maíz, al obtenido al agregar 200 kg N/ha como urea. Estos investigadores determinaron que C. ensiformis mineraliza su nitrógeno en mayor cantidad que S. deeringianum durante los primeros 70 días después de ser incorporada. C. ensiformis había mineralizado 9 kg N/ha a los 0 días, 184 a los 42 días y 174 a los 70 días, mientras que S. deeringianum mineralizó 15 kg N/ha a los 0 días, 69 a los 42 días y 65 a los 70 días. También determinaron que la cantidad de residuos presentes en el suelo en ese mismo período era mayor con S. deeringianum que con C. ensiformis.

Sánchez (1976) reporta que el recurso suelo se degrada a una tasa de 5 a 7 millones de hectáreas por año. La National Academy of Sciences (1984) afirma que el mantenimiento y restauración de la fertilidad del suelo es un problema ambiental básico y crítico, principalmente en países en desarrollo.

Preocupados por esta situación, los Programas Nacionales de Maíz de cada país de Centro América, con el apoyo del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), han iniciado una serie de ensayos a nivel regional, orientados a encontrar alternativas que ayuden al mantenimiento del recurso suelo, sin disturbar mucho el sistema actual de los agricultores, enmarcados en el principio de que la agricultura además de productiva debe ser sostenible. En estos trabajos exploratorios se pretende determinar el efecto de las leguminosas sobre el rendimiento de grano de maíz. Asimismo se desea evaluar la adaptación de las leguminosas a diversas condiciones climáticas en Centro América y particularmente su adaptación al sombrío bajo el maíz. En forma adicional se tratara de determinar la mejor época de siembra de la leguminosa en relación al maíz.

MATERIALES Y METODOS

Se establecieron 11 ensayos a través de Centro América, distribuídos así: Guatemala 4, Honduras 4, El Salvador 1, Nicaragua 1, y Costa Rica 1. En el Cuadro 1. se presentan las características climáticas más importantes de las localidades para cada país. En general, se puede decir que todas las localidades están ubicadas entre los 0 y 1000 msnm con un rango de precipitación pluvial anual de 700 a 3500 mm.

El estudio incluyó la evaluación de tres leguminosas: Stizolobium deeringianum (Bort), Canavalia ensiformis (L), y Vigna unguiculata (L); en dos fechas de siembras (variables para cada leguminosa) y dos dosis de fósforo (20 y 40 kg P/ha) cada una. En cada ensayo se incluyó un testigo sin leguminosa intercalada y un testigo representativo del agricultor de cada sitio, con el objeto de evaluar el efecto de las leguminosas sobre el rendimiento de grano del maíz. El diseño fue en bloques completos al azar, con 3 repeticiones por localidad. El Cuadro 2 presenta el listado de los tratamientos evaluados.

Para una mejor comprensión de las leguminosas en estudio se incluye una breve descripción de sus características, requerimientos climáticos y de suelo[2].

S. deeringianum: Se conoce en Latinoamérica como frijol terciopelo o mucuna. Es una planta vigorosa de hábito indeterminado (trepadora), con tallo delgado, que se extiende hasta más de 6 m de largo, hojas anchas y lisas; flores en racimos; las vainas en grupos de 10-14, curvas, de 10 a 12.5 cm de largo. Las semillas son negras y brillantes cuando maduran, aunque pueden ser también moteadas, dependiendo de la variedad. Su ciclo va de 170 a 200 días. Requiere clima cálido húmedo para su mejor desarrollo, adaptándose a alturas que van desde los 0 hasta los 2100 msnm. Su adaptación en precipitación pluvial va de 650 a 2500 mm. No requiere especificidad para Rhizobium, pero la fijación de nitrógeno es mejor cuando más alta es la temperatura nocturna (la fijación es pobre con temperaturas inferiores a 18°C, 64°F) En cuanto a suelos, se adapta a un amplio rango, desde arenosos hasta arcillosos, incluyendo algunos con apreciable acidez. Su mayor utilidad ha sido como abono verde y como pastura temporal (forraje) aunque se le puede también ensilar, henificar y utilizar como cultivo de cobertura. Produce mucha materia seca y aporta buena cantidad de nitrógeno (200 kg/ha). Tiende a reducir los rendimiento de maíz y sorgo cuando se siembra asociada con ellos. En su composición se han encontrado valores promedios de 15.6% de proteína cruda, 34.5% de fibra cruda, 1.21% de Ca y 0.16% de P.

C. ensiformis: Se le conoce como frijol espada. Arbusto anual que puede ser trepador o leñoso, hojas trifoliadas y anchas, pocas flores en un eje fuerte, vainas en forma de espada, de 30 o más cm. de largo; las semillas son elipsoides y de color blanco. Su ciclo va de 120-150 días. Es una planta fuerte, resistente a la sequía e inmune a la mayoría de plagas, se le encuentra en los trópicos de ambos hemisferios, generalmente cultivada. Se adapta bien a climas cálido húmedos y a alturas que van desde 0 a 1800 msnm. Crece bien en áreas con precipitaciones que van desde 700 a 4200 mm y en un amplio rango de suelos, incluyendo aquellos muy degradados y de pH ácido. Se reporta que es tolerante a la sombra. Al igual que S. deeringianum su mayor uso hasta la fecha ha sido como forraje y como abono verde. En algunos países se le encuentra intercalada en cultivos como cacao, cítricos, caña y otros. La vaina verde y el grano pueden ser utilizados para consumo humano, cosa que se hace en países del trópico. Su más grande desventaja es que el grano contiene una toxina llamada canavina, la cual afecta el crecimiento de los humanos y afecta al ganado, pudiendo ser letal para éste. Se le ha ensilado con éxito. Puede fijar hasta 200 kg/ha de N. Se reportan valores de 13.2% de contenido de proteína cruda y de 28.8% de fibra cruda. La semilla contiene entre 22 y 29% de proteína y muy buen balance de aminoácidos.

V. unguiculata: Se le conoce como caupí. Es una planta herbácea anual que posee dos tallos principales, hojas trifoliadas, flores en racimos axilares, vainas un poco curvadas de 10 a 23 cm de largo, las semillas son variables en color y tamaño. Su ciclo es muy corto, de 60 70 días. Prefiere clima cálido y húmedo, un poco más caliente que para maíz y soya. Crece bien a temperaturas cercanas a los 27°C (71°F) y es muy susceptible a heladas. Se adapta a latitudes de 30° Norte y Sur, y a alturas de 0 a 1500 msnm, con precipitaciones que van de 750-1000 mm, aunque tiene buena tolerancia a sequía, pudiendo adaptarse a precipitaciones hasta de menos de 400 mm. Esta leguminosa no requiere especificidad para Rhizobium y nodula libremente con cepas nativas. Crece bien en un amplio rango de suelos en cuanto a textura, aunque requiere buen drenaje y prefiere suelos desde ligeramente acidos a ligeramente alcalinos. En suelos de baja fertilidad responde a P y K y a veces a N. Tolera sombra moderada y se le ha plantado con maíz y sorgo para cosechar en verde o para ensilar. Compite bien con malezas de bajo crecimiento. Sus mayores usos han sido como abono verde y forraje y para ensilaje y henificación. El grano y la vaina son comestibles. Se ha encontrado que puede llegar a fijar hasta 80 kg/ha de N. En su composición contiene alrededor de 15% de proteína cruda y 25% de fibra cruda. En la semilla se han detectado contenidos de 24% de proteína cruda, 53% de carbohidratos y 2% de grada; además, contiene altas cantidades de Ca, Fe, P y vitaminas (tiamina, niacina y riboflavina).

Para este primer ciclo de evaluación el manejo experimental fue variable, aunque la preparación del suelo fue de labranza convencional y similar para casi

[2]La información general para descripción de las leguminosas se ha resumido de la publicación de la National Academy of Sciences, Tropical Legume Resources for the Future, 1984. Washington, D.C. pp292-332.

todos las localidades, excepto Nicaragua que sembró bajo labranza cero. El manejo de las leguminosas en general, y el control de malezas fue variable para cada localidad. Cabe explicar que en la localidad La Ceiba, Honduras, se manejó la mucuna en segunda fecha con despuntes periódicos. En El Salvador, se sembró frijol en relevo, en Jutiapa se sembró asociado con sorgo. Los ensayos en Costa Rica y Nicaragua tuvieron presencia muy fuerte de malezas. La fertilización fue similar para todas las localidades y consistió de la aplicación de 70 kg N/ha y las dosis respectivas de P para cada uno de los tratamientos. Las fechas de siembra variaron en algunas localidades, en función de las condiciones prevalecientes. La distancia entre surcos fue de 0.90m y entre posturas de 0.50m para maíz (44,000 plantas/ha). Las leguminosas se sembraron en el espacio entre surcos de maíz, utilizando distancias de 0.50 m entre posturas para S. deeringianum y C ensiformis (44,000 plantas/ha) y de 0.25m para V. unguiculata (88,000 plantas/ha). La época de evaluación fue durante la estación lluviosa (mayo - octubre), excepto Nicaragua que lo hizo entre septiembre y enero.

Cuadro 1. Características climáticas de las localidades de Centro América en las cuales se evaluaron leguminosas intercaladas en maíz, 1989.

País	Localidad	PP	Temp	Altitud
		(mm)	(C)	(msnm)
Guatemala	Cuyuta	>1200	27	45
	La Máquina	800-1000	27	50
	S. M. Chicaj	800	21	1000
	Jutiapa	800 - 900	25	900
Honduras	Comayagua	700	26	1000
	La Paz			1500
	La Ceiba	3000		50
	Morazán			
El Salvador	Sacacoyo	1000		400
Nicaragua	Managua	800		50
Costa Rica	San Isidro	3500		100

Cuadro 2. Tratamientos evaluados en los ensayos de leguminosas intercaladas. Centro América, 1989.

Trt.	Leguminosas	Fecha Siembra	Dosis P
		DDSM*	kg/ha
1	S. deeringianum	15	20
2	S. deeringianum	15	40
3	S. deeringianum	30	20
4	S. deeringianum	30	40
5	V. unguiculata	0	20
6	V. unguiculata	0	40
7	V. unguiculata	10	20
8	V. unguiculata	10	40
9	C. ensiformis	10	20
10	C. ensiformis	10	40
11	C. ensiformis	20	20
12	C. ensiformis	20	40
13	Test. agricultor		
14	Sin leguminosa		20
15	Sin leguminosa		40

* DDSM = Días después de siembra del maíz

Se determinaron rendimiento de grano de maíz y otros componentes (número de plantas y mazorcas) como las variables comunes para evaluar el efecto de tratamientos. En algunas localidades se tomaron otros datos adicionales. En términos de análisis se realizaron análisis de varianza por localidad complementados por contrastes de un grado de libertad para las comparaciones más importantes entre tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados se han agrupado de acuerdo a las respuestas encontradas en las once localidades. Un primer grupo corresponde a las localidades en las que se detectó un comportamiento similar y los rendimientos promedios del maíz fueron relativamente bajos (< 3.0 Mg/ha). Otro grupo corresponde a las localidades con comportamiento similar y rendimientos promedio altos (> 3.0 Mg/ha). Finalmente se incluyen por separado las localidades que presentaron características de manejo especiales o que por alguna razón presentan mayores contrastes entre tratamientos.

El Cuadro 3 ilustra la probabilidad y el valor de los contrastes que fueron significativos en las localidades en donde el análisis de varianza demostró significancia para el efecto de tratamientos. Las localidades con mayor número de contrastes significativos fueron Costa Rica, El Salvador y Cuyuta en Guatemala.

El Cuadro 4 contiene las medias de rendimiento por tratamiento obtenidos en las localidades con comportamiento similar y rendimientos bajos. En estas localidades no se detectó efecto de fecha de siembra ni de dosis de P, por lo que se han utilizado las medias por leguminosas para la discusión. En términos generales, los rendimientos fueron más bajos cuando se sembró la leguminosa, comparados contra los obtenidos cuando no se intercaló leguminosa (Cuadros 4 y 5). Es importante hacer notar que los rendimientos de grano de maíz obtenidos cuando se intercaló leguminosa son similares o superiores a los obtenidos con el tratamiento de testigo del agricultor. Esto es importante por cuanto a estos niveles de rendimiento, menos de 3.0 Mg/ha, las leguminosa podrían aparentemente ser sembradas sin causar pérdidas económicas al agricultor y sí aprovechando los beneficios que el suelo obtiene con su uso. En algunas localidades

Cuadro 3. Contrastes significativos por localidad en los ensayos de leguminosas intercaladas, Centro América, 1989.

	Guatemala				Honduras				El Salvador		Costa Rica	
	Cuyuta		Sn. Miguel Chi.		La Paz		La Ceiba		Sacacoyo		San Isidro	
Contraste	Prob.	Valor	Prob.	Valor	Prob.	Valor	Prob.	Valor	Prob.	Valor	Prob.	Valor
1												
S.d. vs. Vs	0.0003	-1105					0.0008	+884				
S.d. vs. C.e.	0.0020	-911					0.0011	+874	0.0869	-439	0.0001	-971
V.u .vs. C.e.	0.0001	-1236										
2												
P20 vs. P40			0.0098	-445	0.0187	-744						
S.d.20 vs. S.d.40			0.0184	-837	0.1098	-921	0.0855	-588	0.1024	-592	0.0252	-567
V.u.20 vs. V.u.40	0.0441	+804										
C.e.20 vs. C.e.40											0.0007	+915
3												
S.d.15 vs. S.d.30	0.0001	-2276	0.1023	-566			0.0001	-2590	0.0011	-1256	0.0001	-1117
V.u.0 vs. V.u.10											0.0046	-737
C.e.10 vs. C.e.20					0.1103	+919						
14 vs. 15					0.0442	-1660			0.0924	-863		
13 vs. Resto									0.0041	+967	0.0556	-1648
14-15 vs. 1-12	0.0089	+818							0.0177	+673	0.0001	+1150
Prob. total trat.	0.0001		0.0005		0.0767		0.0001		0.0070		0.0001	
C.M.E.	0.4380		0.3381		0.9324		0.3238		0.3697		0.1735	

1) S.d. = Stizolobium deeringianum
V.u. = Vigna unguiculata
C.e. = Canavalia ensiformis

2) P = Fósforo
20, 40 = dosis en Kg P/ha

3) 0,10,15,20,30 = fecha de siembra (días después del maíz)

como Jutiapa, Guatemala (GUJU), no se realizó control manual de malezas después de la siembra, en los tratamientos en V. unguiculata, y C. ensiformis, lo cual representa menores costos de producción.

Para las localidades con rendimientos bajos, V. unguiculata y C. ensiformis parecen ser las que más posibilidades de éxito pueden tener bajo las condiciones evaluadas, especialmente V. unguiculata, la cual es comestible tanto como legumbre como en grano. Esto es importante en áreas en donde la producción de frijol común, Phaseolus spp, (negro o rojo) se hace difícil a causa de las altas poblaciones de Bemicia tabaci, vector del Virus del Mosaico Dorado. En Guatemala, el precio del frijol se ha incrementado constantemente en los últimos años, convirtiéndose cada vez más en un producto esencial de difícil adquisición para la población de escasos recursos, lo cual limita aún más el consumo de proteína por este sector.

En el Cuadro 5 se presentan las medias de rendimiento de grano de maíz obtenidas en las localidades con comportamiento similar y rendimientos relativamente altos, como las dos localidades que por alguna razón tienen un comportamiento diferente a las demás localidades. En el grupo de localidades con comportamiento similar y rendimiento alto, este varió desde un poco de menos de 3 hasta casi 7 Mg/ha.

Cuando se sembró S. deeringianum en la localidad Guatemala, Cuyuta la primera fecha de siembra redujo en casi un 40% el rendimiento de maíz, tanto comparada con el testigo del agricultor como el sin leguminosa. La segunda fecha redujo muy poco el rendimiento, debido quizá a que la leguminosa desarrolló ya cuando el maíz había logrado un desarrollo adecuado. En la localidad Honduras, La Paz se detectó efecto de dosis de fósforo, pudiéndose observar que el maíz rinde más con la dosis 40 kg de P/ha, se siembre o no S. deeringianum, diferencia que va de 1 a 1.5 Mg/ha con relación a la dosis 20 Kg P/ha . En El Salvador se observó diferencia tanto para fechas de siembra como para dosis de P. La primera fecha de siembra redujo el rendimiento de maíz a casi la mitad en relación à los testigos sin leguminosa, mientras que la segunda fecha permitió un mayor rendimiento, aunque siempre inferior a los testigos. La dosis de P fue significativa sólo para la primera fecha de siembra; al pasar de 20 kg P/ha a 40 kg/ha el rendimiento se incrementó en más de 1 Mg/ha.

El comportamiento de V. unguiculata fue diferente al de S. deeringianum. Los rendimientos, aunque fueron más bajos que los testigos, fueron mayores que los obtenidos con la siembra de S. deeringianum (Cuadros 4 y 5). La mayor reducción de rendimiento al sembrar V.

unguiculata se produce en la localidad Guatemala, Cuyuta, con más de 1 Mg/ha en relación a los testigos agricultor y sin leguminosa. La diferencia entre testigo sin leguminosa (20 kg P/ha) y testigo sin leguminosa (40 kg P/ha) se debe a efecto de dosis de P.

De las tres leguminosas en estudio, C. ensiformis permitió quizá la mayor expresión de rendimiento de maíz lo cual es más evidente en la localidad Guatemala Cuyuta, en donde la diferencia fue inferior a 0.5 Mg/ha, y en la localidad Honduras La Paz cuando se aplicó la dosis de 40 kg/ha. En esta localidad se nota de nuevo el efecto de dosis de P tanto cuando se sembró C. ensiformis como cuando no se sembró. Quizá el sistema radicular profundo y pivotante de la C. ensiformis, disminuye la competencia por agua y nutrientes con el maíz.

Lo más importante que se puede observar en el grupo de localidades con rendimientos altos (> 3.0 Mg/ha) es que se detectaron efectos a fechas de siembra y a dosis de P, lo cual se puede deber a que para lograr estos rendimientos se produce mayor competencia maíz-leguminosa y un requerimiento mayor de P fertilizante.

Las localidades La Ceiba, Honduras y Costa Rica se presentan individualmente debido a que se dieron condiciones de manejo muy diferentes a las demás localidades (Cuadro 5). En La Ceiba, Honduras el manejo de S. deeringianum sembrada en la segunda fecha permitió que el rendimiento de maíz fuera casi el doble en relación a los testigos del agricultor y sin leguminosa. El manejo consistió en despuntar la leguminosa varias veces durante el ciclo. V. unguiculata y C. ensiformis se comportaron similarmente a localidades ya descritas, reduciendo en forma mínima el rendimiento del maíz. La localidad de Costa Rica fue la que mayor contrastes presentó. Para S. deeringianum y V. unguiculata el efecto de fecha de siembra es fácilmente observable, pues la primera fecha reducen drásticamente el rendimiento de maíz en relación a cuando no se siembran. La segunda fecha permite un mayor rendimiento, aunque siempre bastante más bajo en relación a los testigos sin leguminosas.

En relación a otros aspectos que querían observarse, como control de malezas y cobertura de suelo, por ejemplo en algunas localidades las leguminosas C. ensiformis y V. unguiculata realizaron buen control de malezas y buena cobertura del suelo, tal es el caso de Jutiapa, Guatemala. Por su crecimiento inicial muy lento y poco vigor, S. deeringianum no funcionó en este sentido en esta localidad. Los buenos resultados en la Costa Atlántica de Guatemala y Honduras seguramente se deben a que los agricultores siembran la leguminosa en rotación y la eliminan inmediatamente antes de sembrar el maíz, con lo cual logran controlar malezas a la vez que aporta N durante la descomposición del rastrojo durante el ciclo del maíz.

A pesar de la desventaja de la canavina, C. ensiformis es una buena posibilidad para lograr aportes de materia seca al suelo, así como para control de malezas por su desarrollo inicial vigoroso. Se reporta que en algunos países la gente utiliza la vaina y el grano como alimento, pues la toxina puede eliminarse mediante cocción y lavado del grano o mediante procesamiento. Investigadores del INCAP en Guatemala han encontrado que la proteína de C. ensiformis puede ser aislada en buenas cantidades sin la toxina, lo cual podría conducir a la formulación de alimentos con alto contenido de proteína (National Academy of Sciences, 1979). De esta forma, esta leguminosa puede llegar a ser una importante fuente de alimento para áreas marginales en donde no se pueden producir otras leguminosas.

La leguminosa que mayores ventajas ha presentado hasta el momento es V. unguiculata debido principalmente a su habito, ciclo corto y uso alimenticio, tanto en grano como en legumbre. En El Salvador y en San Miguel Chicaj, Guatemala los agricultores cosecharon la legumbre de esta leguminosa de los ensayos y la comieron. Otra de las ventajas de V. unguiculata es su buen desarrollo inicial con lo cual se logra control de malezas y cobertura del suelo en el período durante el cual el suelo permanece más descubierto. Por su precocidad (ciclo de 60-70 días), aporta su materia seca aún durante el ciclo del maíz y ya no compite con este durante la formación del grano. Sin embargo, por ser una leguminosa de grano, la mayoría del nitrógeno que fija lo utiliza para su producción, dejando muy poca cantidad residual en el suelo.

A pesar de la variabilidad entre localidades y de que se trata de un primer ciclo de evaluación, los resultados obtenidos han permitido hacer algunas modificaciones a los ensayos sembrados en 1990. Para 1990, los ensayos contemplan la siembra de las leguminosas a la misma fecha del maíz y un manejo mediante despunta, de S. deeringianum.

Con algunas diferencias, dos ensayos fueron conducidos también en Panamá. Los resultados obtenidos fueron similares a las localidades presentadas en este trabajo. S. deeringianum fue la que más redujo el rendimiento de maíz, mientras que C. ensiformis no lo afectó.

En Jutiapa, Guatemala, se sembró un asocio maíz-sorgo. Por el ciclo del sorgo (Sorghum vulgare L.) y de S. deeringianum, así como por el hábito de esta, se produjo mayor competencia y esta leguminosa fue la que más redujo el rendimiento del sorgo.

En El Salvador las leguminosas fueron quemadas con Paraquat a la dobla del maíz (después de madurez fisiológica) para sembrar frijol común (Phaseolus spp.) en relevo. Los rendimientos de frijol obtenidos fueron estadísticamente similares para las tres leguminosas y dosis de P.

CONCLUSIONES

En once localidades de Centro América se realizaron ensayos de siembras de leguminosas intercaladas

Cuadro 4. Medias de rendimiento obtenidas en las localidades con comportamiento similar y rendimientos bajos. Leguminosas intercaladas en maíz. Centroamérica, 1989.

Tratamiento	Guatemala La Máquina	Guatemala Sn. Miguel Chi.	Guatemala Jutiapa	Honduras Comayagua	Honduras Morazán	Nicaragua Managua
	Mg/ha					
S.d.- 15 - 20	2.086	1.668	2.039	2.319	2.892	
S.d.- 15 - 20	1.930	2.851	2.249	2.515	3.110	3.430
S.d.- 30 - 20	2.216	2.580	2.403	2.382	3.270	
S.d.- 30 - 40	1.554	3.071	1.982	2.823	2.460	3.130
Media S.d.	**1.947**	**2.543**	**2.168**	**2.510**	**2.933**	**3.280**
V.u.- 0 - 20	1.553	2.764	2.605	2.363	3.574	
V.u.- 0 - 40	1.581	3.287	2.192	2.487	2.964	3.270
V.u.- 10 - 20	2.401	2.716	2.372	2.520	2.981	
V.u.- 10 - 40	1.893	2.643	2.291	2.372	3.580	3.170
Media V.u.	**1.857**	**2.853**	**2.365**	**2.436**	**3.275**	**3.220**
C.e.- 10 - 20	2.083	2.426	2.107	2.288	3.107	3.490
C.e.- 10 - 40	1.915	2.824	1.959	2.462	3.318	3.170
C.e.- 20 - 20	1.593	2.597	2.273	2.669	3.144	
C.e.- 20 - 40	2.990	3.279	2.537	2.526	2.760	
Media C.e.	**2.145**	**2.782**	**2.219**	**2.487**	**3.082**	**3.330**
Test. Agric.	2.013	1.352	2.240	2.369	2.748	3.400
T.S.L. - 20	2.320	3.230	2.378	2.469	3.351	3.380
T.S.L. - 40	2.404	3.141	2.642	2.756	3.007	3.870
Media T.S.L.	**2.362**	**3.187**	**2.510**	**2.613**	**3.179**	**3.625**

S.d = Stizolobium deeringianum, V.u = Vigna unguicula, C.e = Canavalia ensiformis
TSL = Testigo sin leguminosa, 1)Sd - 15 - 20 = Tipo de leguminosa-fecha de siembra, leguminosa(dias despues de la siembra del maíz) y - dosis P (kg/ha)

Cuadro 5. Medias de rendimiento obtenidas en las localidades con comportamiento similar y tratamiento similar y rendimientos altos así como en las localidades con comportamiento diferente. Leguminosas intercaladas en maíz. Centroamérica, 1989.

Tratamiento	Loc. comportamiento similar y rend. altos Guat. Cuyuta	Hond. La Paz	E.S. Sacacoyo	Loc. comportamiento diferente Hond. La Ceiba	Costa Rica
	Mg/ha				
S.d.- 15 - 20	3.492	5.344	2.779	1.425	1.007
S.d.- 15 - 20	3.802	6.512	3.961	1.284	1.317
S.d.- 30 - 20	5.806	4.853	4.634	3.286	1.867
S.d.- 30 - 40	6.040	5.526	4.636	4.603	2.690
Media S.d.	**4.785**	**5.559**	**4.003**	**2.650**	**1.720**
V.u.- 0 - 20	6.216	5.197	4.434	1.721	1.157
V.u.- 0 - 40	5.174	6.450	4.085	1.806	1.017
V.u.- 10 - 20	6.368	6.534	4.627	2.073	2.007
V.u.- 10 - 40	5.803	5.361	3.963	1.462	1.640
Media V.u.	**5.890**	**5.886**	**4.277**	**1.766**	**1.455**
C e.- 10 - 20	5.358	6.704	4.312	1.794	3.107
C.e.- 10 - 40	6.084	6.535	4.312	1.520	2.120
C.e.- 20 - 20	5.641	4.803	4.709	1.579	3.190
C.e.- 20 - 40	5.721	6.598	4.435	2.211	2.347
Media C.e.	**5.696**	**6.160**	**4.442**	**1.776**	**2.691**
Testigo Agricultor	6.121	5.444	5.376	2.011	1.457
T.S.L. - 20	5.769	5.037	4.482	2.047	3.317
T.S.L. - 40	6.769	6.697	5.345	2.470	2.893
Media T.S.L.	**6.279**	**5.867**	**4.914**	**2.259**	**3.105**

S.d. = Stizolobium deeringianum, V.u. = Vigna unguiculata, C.e. = Canavalia ensiformis, TSL = Testigo sin leguminosa, 1)Sd - 15 - 20 = Tipo de leguminosa-fecha siembra , leguminosa (dias despues de la siembra de maíz) y- dosis P (kg/ha)

en el cultivo de maíz. Seis localidades mostraron comportamiento similar y rendimientos promedio bajos (< 3.0 Mg/ha grano maíz). En estas localidades, la siembra intercalada de leguminosas no produjo efectos negativos muy drásticos sobre el rendimiento de grano de maíz, tampoco de detectó efecto de fecha de siembra ni dosis de P. Tres de las localidades mostraron comportamiento similar y rendimientos altos (>3.0 Mg/ha). En estas localidades se detectaron efectos de fecha de siembra y dosis de P, las cuales fueron más marcadas con S. deeringianum, leguminosa que redujo más drásticamente el rendimiento de grano de maíz. Es posible que en las localidades con altos rendimientos promedios, las respuestas a fechas de siembra y a dosis de P, se deban a que para lograr estos niveles de rendimiento se produce mayor competencia entre el maíz y la leguminosa, y a la vez se aumenta el requerimiento de P fertilizante. El manejo mediante despuntes de S. deeringianum demuestra que pueden lograrse rendimientos altos incluso superiores a los testigos, tal como sucedió en la localidad La Ceiba, Honduras.

Aunque las tres leguminosas se adaptaron a los ambientes evaluados V. unguiculata y C. ensiformis ofrecen las mejores posibilidades para aspectos como control de malezas y cobertura del suelo para una mayor protección contra la erosión. V. unguiculata aparece como una leguminosa muy promisoria en forma intercalada por su aptitud para consumo humano, ciclo corto, tolerancia a la sombra y habito no trepador.

LITERATURA CITADA

CIDICCO: Centro Internacional de Información sobre Cultivos de Cobertura. 1990. Carta trimestral No 1. Apdo postal 3385. Tegucigalpa, Honduras.

Cornell University, 1990. Green manures (documento en borrador). Preparado por el programa TROPSOIL, Universidad de Cornell, Ithaca, New York.

National Academy of Sciences. 1984. Tropical Legumes Resources for the future. Washington, D.C. pp. 292-332.

Sánchez, P. 1976. Properties and management of soils in the tropics. John Wiley and Sons, New York.

Skerman, P.J. 1977. Tropical forage legumes. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.

Respuesta del Maíz a la Aplicación de Azufre y Fósforo en un Suelo Calcareo de Ladera Bajo Labranza Convencional y Labranza Cero

R. Pierre, A. Robles, R. Celado,
W.R. Raun y H.J. Barreto[1]

COMPENDIO

Cuatro experimentos de campo se establecieron en suelos moderadamente calcáreos en la Costa Norte de la República Dominicana en octubre de 1988, para evaluar los efectos de la fertilización con P y S bajo labranza convencional y labranza cero en el rendimiento de grano de maíz. Los rendimientos de maíz fueron menores cuando la labranza cero fue utilizada en comparación a la labranza convencional. Una mayor inmovilización del N y/o una mayor lixiviación del NO_3, quizas contribuyeron a este efecto. A pesar de que los rendimientos de grano fueron más bajos en labranza cero, los beneficios de la labranza cero para controlar la erosión, se consideran de esencial importancia para esta región. Bajo labranza convencional se observó una respuesta significativa en el rendimiento a la aplicación de S, la cual posiblemente se debe a las pérdidas por volatilización del S cuando los residuos vegetales del ciclo anterior se queman. Alternativamente, la respuesta a la aplicación de S se esperaba que fuese limitada bajo labranza cero debido a que las reservas de S orgánico mineralizable se consideraban mayores bajo este sistema de cultivo. Dosis más altas de P fueron necesarias para obtener rendimientos similares bajo labranza cero comparado con labranza convencional, lo que sugiere quizas posibles diferencias de pH en el suelo superficial, como consecuencia del método de labranza, podrían haber afectado la disponibilidad de este elemento. La inmovilización del P a formas orgánicas no se considera de importancia dado que el P fue incorporado en bandas bajo los dos sistemas de labranza. El acame de raíz y tallo fueron mayores bajo labranza convencional, aunque no se encontró que disminuyera los rendimientos a los niveles observados bajo labranza cero.

INTRODUCCION

La labranza cero se ha utilizado en forma exitosa como práctica de conservación de suelos para cultivos de grano sembrados en pendientes. Otras ventajas asociadas con el uso de la labranza cero incluyen: conservación de la humedad del suelo (Blevins et al., 1971), mayor cantidad de nitrógeno mineral residual (Moschler et al., 1972) y mayor cantidad de materia orgánica en el horizonte superficial (Agboola, 1981; Moschler et al., 1972). La absorción de micronutrientes (Moschler et al., 1972), la biomasa microbiana (Doran, 1980) y la disponibilidad del fósforo (Kunishi et al., 1982), todos se reportan que mejoran bajo el sistema de labranza cero. Sin embargo, el uso de la labranza cero no se recomienda para suelos acidos con baja capacidad de intercambio catiónico, debido a la mayor acidificación observada en los horizontes superficiales del suelo, cuando la labranza cero ha sido utilizada por largo tiempo (Blevins et al., 1978; Blevins et al., 1977). En años recientes, la labranza cero ha sido utilizada en los trópicos donde comparativamente se conoce menos sobre sus beneficios, desventajas y los mecanismos que afectan la disponibilidad de nutrientes. En Luperón, República Dominicana, el maíz se ha cultivado en los últimos 50 años, sin aplicación de fertilizantes, pero con quema de los residuos del año anterior seguidos de discado mecánico bajo un sistema de labranza convencional.

La quema anual de los residuos del cultivo anterior antes de la siembra se realiza principalmente para controlar malezas y constituye una práctica generalizada entre los agricultores de Luperón. Esta práctica al dejar el suelo desprotejido de cobertura, es causa principal de la erosión, y además puede volatilizar hasta 75% del azufre presente en los residuos orgánicos (Sánchez, 1981).

La respuesta a la fertilización con S se ha encontrado que interactua antagónicamente cuando se fertiliza simultáneamente con Ca y P (Barrow, 1969; Ensminger, 1954 y Kamprath et al., 1956). El trabajo de Blair (1988) ha demostrado una tendencia hacia la rápida remoción de bases del perfil de suelo, cuando altas cantidades de agua percolan a través del suelo. Los experimentos de Pearson et al., (1962) demostraron que hasta un 90% de todas las bases solubles eran lixiviadas como sulfatos en perfiles de suelos acidos.

Dado que ni la fertilización ni la labranza cero se utilizan en las pendientes altamente erosionables de la Costa Norte de la República Dominicana, el objetivo de este experimento fue evaluar los efectos de fertilización con N, P y S en el rendimiento de grano de maíz bajo labranza convencional y labranza cero.

MATERIALES Y METODOS

En octubre, 1988, cuatro ensayos se iniciaron en Luperón, República Dominicana para evaluar los efectos de la labranza convencional y labranza cero bajo varias dosis de fertilización con fósforo y azufre. Las localidades 'Zacarías' (1) y 'Echavarría'(2) se sembraron en noviembre 19 de 1988, mientras que las localidades 'Momin' (3) y

R. Pierre, A. Robles y R. Celado, Ing. Agr. Centro Sur de Desarrollo Agropecuario (CESDA), Apdo. Postal No 24, San Cristobal, República Dominicana. W.R. Raun, H.J. Barreto Agrónomos Regionales, CIMMYT, Apdo. Postal 231-A, Guatemala, Guatemala. Esta investigación fue apoyada parcialmente por el Instituto de Azufre, Washington, DC.

Cuadro 1. Análisis de suelo por localidad, Luperón, República Dominicana, 1989.

Localidad	pH	MO%	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn	TEX
			mg/kg	------cmol(+)/kg-----			----------mg/kg----------				
Balbuena(1)	7.7	2.73	1.0	1.25	29	9.3	25	3.5	8.1	6.0	F.A.
Echavarria(2)	7.9	2.79	5.6	1.20	30	4.3	34	9.3	11.4	17.0	F.A.
Momin(3)	7.4	2.46	1.9	0.65	38	10.2	29	9.6	4.5	6.0	F.A.
Valdez(4)	7.6	4.12	1.0	1.06	44	7.1	23	7.1	11.7	16.0	A.

pH-1:2.5 H2O, MO-materia organica, Walkley y Black, 1934., P,K, Nelson et al., 1953., Ca,Mg, 1N KCl,
S-0.01M $Ca(H_2PO_4)_2xH_2O$ extractable, Fox et al., 1964., Fe,Zn,Cu,Mn-Olsen, TEX-Textura- Bouyoucos, 1962.
FA = Franco arcilloso, A = Arcilloso

'Váldez' (4), se sembraron en noviembre 20 de 1988. Los suelos de la región tienen material parental subyacente de naturaleza calcárea a una profundidad de 60 cm, reciben 1270mm. de precipitación anual, y en general presentan texturas franco arcillosas en la capa arable. Los análisis de suelo para las localidades incluidas en este estudio se presentan en el Cuadro 1. En general las pendientes de las áreas donde se siembra maíz exceden 15% y debido a la falta de prácticas de conservación de suelos, han sido sujetas a altas pérdidas de suelo por erosión. El arreglo experimental en cada sitio fue de parcelas divididas en un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Las parcelas principales fueron los niveles de labranza (labranza cero y labranza convencional). La labranza convencional consistió en la quema de los residuos del año anterior seguido de dos discados antes de la siembra. En la labranza cero no se realizó quema ni se efectuaron operaciones mecánicas de discado. El control

Cuadro 2. Análisis de varianza combinado a través de localidades para rendimiento de maíz y acame de raíz y tallo para el efecto de labranza y fertilización en cuatro localidades, Luperón, República Dominicana, 1989.

Fuente de Variación	gl	Rendimiento	AR	AT
		---------- Cuadrados Medios ----------		
TOTAL	119			
Localidad	3	41.941**	8200**	1569 *
ERROR A	8	0.724	228	394ns
Labranza	1	4.352 *	3509**	4442**
Localidad*labranza	3	0.764ns	1348**	1026 @
ERROR B	8	0.755	34	321
Tratamiento	4	3.556**	22ns	91ns
Localidad*Tratamiento	12	0.740 @	78ns	139ns
Labranza*Tratamiento	4	0.693ns	254 @	58ns
Localidad*Labranza*Tratamiento	12	0.578ns	109ns	106ns
ERROR C	64	0.394	109	231
Coeficiente de Variación %		21.25	80.78	83.54
COMPARACIONES NO-ORTOGONALES				
1 vs 3 (efecto de S)	1	3.997**	6ns	11ns
Efecto linear dosis P	1	5.424**	30ns	23ns
Efecto Cuadrático a dosis de P	1	1.832 *	7ns	144ns
2 vs 3 (efecto de P)	1	5.461**	1ns	164ns
5 vs 1,2,3,4 (testigo vs otros)	1	4.744**	27ns	36ns
1 vs 3 * labranza	1	2.669 *	26ns	163ns
3 vs 4 * labranza	1	1.406 *	131ns	5ns
Dosis P cuadrática*Labranza	1	2.145 *	8ns	1ns

@,*,** - significativo a 0.10, 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad, respectivamente. ns - no significativo a probabilidad < 0.1., AR, AT- acame de raíz y acame de tallo, respectivamente.

Cuadro 3. Efecto de la labranza y la fertilización en el rendimiento de grano de maíz, Luperón, República Dominicana, 1989.

Localidad				Labranza Convencional 1	2	3	4	Media	Labranza Cero 1	2	3	4	Media	Media General
Tratamiento								Rendimiento, Mg/ha						
N	P	S												
-----kg/ha-----														
1. 40U	20	0		2.33	5.31	2.12	1.50	**2.84**	3.61	4.12	1.53	1.69	**2.74**	**2.79**
2. 40S	0	43		2.53	4.26	2.84	1.41	**2.76**	3.05	3.78	2.02	1.64	**2.62**	**2.69**
3. 40S	20	43		4.20	4.80	3.60	2.71	**3.83**	3.77	3.99	2.25	1.61	**2.91**	**3.37**
4. 40S	40	43		4.15	4.97	2.60	2.22	**3.48**	3.21	4.54	3.10	2.13	**3.25**	**3.37**
5. 0	0	0		3.69	4.51	1.65	1.39	**2.81**	3.23	3.80	1.15	1.03	**2.30**	**2.56**
Media por localidad				3.38	4.77	2.56	1.87		3.37	4.04	2.01	1.62		
Media por labranza								**3.15**					**2.76**	

40U-40 kg N como Urea/ha., 40S-40 kg N como sulfato de amonio/ha. , P aplicado como 0-46-0.

de malezas en las parcelas bajo labranza cero se realizó utilizando un machete para cortar las malezas sobre la superficie y fue complementado con aplicaciones de Paraquat (1 l/ha i.a.), 2,4 D (1 l/ha i.a.) y Pendimetalina (95.1 g/ha i.a). En las parcelas bajo labranza convencional se utilizó pendimetalina (95.1 g/ha i.a) como tratamiento preemergente. La variedad de maíz 'Francés Largo' se sembró a mano a una profundidad de 5cm y a una población de 55,555 semillas por hectárea en todas las localidades. El control de insectos se realizó mediante aplicación de 'Ambush' (100cc en 15 lt. agua) aplicado a la superficie del follaje en todas las localidades en diciembre 2. Las parcelas experimentales consistieron de 4 surcos de 5m de largo en las localidades 2 y 4, mientras que las parcelas fueron de 8 surcos por 5m de largo en las localidades 1 y 3. La distancia entre surcos en todas las localidades fue de 0.90m.

Los fertilizantes se aplicaron al momento de la siembra en bandas conjuntas, 7cm al lado y 7cm por debajo de la superficie del suelo. Para evaluar la respuesta potencial del azufre, se incluyeron sulfato de amonio y urea debidamente incorporados con el suelo, para así disminuir el potencial de volatilización de amoniaco en estos suelos moderadamente calcáreos. Los tratamientos utilizados en este estudio se encuentran descritos en el Cuadro 3. A pesar de que los agricultores de la región no utilizan fertilizantes, las dosis de N y P en este estudio, se establecieron en base a las recomendaciones del programa nacional de investigación agrícola de la República Dominicana (CESDA).

Los ensayos se cosecharon en abril 12, abril 27 y abril 28, respectivamente para las localidades 1, 2, 3 y 4. El

Cuadro 4. Porcentaje de acame de raíz por localidad para el efecto de labranza y fertilización, Luperón, República Dominicana, 1989.

Localidad				Labranza Convencional 1	2	3	4	Media	Labranza Cero 1	2	3	4	Media	Media General
Tratamiento								Rendimiento, Mg/ha						
N	P	S												
-----kg/ha-----														
1. 40U	20	0		5.17	40.3	3.13	1.85	**12.6**	2.59	33.1	3.26	5.25	**11.0**	**11.83**
2. 40S	0	43		5.01	44.2	3.95	11.6	**16.2**	1.50	16.1	0.00	16.7	**8.60**	**12.40**
3. 40S	20	43		4.49	52.1	4.35	11.8	**18.2**	0.53	26.9	0.00	0.00	**6.87**	**12.53**
4. 40S	40	43		8.06	70.2	2.96	10.4	**22.9**	0.00	15.0	2.56	2.47	**5.01**	**14.00**
5. 0	0	0		13.1	58.0	6.75	8.91	**21.7**	1.27	19.7	1.63	1.52	**6.03**	**13.90**
Media por localidad				7.17	52.9	4.23	8.90		1.18	22.1	1.49	5.18		
Media por labranza								**18.3**					**7.50**	

40U-40 kg N como Urea/ha., 40S-40 kg N como sulfato de amonio/ha. , P aplicado como 0-46-0.

Cuadro 5. Porcentaje de acame de tallo por localidad para el efecto de labranza y fertilización, Luperón, República Dominicana, 1989.

Localidad				Labranza Convencional 1	2	3	4	Media	Labranza Cero 1	2	3	4	Media	Media General
Tratamiento								Rendimiento, Mg/ha						
	N	P	S											
	-----kg/ha-----													
1.	40U	20	0	6.79	28.6	33.6	36.0	**26.3**	11.2	10.4	10.6	24.1	**14.0**	**20.2**
2.	40S	0	43	16.9	6.09	25.1	33.2	**20.3**	7.95	9.05	4.33	21.3	**10.6**	**15.5**
3.	40S	20	43	14.1	8.53	36.6	37.7	**24.2**	9.18	15.0	11.9	20.4	**14.1**	**19.2**
4.	40S	40	43	14.3	8.21	42.0	25.8	**22.6**	9.66	18.5	10.3	6.17	**11.2**	**16.9**
5.	0	0	0	10.9	23.2	46.9	30.9	**28.0**	2.71	11.3	8.11	20.3	**10.6**	**19.3**
Media por localidad				12.6	14.9	36.9	32.7		8.13	12.8	9.03	18.4		
Media por labranza								**24.3**					**12.1**	

40U-40 kg N como Urea/ha., 40S-40 kg N como sulfato de amonio/ha. , P aplicado como 0-46-0.

rendimiento de grano se obtuvo mediante la cosecha de los 6 y 2 surcos centrales de cada parcela para las localidades 1 y 3, y 2 y 4, respectivamente. El acame de tallo se determinó mediante conteo de tallos rotos por debajo de la mazorca. El acame de raíz se determinó mediante conteo del número de plantas que estaban inclinadas a 30 o más grados a partir de la perpendicular a la base de la planta. Ambas evaluaciones se realizaron en la época de madurez fisiológica del maíz, basándose en el número total de plantas dentro de la parcela experimental. Se encontró que los porcentajes de acame de raíz y tallo estaban distribuídos normalmente, lo que permitió el análisis directo de estos datos sin necesidad de transformaciones para estabilizar la varianza. Las comparaciones de un grado de libertad, reportadas en el Cuadro 2, para determinar los efectos principales e interacciones fueron todos no-ortogonales.

RESULTADOS Y DISCUSION

Rendimiento de Grano

Cuadro 6. Correlación del acame de raíz y tallo por labranza con el rendimiento de maíz, Luperón, República Dominicana, 1989.

Labranza Convencional	Labranza Cero
Y = 2.49 +0.036(AR)	Y = 2.51 +0.034(AR)
r = 0.59 **	r = 0.35 **
Y = 3.77 -0.026(AT)	Y = -2.57 -0.021(AT)
r = -0.37 **	r = -0.20 ns

AR,AT- acame de raíz y tallo en porcentaje, respectivamente., **- significativo al nivel de probabilidad de 0.01., ns - no significativo a probabilidad < 0.1

Los rendimientos de grano de maíz fueron significativamente menores bajo labranza cero comparados con los obtenidos bajo labranza convencional (2.76 y 3.15 Mg/ha, respectivamente), para el análisis combinado a través de localidades (Cuadros 2 y 3). Los trabajos de Bandel et al., (1975) y Mengel, (1985) indican que los requerimientos de fertilización con N son generalmente mayores bajo labranza cero. Mengel (1985) atribuyó esta disminución en la eficiencia de uso del N a las mayores tasas de inmovilización del N bajo labranza cero. Estos resultados tienden a confirmar las observaciones anteriores, para maíz cultivado en regiones templadas subtropicales. Aunque las tasas de inmovilización del N no se registraron en este estudio, las observaciones visuales de deficiencia de N observadas en parcelas bajo labranza cero, aparecen consistentes con esta explicación. Otras de las desventajas de la labranza cero que podrían ayudar a explicar este comportamiento incluyen, las mayores tasas de lixiviación del NO_3 y las mayores pérdidas de N por desnitrificación bajo labranza cero (Phillips, 1980). Sin embargo, las ventajas de la labranza cero con respecto al control de la erosión se consideran invaluables para las condiciones de esta región.

En un intento de utilizar estos ensayos como un mecanismo de extensión, se utilizó una dosis baja de N (40 kg/ha) que se asemeja a la recomendación del CESDA. Sin embargo, basándose en los resultados que la literatura reporta, a esta baja dosis de N, las deficiencias visuales observadas, eran de esperarse. En vista de esto, la magnitud de la respuesta a la fertilización con S y P se vio afectada un mayor o menor grado por la disponibilidad limitada de N.

Las comparaciones realizadas con el testigo del agricultor-cooperador para cada localidad se consideran de importancia y se discuten a continuación. Los rendimientos del agricultor (0N-0P) fueron muchos más altos que los esperados, en las localidades 1 y 2,

independientemente de la práctica de labranza utilizada. La interacción localidad x tratamiento observada para rendimiento de grano y presentada en el Cuadro 2, parece ser debida a una mayor respuesta a la fertilización en las localidades 3 y 4, comparada a la de las localidades 1 y 2.

La respuesta a la aplicación de S como sulfato de amonio, comparada con la aplicación de urea, fue significativamente mayor bajo labranza convencional (Cuadro 2). El trabajo de Sánchez, (1981) demostró que la quema de los residuos podrían volatilizar hasta 75% del azufre orgánico presente en los residuos vegetales, lo que ayudaría a explicar la naturaleza de la respuesta observada. Dado que más del 95% del azufre total en suelos de las regiones húmedas y subhúmedas se conoce que esta en forma orgánica (Tabatabai, 1982), la disponibilidad total de S mineralizable bajo labranza convencional se esperaba que fuese mucho menor, comparada con labranza cero en donde no se utilizo la quema.

En general, las aplicaciones de P incrementaron los rendimientos, aunque existió una tendencia de estos a alcanzar un máximo a la dosis de 20 kg P/ha, lo que explica porqué el efecto cuadrático del P fue significativo. La respuesta a la aplicación del P a dosis bajas de P fue mucho mayor bajo labranza convencional que bajo labranza cero (tratamiento 2 contra tratamiento 3). Sin embargo, a la dosis alta de fertilización con P, los rendimientos incrementaron bajo labranza cero mientras que no lo hicieron bajo labranza convencional (efecto cuadrático de dosis * labranza significativo y del tratamiento 3 contra 4 * labranza). Esto pudo haberse debido a cambios en la disponibilidad del P por cambios de pH en la superficie del suelo como respuesta a la labranza; sin embargo, no se tiene certeza para explicar la respuesta observada en base a este efecto. La inmovilización del P en formas orgánicas no se considera de importancia ya que el P se aplicó en banda bajo ambos sistemas de labranza.

Es de importancia mencionar que la respuesta a la fertilización con S y P, fueron independientes y significativas para cada elemento. La aplicación conjunta de estos dos elementos resultó en incrementos del rendimiento de tipo sinergístico y no antagónico como se ha encontrado en otros trabajos (Barrow, 1969; Ensminger, 1954 y Kamprath et al., 1956). A pesar de que otros trabajos han demostrado la respuesta antagónica al aplicar P al voleo, lo que induce mayor lixiviación del SO_4 en suelos con alta capacidad de intercambio aniónico, la aplicación localizada en banda de S y P utilizada en este trabajo, se consideraba que disminuiría o eliminaría este efecto. Además, dado el pH de estos suelos (7.4 a 7.9), se esperaba que la capacidad de intercambio aniónico sería muy baja (Bohn et al., 1979). Sin embargo, basándose en los resultados de este trabajo no es posible explicar si la respuesta sinergística observada se debió a la utilización del sulfato de amonio como fuente del S o a otra razón.

Acame de Raíz y Tallo

Tanto el acame de raíz como el de tallo se observaron significativamente mayores bajo labranza convencional (Cuadro 2, 4, y 5), aunque la incidencia de este efecto dependió de la localidad. Esto aparece evidente a juzgar por la interacción significativa de localidad x labranza observada para ambas evaluaciones. La incidencia del acame de raíz fue más alta cuando los niveles de fertilización fueron mayores bajo labranza de conservación. La correlación positiva entre el rendimiento y el acame de raíz sugiere que el peso de la mazorca fuera un factor causal en la mayor incidencia de acame. Sin embargo, bajo labranza convencional, los rendimientos disminuyeron a medida que el acame de tallo incrementó. Este efecto no se observó bajo labranza cero, quizá debido a que el acame fue mucho más reducido bajo este sistema de cultivo. Aunque los datos no se reportan en este informe, la pudrición de mazorca fue más alta bajo labranza convencional que bajo labranza cero.

CONCLUSIONES

Los rendimientos de maíz fueron menores bajo labranza cero comparado con labranza convencional posiblemente debido a una mayor inmovilización del N como resultado de una mayor relación C:N en el suelo bajo labranza cero. Deficiencias de N, evaluadas visualmente, fueron evidentes en las parcelas bajo labranza cero, a pesar de que en las condiciones climáticas del estudio se esperaba que la tasa de mineralización de la materia orgánica del suelo debería ser relativamente alta. Bajo labranza cero se observó, aunque solo de forma visual, un mayor control de la erosión comparado con la labranza convencional. Esta observación puede tener implicaciones importantes para el área puesto que las pérdidas de suelo superficial por erosión, aparentemente son causales de la baja productividad agrícola de esta región. La respuesta a la fertilización con P dependió del método de labranza utilizado pues bajo labranza cero, se necesitaron mayores dosis de P para lograr rendimientos equivalentes en magnitud, a los obtenidos bajo labranza convencional. Al quemar los residuos del cultivo anterior bajo labranza convencional, se considera que podrían haber afectado la disponibilidad de S. Esto en base a la mínima respuesta al S bajo labranza cero. Se encontró que los rendimientos incrementaron en forma sinérgica cuando el P y el S se aplicaron como una banda conjunta. Tanto el acame de tallo como el de raíz se incrementaron de manera significativa bajo condiciones de labranza convencional, aunque esto no redujo los rendimientos a los niveles observados bajo labranza cero.

LITERATURA CITADA

Agboola, A.A. 1981. The effects of different soil tillage and management practices on the physical and chemical properties of soil and maíze yield in a rainforest zone of western Nigeria. Agron. J. 73:247-251.

Bandel, V.A., S. Dzienia, G. Stanford, y J.O. Legg. 1975. N behavior under no-till vs conventional corn culture. First year results using unlabled N fertilizer. Agron. J. 67:782-786.

Barrow, N.J. 1969. Effects of adsorption of sulfate by soils on the amount of sulfate present and its availability to plants. Soil Sci. 108:193-201.

Blair, G.J. 1988. Chemistry of S and S cycle in the tropics. En. Sulphur in Indian Agriculture, SI-FAI Symposium The Sulphur Institute, Washington D.C.

Blevins, R.L., D. Cook, S.H. Phillips, y R.E. Phillips. 1971. Influence of no-tillage on soil moisture. Agron. J. 63:593-596.

Blevins, R.L., L.W. Murdock, y G.W. Thomas. 1978. Effect of lime application of no-tillage and conventionally tilled corn. Agron. J. 70:322-326.

Blevins, R.L., G.W. Thomas y P.L. Cornelius. 1977. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous corn. Agron. J. 69:383-386.

Bohn, H.L., B.L. McNeal y G.A. O'Connor. 1979. Soil Chemistry. John Wiley & Sons, Inc. New York, N.Y.

Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agron. J. 54:464-465.

Doran, J.W. 1980. Soil microbial and biochemical changes associated with reduced tillage. Soil Sci. Soc. Am. J. 44:765-771.

Ensminger, L.E. 1954. Some factors affecting the adsorption of sulfate by Alabama soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 18:259-264.

Fox, R.L., R.A. Olson, y H.F. Rhoades. 1964. Evaluating the sulfur status of soils by plants and soil tests. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 28:243-246.

Kamprath, E.J., W.L. Nelson, y J.W. Fitts. 1956. The effect of pH, sulfate and phosphate concentrations on the adsorption of sulfate by soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 20:463-466.

Kunishi, H.M., V.A. Bandel, y F.R. Mulford. 1982. Measurement of available soil phosphorus under conventional and no-till management. Commun. In Soil Sci. Plant Anal. 13(8):607-618.

Mengel, D.B. 1985. Curbing N loss in reduced till. Solutions. 29(2):60-64.

Moschler, W.W., G.M. Shear, D.C. Martens, G.D. Jones, y R.R. Wilmouth. 1972. Comparative yield and fertilizer efficiency of no-tillage and conventionally tilled corn. Agron J. 64:229-231.

Nelson, W.L., A. Mehlich, y E. Winters. 1953. The development, evaluation, and use of soil tests for phosphorus availability. Agronomy 4:153-188.

Pearson, R.W., F. Abruna, y J.Vicente-Chandler. 1962. Effect of lime and nitrogen applications on downward movement of calcium and magnesium in two humid tropical soils of Puerto Rico. Soil Sci. 93:77-82

Phillips, R.E., R.L. Blevins, G.W. Thomas, W.W. Frye, y S.H. Phillips. 1980. No-tillage agriculture. Science. 208:1108-1113.

Sánchez, P.A. 1976. Properties and Management of Soils in the Tropics. p 281. John Wiley & Sons, Inc. New York, N.Y.

Tabatabai, M.A. 1982. Sulfur. En. C.A. Black et al., (ed.) Methods of soil analysis, Part 2 Agronomy 9 (2da. Edición): 501-538. Am. Soc. of Agron., Madison, Wis.

Walkley, A., y I.A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37:29-38.

Evaluación de Fuentes y Métodos de Aplicación de Fósforo en el Cultivo de Maíz en 17 Localidades De Centroamérica, 1989

Román Gordón M, W. R. Raun, H.J. Barreto, T.J. Smyth[1]

INTRODUCCION

Según estudios realizados por organismos oficiales de producción agropecuaria de Centro América, se ha podido determinar que muchos de los suelos de la región tienen niveles bajos de fósforo y es de esperar que den una respuesta positiva a la fertilización con este elemento (Schmoock, 1989). A pesar de esto, la investigación a nivel Centroamericano sobre métodos para mejorar el uso del P en suelos altamente fijadoras de este elemento es escasa. Además, los suelos de Centroamérica tienen la característica general de ser de origen volcánico o derivados de ceniza volcánica, lo cual aumenta el poder de fijación del P debido a la presencia de alófano (Ishizuka y Black, 1977).

La roca fosfórica presenta ciertas ventajas en suelos acidos, principalmente una mayor disponibilidad debido a su solubilidad bajo condiciones acidas. Trabajos por Gichuru y Sanchez (1988), demostraron que la roca fosfórica 'Sechura' aplicada al voleo, funcionó igual al super fosfato triple en un suelo de pH 4.5 para la producción de arroz y vigna. La acidez del suelo es el factor principal que determina la disponibilidad del P a partir de la roca fosfórica, ya que a pH bajo se favorece la disolución del apatito (Joos y Black, 1950). La aplicación de los fertilizantes de P al voleo se facilita en comparación con la aplicación localizada o en banda (chuzo) que realizan los pequeños agricultores de Centroamérica. Otra ventaja que existe en algunas áreas es que el precio de la roca fosfórica es de 50 a 70% más barato que otras fuentes tradicionales de P. Aún al considerar el pH como el factor más importante con relación a la disponibilidad de roca fosfórica en el suelo, trabajos hechos por Chu et al., (1962) demostraron que la textura y la cantidad de Fe en el suelos afectaba la eficiencia de uso del P a partir de esta fuente.

El efecto de adsorción y fijación de fósforo depende de muchos factores. Así tenemos que Miller et al., (1970) demostraron que la disminución del pH en la rizósfera como resultado de la absorción de NH_4^+, podría aumentar la relación de $H_2PO_4^-/HPO_4^{2-}$, y así incrementar la disponibilidad del fósforo del suelo. Trabajos realizados por Savant y Racz (1972) informan sobre los productos de reacción del fósforo, principalmente los productos intermedios, los cuales pueden estar disponibles a través del tiempo. Entre estos productos intermedios se mencionan el fosfato dicálcico dihidratado (FDD), el cual fué reportado en suelos que tenían una relación de calcio y magnesio soluble en agua de 1.5 o mayor (Racz y Soper, 1967). Trabajos realizados por Caceros et al., (1990) y Raun y Barreto (1990) demostraron los beneficios de aplicar el $CaSO_4$ junto con el super fosfato triple, en la disponibilidad tardía del P. La mayor disponibilidad del P del super fosfato triple al aplicarse junto con el yeso, se puede explicar en base a la precipitación del P como fosfato dicálcico dihidratado (FDD) y fosfato dicálcico (FD), productos de reacción del P fertilizante como consecuencia de la supersaturación con respecto al Ca^{+2} (Lindsay, 1979).

Los objetivos de este trabajo fueron: 1. Evaluar la eficiencia de la roca fosfórica, fórmula y super fosfato triple en la producción de maíz utilizando dos métodos de aplicación. 2. Determinar la respuesta de aplicar azufre en el cultivo de maíz y 3. Medir el efecto de aplicar el yeso junto con el fósforo en una banda localizada en comparación a otros métodos de aplicación.

Cuadro 1. Codigos para las localidades donde se obtuvieron datos para los ensayos de fosforo y el tipo de fórmula fertilizante utilizada por país, Centro America, 1989.

Codigo	País, Ciudad	Fórmula Utilizada
		$N-P_2O_5-K_2O$
CRFC	Costa Rica, Esparza	
ESAB	El Salv., M. -Guyamango,	(16-20-0)
ESEE	El Salv., Sacacoyo, E. Escobar	(16-20-0)
GUCU	Guatemala, Cuyuta	(20-20-0)
GUJ1	Guatemala, Jutiapa, P. Cruz	(20-20-0)
GUJ2	Guatemala, Jutiapa, Asun. Mita	(20-20-0)
GUJ3	Guatemala, Jutiapa, V. Tellez	(20-20-0)
GURE	Guatemala, Retalhuleu	(18-46-0)
GUZA	Guatemala, Zacapa	(20-20-0)
GULM	Guatemala, La Maquina	(20-20-0)
HOCA	Honduras, Caguira	(18-46-0)
HOEM	Honduras, Esperanza, E. Meza	(18-46-0)
HOES	Honduras, Esperanza, El Tejar	(18-46-0)
HOOL	Honduras, Esperanza, Ologosi	(18-46-0)
PAH	Panama, Chitre, La Honda	(15-30-8)
PAP	Panama, Chitre, Parita	(15-30-8)
PAT	Panama, Chitre, Las Tablas	(15-30-8)

MATERIALES Y METODOS

En 1989, se realizaron 17 experimentos en igual número de localidades a través de Centro América durante las dos épocas de siembra del maíz. Las localidades fueron: Parita, Las Tablas y La Honda (Panamá); Esparza

Román Gordón M. Ing. Agr. Programa de Maíz, IDIAP, Sub Centro de Azuero, W.R. Raun y H.J. Barreto, Agrónomos Regionales CIMMYT, Apdo. Postal 231-A, Edif. Galerias Reforma, Guatemala Guatemala, T.J. Smyth, Profesor, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina.

Cuadro 2. Rendimientos del maíz por tratamiento y localidad, pH, Ca, Mg, Saturación de Aluminio y Fe en 17 localides de Centro América.

Tratamiento	hoes	hool	hoem	hoca	esab	crfc	guj3	pap	pat	esee	guj1	pah	guj2	gucu	gulm	gure	guz
							Rendimiento Mg/ha										
1. RF-V-30	3.32	4.02	5.25	4.97	5.03	2.94	2.12	5.31	5.69	5.26	4.32	5.08	6.15	4.76	3.19	4.09	2.77
2. RF-C-30	4.19	3.98	3.80	5.36	5.35	3.51	2.49	4.00	4.99	5.27	4.76	4.88	5.94	5.75	3.53	5.14	2.62
3. RF-V-60	4.45	3.99	4.83	5.01	5.51	2.65	2.69	4.83	5.58	4.90	4.57	5.05	6.38	5.44	2.86	5.61	2.94
4. RF-C-60	5.33	4.48	4.81	4.94	5.18	3.40	2.68	5.46	5.89	4.58	4.77	4.45	6.08	4.82	2.94	4.97	2.58
5. FOR-V-30	4.81	3.59	6.07	4.31	5.23	2.71	2.34	5.69	5.83	4.87	4.71	5.18	5.93	5.34	4.00	4.98	3.74
6. FOR-C-30	4.54	4.80	5.91	5.91	5.40	3.32	3.69	5.01	5.70	5.97	5.39	4.76	6.00	5.93	3.25	5.65	3.57
7. FOR-V-60	4.14	4.17	5.84	5.20	5.42	3.20	2.42	6.28	6.24	5.63	4.72	5.71	6.25	5.25	3.87	5.06	4.65
8. FOR-C-60	4.29	3.68	5.51	5.41	5.21	3.48	2.95	5.05	5.92	5.10	5.30	4.49	6.30	6.85	3.19	5.86	5.12
9. SFT-V-30	3.82	3.74	4.96	5.83	5.36	2.77	2.82	5.06	5.71	5.66	4.35	4.75	6.64	4.44	3.18	5.24	3.10
10. SFT-C-30	4.04	3.91	5.66	4.97	4.99	3.69	3.33	5.64	5.72	4.84	5.47	4.70	6.30	5.55	2.96	4.54	4.72
11. SFT-V-60	5.36	4.45	4.39	5.69	5.38	3.41	3.16	6.44	5.78	4.19	5.02	5.60	6.27	4.46	3.23	5.45	4.31
12. SFT-C-60	5.98	4.99	5.30	5.97	4.86	3.42	3.08	6.25	6.07	5.29	5.25	4.33	6.42	6.13	3.03	5.07	4.74
13. 0-P,40S	4.70	3.62	4.63	4.71	5.05	1.90	2.91	3.62	5.07	5.00	4.49	4.76	6.04	4.84	3.71	4.60	2.26
14. RF-C-30-SV	4.24	4.32	6.26	2.95	4.96	2.80	3.26	4.44	5.72	4.75	4.55	4.34	5.77	5.15	3.77	5.42	2.38
15. SFT-C-30-SV	4.66	5.11	5.26	4.33	6.20	3.57	3.00	5.81	5.46	4.46	5.24	5.11	6.01	4.76	3.46	5.08	4.32
16. SFT-C-30-0S	3.69	3.58	5.39	5.52	5.43	3.49	3.18	6.18	5.41	5.00	5.41	4.26	6.08	4.39	2.93	5.21	4.46
17. RF-C-30 0S	3.28	4.74	4.99	4.39	4.79	2.87	2.35	4.75	4.99	5.15	5.04	5.63	6.14	5.63	3.42	4.40	3.49
18. FOR-C-30 0S	3.29	3.95	5.33	5.50	5.54	2.73	3.49	5.38	5.65	5.79	5.00	4.91	6.10	5.64	2.84	4.56	4.42
19. TESTIGO AG.	5.34	4.31	5.39	5.05	4.52	2.01	3.00	6.15	5.70	4.61	4.97	5.43	6.12	4.22	3.28	4.67	4.55
pH	4.4	4.6	4.7	4.9	5.2	5.4	5.6	5.7	5.8	5.8	5.9	6.0	6.4	6.5	6.7	6.7	7.1
Ca, cmol(+)/kg	1.48	2.95	0.65	3.62	18.28	7.41	6.75	8.50	10.10	19.19	5.06	6.20	19.95	6.28	19.8	10.72	7.87
Mg, cmol(+)/kg	1.62	0.50	0.22	0.93	4.44	4.81	2.72	3.10	7.80	4.74	1.69	4.10	7.44	1.23	6.47	4.98	6.17
SA Al, %	37	7.0	46.0	4.0	1.0	5.0	1.0	1.0	0.1	1.0	1.0	1.0	1.0	0.1	1.0	1.0	1.0
Fe, mg/kg	154	202	212	114	139	229	159	-	-	80	49	-	13	42	23	52	19

RF - roca fosforica, FOR- fórmula, SFT - super fosfato triple, V - fósforo aplicado al voleo, C-fósforo aplicado en chuzo
SV - azufre aplicado al voleo, TESTIGO AG. - Testigo del agricultor en cada localidad.

(Costa Rica); Metalío-Guaymango y Sacacoyo (El Salvador); Caguira, Esperanza, El Tejar y Ologosí (Honduras); La Máquina, Zacapa, Retalhuleu y 3 localidades de Jutiapa (Guatemala) (Cuadro 1).

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar con tres repeticiones por localidad. El tamaño de las unidades experimentales fue de cuatro surcos de cinco metros de largo. Las distancias entre surcos variaban por país lo cual resultó en diferentes poblaciones (rango entre 45 y 65 mil plantas por hectárea).

El control adecuado de malezas se logro en cada ensayo, utilizando herbicidas pre-emergentes y control manual cuando fue necesario. Las fuentes de fósforo evaluadas fueron la roca fosfórica (RF)(0-30.5-0), la fórmula común utilizada en cada país (FOR) y el super fosfato triple (SFT) (0-46-0). Como las cantidades de N variaban en las fórmulas utilizadas, el total de N que se aplicó como urea fue ajustado de acuerdo a la cantidad de N que se aplicó con la fórmula. En todas localidades, las cantidades de N siempre fueron balanceadas para llegar a los mismos 100

Cuadro 3. Análisis de varianza de los tratamientos factoriales (1-12) por localidad, Centro América, 1989.

Tratamiento	hoes	hool	hoem	hoca	esab	crfc	guj3	pap	pat	esee	guj1	pah	guj2	gucu	gulm	gure	guza
							Probabilidades										
Método (M)						**	@				**	**		**			
Fuente (F)			*				@	**	@		*			*			**
Dosis (D)	*							**	*						@		**
M x F								@						@			*
M x D												*					
F x D	*																@
M x F x D								*		*				*		@	
C.V. (%)	22	16	17	17	16	13	26	12	7	14	8	9	7	12	18	13	17
C.M.E.	1.04	.448	0.77	.824	.702	.181	.525	.425	.165	.559	.16*	.194	.216	.427	.354	.483	.393

C.V.. Coeficiente de Variación, C.M.E., Cuadrado Medio del Error., @, *, ** Significativo al 0.10, 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad respectivamente

Cuadro 4. Significancia de los contrastes realizados en el ensayo de evaluación de fuentes y métodos de aplicación de Fósforo, C.A. 1989.

Tratamiento	hoes	hool	hoem	hoca	esab	crfc	guj3	pap	pat	esee	guj1	pah	guj2	gucu	gulm	gure	guza
							Probabilidades										
Respuesta al fósforo																	
10 vs 13						**		**	@		**				@		**
12 vs 13	@	*	*			**		**	**		*			*			**
3 vs 13															*	@	
8 vs 13						**		@	*		*			**		@	**
Comparaciones con el agricultor																	
3 vs 19						@		*						*		@	**
10 vs 19						**						@		*			
6 vs 19						**		*		*				**		@	*
Efecto de aplicar el yeso junto al fósforo																	
2 vs 14			**	**		@	@										
10 vs 15		@			@												
Respuesta de la aplicación del azufre																	
16 vs 10														*			
16 vs 15		*										*					
17 vs 2			@			@						@					
17 vs 14			@	*			*					**				@	**
18 vs 6																*	*

@, *, ** Significativo al 0.10, 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad respectivamente

kg N/ha. Se evaluaron las dosis de 30 y 60 kg de P_2O_5/ha utilizando dos métodos de aplicación, uno al voleo en forma superficial sobre la hilera del maíz (sin incorporación) al momento de la siembra y otro aplicado en banda (chuzo) también a la siembra. La descripción de los tratamientos y análisis de suelo por localidad se presenta en el Cuadro 2. Los aplicaciones en chuzo en los tratamientos 2,4,6,8,10 y 12 incluían el P, S y ½ del N aplicados juntos. En los tratamientos 1,3,5,7,9 y 11 todas las cantidades de P y S fueron aplicadas al voleo, pero con las cantidades de N aplicadas en chuzo. Además de la combinación de esos 12 tratamientos (en estructura factorial), se añadieron al diseño otros siete tratamientos adicionales no factoriales, para evaluar diferentes efectos, estos consistieron en lo siguiente: 1. 0 fósforo, con 40 kg de S/ha aplicado al voleo, 2. 30 kg de P_2O_5/ha como RF y SFT, (aplicados juntos en una banda con el N) y 40 kg de azufre como $CaSO_4$ aplicado al voleo al momento de la siembra (dos tratamientos), 3. 30 kg de P_2O_5/ha con las tres fuentes de fósforo aplicados juntos con el N, pero sin azufre (tres tratamientos). 4. Un testigo con la práctica del agricultor, que consistió en la aplicación recomendada por el programa nacional en cada país.

En los tratamientos que llevaban S, se aplicó 40 kg de S/ha en forma de yeso hidratado ($CaSO_4 2H_2O$). El N fue fraccionado en todos los países, resultando en 50 kg de N/ha aplicados al momento de la siembra y 50 kg de N/ha en forma de urea 30-35 días después de la siembra.

Se tomaron los datos de rendimiento, número de plantas cosechadas, número de mazorcas, altura de planta, número de plantas acamadas y porcentaje de humedad del grano en los dos surcos centrales (parcela útil cosechada). Los datos obtenidos fueron analizados para cada localidad y comparaciones entre tratamientos se realizaron utilizando contrastes no-ortogonales. El análisis combinado no se utilizó por la alta heterogeneidad de las varianzas de los diferentes ensayos. Los códigos de las localidades se encuentran en el Cuadro 1. Los rendimientos por tratamiento se presentan en el Cuadro 2.

RESULTADOS

El análisis de varianza de los tratamientos factoriales por localidad se observa en el Cuadro 3. Este análisis solo permite la partición de efectos factoriales (Método, Fuente y Dosis) y los componentes de interacción entre los mismos. Se general se observaron diferencias altamente significativas entre los efectos de método, fuente y dosis e interacciones entre los factores, lo cual requiere la evaluación de efectos en comparaciones de tratamientos individuales.

En los Cuadros 4 y 5, se presentan los contrastes no-ortogonales que se evaluaron para cada ensayo. En 10 de las localidades (58.8%) se observó una respuesta significativa a la aplicación del fósforo (tratamiento 10 vs 13 y 12 vs 13). Las localidades en las que se detectó respuesta a la aplicación del P, tenían un rango de pH del suelo desde 4.4 hasta 7.1, lo que demuestra la importancia de este elemento a través de diferentes niveles de pH de estos suelos tropicales. En relación a las dosis evaluadas, en seis localidades se observó que había una respuesta mayor cuando se utilizó la dosis de 60 kg de P_2O_5/ha (9 vs 11, Cuadro 5).

Se observó que en nueve localidades había un beneficio de aplicar el SFT y la fórmula en banda que aplicarlo al voleo, aunque en dos de ellas la aplicación al voleo fué

Cuadro 5. Significancia de los contrastes realizados en el ensayo de evaluación de fuentes y métodos de aplicación de Fósforo, C.A. 1989.

Tratamiento	hoes	hool	hoem	hoca	esab	crfc	gul3	pap	pat	esee	gul1	pah	gul2	gucu	gulm	gure	guza
							Probabilidades										
Comparaciones entre Métodos de Aplicación																	
1,3 vs 2,4					*												
5,7 vs 6,8				@			*	**			**	**		**	*		
9,11 vs 10,12						@					*			**			**
Comparaciones entre Fuentes																	
1,3 vs 5,7								*							**		**
1,3 vs 9,11							@	@					@				**
5,7 vs 9,11			*	*										*	*		@
2,4 vs 6,8			**								*			**			**
2,4 vs 10,12			*				@	**	@		**						**
6,8 vs 10,12								*								*	
Comparaciones entre 30 y 60 de P kg ha^{-1}																	
1 vs 3																**	
2 vs 4								**	*					@			
5 vs 7																	@
6 vs 8														@			**
9 vs 11	@					@		**		**		*					**
10 vs 12	*																

@, *, ** Significativo al 0.10, 0.05 y 0.01 niveles de probabilidad respectivamente

superior a la aplicación en banda (5,7 vs 6,8 y 9,11 vs 10,12, Cuadro 5). La mismas respuestas se observaron cuando se analizaron los datos para la fuente RF. Se esperaba que existiera una mejor respuesta cuando se utilizaba la RF al voleo, especialmente en los suelos más acidos. Sin embargo, este efecto no se observó. Al analizar las diferentes fuentes de fósforo se obtuvo que tanto la FOR como el SFT aplicados en banda superaron significativamente a la RF, especialmente la FOR fue superior en algunos sitios (Cuadro 5). Esto quizá puede deberse a que el contenido de azufre y/u otros microelementos varían en las fórmulas utilizadas en cada país. Aún cuando se aplicó la fórmula al voleo se observó la misma tendencia (1,3 vs 5,7 y 5,7 vs 9,11, Cuadro 5).

La aplicación del yeso junto con el SFT en una misma banda comparado con la aplicación del SFT en banda y el yeso al voleo, fue estadísticamente superior en solo dos de las localidades. Sin embargo, cabe señalar que en ocho localidades se observó una tendencia, aunque no significativa, de un mayor rendimiento cuando la aplicación del P y el yeso ocurrió en una misma banda (Cuadro 2). Como se ha demostrado en otros trabajos a largo plazo, la importancia de la disponibilidad residual que existe cuando el SFT y el yeso se aplican juntos en banda se medirá en los ensayos residuales en 1990. Dependiendo de la fuente de P utilizada, las comparaciones diseñadas para evaluar la respuesta a la aplicación de S demostraron respuesta a la aplicación del mismo en 2 localidades (16 vs 15, Cuadro 4).

DISCUSION

El hecho que en 10 de las 17 localidades en donde se llevaron estos experimentos mostraran una alta respuesta a la aplicación del fósforo, demuestra lo limitante de este elemento en los suelos de Centro América. El poco beneficio o la reducción en el rendimiento al aplicar el SFT en forma de banda sobre la aplicación de esta misma fuente al voleo, en las localidades de Caguira en Honduras y Parita en Panamá, se pudo deber a que en la primera localidad se sembró en labranza de conservación y en la segunda no se incorporó el fertilizante. En relación a la RF se observó que ésta no respondió al nivel que se esperaba, aún en suelos muy acidos donde esta fuente tiene ventajas en su disolución (Graham, 1955). Es posible que el alto contenido de Fe presente en estos suelos, disminuyera la disponibilidad del P, como han demostrado los trabajos de Chu (1962). Se esperaba que la acidez del suelo aumentaría la disponibilidad del fósforo en la RF, especialmente cuando en las aplicaciones al voleo. En general, se demostró un efecto positivo al aplicar la RF al voleo, en comparación a la aplicación de esta misma fuente en forma localizada en suelos acidos.

Las ventajas que demostró la FOR contra la RF y el SFT en algunos sitios se consideran como efecto de las diferentes formulaciones que se utilizaron los diferentes países. Aunque no se analizaron químicamente, los diferentes fertilizantes utilizados en el tratamiento con FOR, se conoce que existen posibles diferencias en cantidades de fosfato monocálcico y sulfato de calcio en cada una, las cuales afectarían la disponibilidad del fósforo en la solución del suelo. La variabilidad de esta fuente a través de Centroamérica se determinará en los experimentos de 1990.

La aplicación del yeso junto con el fósforo en una misma banda, demostró incrementos significativos en el rendimiento de maíz en algunas localidades donde había

respuesta al P. Es de esperar que la posible respuesta residual, tal y como se ha observado en otros sitios, se manifieste en ciclos posteriores. Dado que el yeso es poco soluble, la disociación lenta puede favorecer la formación de FD y FDD debido al continuo aporte de Ca a la solución del suelo. A pH bajo, los precipitados de FD y FDD se esperarían que fuesen lentamente solubles y de esta manera se reduciría la cantidad de P que puede estar en contacto con óxidos e hidróxidos de Fe y Al y/o el alófano.

Se esperaba encontrar respuesta a la aplicación del azufre en el maíz en un mayor número de localidades; sin embargo, la respuesta al aplicar el S como yeso hidratado (15 vs 16), se encontró en dos localidades muy diferentes entre si. La localidad de Ologosi, Honduras (HOOL) es suelo volcánico en el altiplano donde existe alta precipitación, y la otra, La Honda, Panamá, es en la costa sur de ese país, y es una zona bastante seca. Trabajos de Blair y Lefroy (1987) indicaron que la deficiencia de S se puede encontrar en suelos derivados de ceniza volcánica dado que la presencia de alófano puede inmovilizar fuentes orgánicas de S. Los suelos del área estudiada en Honduras (HOES, HOOL, HOEM y HOCA) son de origen volcánico pero se encuentran más meteorizados que la mayoría de los suelos de Centroamérica. Aún, los altos contenidos de materia orgánica (>10%) podrían aportar S en forma de ésteres lo que disminuiría el potencial de deficiencias de este elemento. Además, los agricultores en esta zona no queman los residuos como es común en otras áreas. Esto evitaría la volatilización de altas cantidades de S del pool orgánico (Sánchez, 1976). Consistente con los resultados observados en los 4 sitios de Honduras, es posible que el yeso tenia sirviera como una fuente de Ca y tendría un efecto de neutralización del aluminio el cual se presentaba en altas cantidades. La baja solubilidad y disolución lenta del yeso hidratado, quizas ayudaba a estas áreas donde había altos niveles de Al y donde los maíces son tardíos (180 días, siembra a cosecha).

Los razones anteriores no son suficientes para explicar la respuesta que se encontró al aplicar el S en un suelo Alfisol de Panamá (PAH). En estos suelos, la materia orgánica es baja, no existe toxicidad de Al y se presentan en un ambiente más cálido que el de Honduras. En esta localidad se atribuye la respuesta de S a la alta capacidad de intercambio aniónico que existe en estos suelos a raíz de ser altamente intemperizados y tener altos contenidos de arcillas 1:1. Bohn et al.,(1979) demostraron la importancia de la adsorción de SO_4^{-2} especialmente en suelos acidos con contenidos altos de arcillas de tipo caolinitico.

Es importante señalar que los resultados que se presentan son de tan solo un ciclo, lo cual disminuye la aplicabilidad de los resultados hacia una recomendación específica. Sin embargo, con los datos residuales que se obtendrán en 6 sitios bajo estudio, se espera tener información adicional para mejorar las recomendaciones de fertilización con P y S en estos suelos tropicales.

LITERATURA CITADA

Blair, G.J., y R.D.B. Lefroy. 1987. Sulphur cycling in tropical soils and the agronomic impact of increasing use of S free fertilizers, increased crop production and burning of crop residues. En Proceedings of the symposium on fertilizer sulphur requirements and sources in developing countries of Asia and the Pacific. The Sulphur Institute, Washington DC.

Bohn, Hinrich L., Brian L. McNeal y George A. O'Connor. 1979. Soil Chemistry. John Wiley & Sons. New York, NY.

Caceros, O.A., P.Gonzalez, I.Hidalgo, B.Moscoso y W.R. Raun. 1990. Ensayo exploratorio de metodos e interacciones de elementos en la aplicación de fertilizantes en el cultivo de maiz. Agron. Meso. 1:7-13.

Chu, C.R., W.W. Moschler, y G.W. Thomas. 1962. Rock phosphate transformations in acid soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 26:476-478.

Gichuru, Mwenja, P., y Pedro A. Sanchez. 1988. Phosphate rock fertilization in tilled and no-till low-input systems in the humid tropics. Agron. J. 80:943-947.

Graham, E.R., 1955. Availability of natural phosphorus according to energy changes. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 19:26-29.

Ishizuka, Yoshiaki., y C.A. Black. 1977. Soils derived from volcanic ash in Japan. Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo, Apdo. Postal 6-641, Mexico D.F. 06600.

Joos, L.L., y C.A. Black. 1950. The vailability of rock phosphate as affected by particle size and contact with bentonite and soil of different pH values. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 15:69-75.

Lindsay, W.L. 1979. Chemical equilibria in Soils. John Wiley & Sons, New York.

Miller, M.H., C.P. Marmil, y G.J. Blair. 1970. Ammonium effects on phosphorus absorption through pH changes and phosphorus precipitation at the soil-root interface. Agron.J. 62:524-527.

Racz, G.J. y R.J. Soper. 1967. Reaction products of orthophosphates in soils containing varying amounts of calcium and magnesium. Can. J. Soil Sci. 47:223-230.

Raun W.R. y H.J. Barreto. 1990. Maize yield response as affected by sulfur, phosphorus and nitrogen as banded applications on a volcanic ash derived tropical soil. Submitido a Communications in Soil Science and Plant Analysis.

Sanchez, P.A. 1976. Properties and management of soils in the tropics. John Wiley & Sons, New York, NY.

Savant, N.K., y G.J. Racz. 1973. Reaction products of applied pyrophosphates in some manitoba soils. Can. J. Soil Sci. 53:111-117.

Schmoock, Werner. 1989. Perfil Del Maiz, Costa Rica, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panama. Sus implicaciones en el establecimiento de prioridades de investigacion. CIMMYT, Edif. Gal. Reforma, Apdo. 231-A, Guatemala, Guatemala.

Efecto del Encalado Antes de la Quema del Bosque Sobre el Rendimiento de Arroz, Maíz, y Caupi en el Chapare, Bolivia

Alfredo Alvarado y Cleto Prado[1]

INTRODUCCION

El sistema tradicional de preparación del terreno en el Chapare, es el de roza, tumba y quema (Salaues y Fuentes, 1979). Este sistema es el que menos deteriora el medio ambiente y es el más eficiente en términos económicos para el pequeño agricultor de los trópicos húmedos (Lal *et al.*, 1986). La quema del bosque en el Chapare se realiza al final del invierno, sembrándose arroz o arroz asociado con maíz durante el siguiente verano lluvioso. Los agricultores prefieren la siembra del arroz al maíz por ser éste un cultivo más tolerante al exceso de humedad y de mayor rendimiento que el maíz.

Recientemente, Ayala y Alvarado (1987) notaron que la ceniza proveniente de la quema del bosque no fue suficiente para maximizar el rendimiento de las variedades de maíz no tolerantes a la acidez del suelo en algunas regiones del Chapare. Asimismo, Arrazola y Alvarado (1989) comprobaron que las variedades de arroz de porte alto, difundidas en el Chapare, son tolerantes a la acidez del suelo. Ambas razones podrían explicar la preferencia ya mencionada de cultivos por parte de los agricultores.

La respuesta del maíz var. Suwan Saaavedra a la fertilización y al encalado en el Chapare ha sido ampliamente demostrada (Ayala y Alvarado, 1987). Por el contrario la variedad de arroz Blue Bell es tolerante a la acidez del suelo (Arrazola y Alvarado, 1989) y la variedad de caupí CATIE Rosado responde poco a ambos insumos (Acosta *et al.*, 1989).

La fertilidad de suelo bajo el sistema de roza, tumba y quema aumenta después de la quema del bosque en forma proporcional a la fertilidad natural del sistema. Dependiendo de las condiciones del medio ambiente, la degradación química y física del suelo ocurre con el tiempo y el uso del terreno (Nye y Greenland, 1960; Sánchez, 1981), efectos ya detectados en el Chapare por Moreira (1974).

El presente trabajo, se realizó para estudiar el efecto de la ceniza proveniente de la biomása del bosque con y sin aplicaciones de cal, aplicada antes de la quema, y P adicionado después de la misma sobre los cultivos de cabecera (arroz y maíz), así como su efecto residual sobre los cultivos subsiguientes (caupí y café).

[1]Asesor y Técnico del Proyecto IBTA/Chapare, Casilla 1983 Cochabamba, Bolivia.

Cuadro 1. Principales características químicas del suelo del sitio experimental.

HORIZ.	PROF.	pH	Ca	Mg	K	Al	SAT. Al	P	Cu	Zn
	cm		---- cmol(+)/kg ----				%	--mg/kg--		
A1	0-12	4.3	0.15	0.45	0.06	6.30	91	2	55	1
A2	12-46	4.1	0.04	0.25	0.03	3.39	91	2	5	1
AB	46-90	4.8	0.33	0.28	0.09	4.94	88	4	0	0
C1	90-135	4.9	0.00	1.54	0.02	5.91	79	2	18	0
C2g	135-150	4.8	0.00	1.16	0.02	11.54	91	2	10	1
C3g	150-180	4.7	0.03	0.14	0.00	8.54	98	4	9	2
C4g	+180	4.2	0.53	0.17	0.04	8.34	92	5	37	0

MATERIALES Y METODOS

Descripción del Sitio Experimental

La Estación Experimental de Chipiriri, esta localizada a 250 msnm y a 16°50' de latitud Sur y 64°20' de longitud Oeste. El suelo de origen aluvial se forma a partir de areniscas cuarcíticas del Terciario y se clasifica como Aquic Dystropept, franco fino, silíceo, isohipertérmico (Alvarado y Guevara, 1988), con la característica principal de una fertilidad natural baja (Cuadro 1). El suelo tiene la capacidad de fijar hasta 850 mg P/kg y requiere de una adición de 20-40 mg P/kg para obtener 0.2 mg P/kg en solución (T.J. Smyth, comunicación personal). De un total de 218 mg P/kg, el 7, 18, 6 y 68% son fosfato de Al, Fe, Ca y orgánico, respectivamente (Zambrana, 1976).

Cuadro 2. Variación de la precipitación y la temperatura ambiental durante el estudio y como promedio de 15 años.

MES	Precipitación 1988-89	Prom.	Temperatura 1988-89	Prom.	Actividades Realizadas
	------mm------		------°C------		
		Año 1988			
Junio	97	238	20.3	21.2	Muestreo suelos
Julio	78	131	20.3	22.0	Roza bosque
Agosto	15	149	25.0	21.8	Aplicación cal
Setiembre	172	194	24.4	22.8	Quema bosque
Octubre	390	360	25.2	25.5	Siembra
Noviembre	646	396	26.2	25.8	Muestreo suelos
Diciembre	496	631	26.0	26.4	
		Año 1989			
Enero	1254	717	26.0	26.4	Cosecha arroz
Febrero	512	770	26.8	25.8	Cosecha maíz
Marzo	824	614	26.1	25.6	Siembra caupí
Abril	568	348	24.8	24.8	
Mayo	141	326	22.0	23.2	
Junio	116	238	22.8	21.2	Cosecha caupí
Total	5309	5112			
Promedio			24.3	24.0	

La región se considera como bosque muy húmedo tropical, transición a subtropical, con una precipitación media anual de 4852 mm y una temperatura media anual de 24.3° C (Tosi, 1983), tal cual se presenta en el Cuadro 2. El sitio de experimentación estaba cubierto por un bosque primario ligeramente intervenido, del cual se extrajeron, 20 años antes, los pocos árboles maderables.

Diseño Experimental

Se sembraron dos experimentos, uno a la par del otro, para comparar los siguientes tratamientos:

1. Sin quema con remoción del mantillo
2. Sin quema sin remoción del mantillo
3. Con quema + 0.0 t cal/ha
4. Con quema + 0.5 t cal/ha
5. Con quema + 0.1 t cal/ha
6. Con quema + 1.5 t cal/ha
7. Con quema + 100 kg P_2O_5/ha
8. Con quema + 100 kg P_2O_5/ha + 1.0 t cal/ha

Se utilizó arroz, var. Bluebell, y maíz, var. Suwan Saavedra, como plantas indicadoras. Ambos ensayos se sembraron en un diseño de bloques al azar en un área de 300m^2 cada uno, con parcelas de 25m^2 y 3 repeticiones. Como segundo cultivo se sembró caupí, var. CATIE Rosado, para luego tratar de implantar café, var. Caturra, como cultivo perenne.

Procedimiento de Campo

La roza, tumba y quema del bosque se hizo empleando hacha y motosierra, reuniendo el material que no alcanzó a quemarse para su posterior quema en el terreno. En los tratamientos en que no se realizó la quema, la tumba se orientó para que la madera del bosque no cayera sobre este terreno y cuando fue necesario, el material se extrajo a mano, lo mismo que el mantillo cuando fue requerido.

Cuando se aplicó la cal el 10 de agosto de 1988, su distribución se realizó inmediatamente después de la roza, asegurándose una distribución homogénea del producto. La cantidad de ceniza adicionada por la quema del bosque se midió colocando 14 bandejas metálicas de 0.16m^2 sobre todo el terreno, guardando la ceniza para su análisis posterior.

La siembra del arroz y del maíz como primer cultivo se realizó en forma manual a los 70 días de la quema. El arroz se sembró a una densidad de 62,500 golpes/ha (35 kg/ha semilla), con sembradora manual, mientras que el maíz se sembró a una densidad de 50,000 plantas/ha con dos plantas por golpe distanciadas a 0.80x0.50m entre surcos y entre plantas, respectivamente. Los niveles de fertilizantes comparados se aplicaron al momento de la siembra. La cosecha manual se realizó el 17 de enero y el 2 de febrero de 1989 para el arroz y el maíz, respectivamente.

A los 162 días después de la quema y después de la cosecha de arroz y maíz, se realizó la siembra de caupí el 10 de marzo de 1989, a razón de 3 semillas por golpe distanciados a 0.5x0.4m entre y sobre surcos. Las vainas se cosecharon el 1 de junio ajustándose todos los rendimientos de grano al 14% de humedad.

Los residuos del arroz, el maíz y el caupí se incorporaron en el terreno y el control de malezas se realizó en forma manual. En el arroz fue necesario aplicar Benlate y Metasistox (20g+20ml/20 L de agua) para el control de petilla (*Tibraca* spp.) y la *Pyricularia oryzae*. En el maíz se aplicó Malathion (30 g/20 L de agua) para controlar el gusano cogollero (*Eliotis zeae*).

Procedimientos de Laboratorio

Para estudiar los cambios en fertilidad del suelo se tomaron muestras de 0-20 cm antes de la quema en junio y después de la quema en noviembre de 1988. Las muestras se enviaron al laboratorio de suelos de la Universidad del Estado de Carolina del Norte. El pH del suelo se determinó en agua en una relación 1:10. El Ca, el Mg y la acidez se extrajeron con KC1 1N. Tanto el K como el P y los microelementos se extrajeron con Olsen modificado. El C orgánico y el N se analizaron empleando un determinador de C y N total. La acidez se cuantificó por titulación con NaOH hasta el punto final con fenoftaleína, el P por colorimetría y los otros elementos por absorción atómica. En el caso de las cenizas, éstas se quemaron en una mufla y luego se disolvieron en HCl concentrado.

RESULTADOS Y DISCUSION

Efecto de la Quema sobre la Fertilidad del Suelo

En el Cuadro 3 se incluyen las cantidades de nutrimentos provenientes de la quema del bosque y del mantillo; este último no se quemó como tratamiento pero se incluye para estimar la cantidad de nutrimentos ligados

Cuadro 3. Cantidades de ceniza y nutrientes adicionadas al suelo después de la quema del bosque en la E.E. de Chipiriri.

Material	Ceniza	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
	kg/ha						g/kg			
Mantillo	1166	26.1	29.8	1.2	3.4	0.7	62	44	90	13
Bosque	1850	33.4	7.4	1.8	6.2	1.2	87	214	183	192
Bosque	2700	38.6	15.7	4.0	14.0	1.9	133	118	218	256
Bosque	2738	35.6	13.7	5.2	13.6	2.2	129	150	240	389
Bosque	3375	49.8	26.2	11.0	29.2	5.2	307	198	291	273
Bosque	2653	54.2	16.2	6.0	12.2	2.2	166	187	207	128
Bosque	2512	27.4	9.2	2.0	18.0	3.2	128	196	182	188
Promedio[1]	2638	39.8	14.7	5.0	15.5	2.6	158	177	220	238

[1] No incluye el valor del mantillo.

Cuadro 4. Disponibilidad de nutrimentos en el suelo de la E.E. de Chipiriri antes y después de la quema del bosque.

Tratamiento	pH	Ca	Mg	K	Al	Sat.Al	P	Cu	Fe	Mn	Zn	C	N
		------ cmol(+)/L ------				%	----------mg/kg----------					-----%----	
						ANTES QUEMA							
SIN QUEMA													
Sin mantillo	4.4	0.01	0.68	0.03	4.75	87	2	17	47	146	2	2.1	0.18
Con mantillo	4.2	0.51	1.21	0.02	8.51	83	2	16	54	100	2	2.2	0.19
CON QUEMA													
0.0 t cal/ha	4.5	0.03	0.41	0.11	7.61	93	2	12	30	65	1	1.6	0.15
0.5 t cal/ha	4.4	0.05	0.74	0.04	8.01	91	4	11	50	90	1	2.4	0.22
1.0 t cal/ha	4.6	0.05	0.44	0.31	5.11	86	7	38	118	121	8	2.6	0.25
1.5 t cal/ha	4.4	0.03	0.69	0.04	7.71	91	2	12	54	86	1	2.1	0.18
100 kg P_2O_5/ha	4.4	0.04	0.35	0.06	8.35	95	6	12	24	58	1	1.7	0.16
100 kg P_2O_5/ha + 1.0 t cal/ha	4.4	0.08	0.62	0.02	7.75	91	4	14	50	118	2	2.1	0.21
Promedio	4.4	0.11	0.64	0.08	7.22	91	4	16	53	98	2	2.1	0.19
						DESPUES QUEMA							
SIN QUEMA													
Sin mantillo	4.6	0.01	0.38	0.02	7.47	95	3	18	38	136	2	2.6	0.22
Con mantillo	4.5	0.06	0.32	0.05	7.88	94	3	20	49	106	2	2.2	0.18
CON QUEMA													
0.0 t cal/ha	4.5	0.01	0.44	0.16	6.79	92	4	20	75	202	4	1.7	0.16
0.5 t cal/ha	4.6	0.26	0.57	0.11	5.38	83	4	38	512	76	8	2.1	0.18
1.0 t cal/ha	4.4	0.41	0.37	0.13	6.62	88	5	23	59	186	4	2.1	0.2
1.5 t cal/ha	5.1	0.02	0.31	0.21	3.74	88	2	32	140	332	11	2.1	0.21
100 kg P_2O_5/ha	4.5	0.02	0.36	0.11	7.03	94	2	16	129	182	4	1.8	0.16
100 kg P_2O_5/ha + 1.0 t cal/ha	4.6	0.36	0.49	0.21	7.28	89	4	8	118	204	4	2.1	0.21
Promedio	4.6	0.14	0.41	0.12	6.52	90	3	22	139	178	5	2.1	0.19

al mismo y a liberarse a corto plazo bajo un sistema agrícola. En general, los valores se encuntran dentro del promedio mencionado para bosques primarios y secundarios de la Region Amazónica (Nye y Greenland, 1960; Sánchez, 1981), excepto por lo niveles de Ca que son 10 veces más bajos que el promedio. Este hecho no sorprende si se observan los valores de Ca intercambiable del Cuadro 4 y conociendo que el material parental son areniscas cuarcíticas (Alvarado y Guevara, 1988).

Los análisis del suelo (Cuadro 4) antes y después de la quema, muestran deficiencias marcadas de Ca, K, P y Zn. Los tratamientos de encalado redujeron ligeramente la acidez del suelo y aumentaron en algo los niveles de Ca intercambiables. Los aumentos considerables de Fe y Mn asimilables son más bien el resultado de la adición de la ceniza proveniente de la quema del bosque (Cuadro 3). Si bien la acidez intercambiable disminuye con el encalado, los valores más bajos logrados después de la quema y del encalado siguen siendo tóxicos para la mayoria de los cultivos. A pesar de no contarse con datos de suelo a los 12 meses después de la quema, los 5,309 mm de lluvia caídos en la región durante el período de estudio (Cuadro 2) son suficientes para explicar los pocos cambios sobre la fertilidad natural del suelo ocasionados por la quema en los tratamientos.

Respuesta de los Cultivos

Efectos sobre el cultivo del arroz En el Cuadro 5 se incluyen los datos de rendimiento de arroz y sus componentes, en función de los tratamientos comparados. No se encontró respuesta significativa para ninguna de las variables dependientes, probablemente debido a la tolerancia a la acidez del suelo, mencionada para la variedad Bluebell (Arrazola y Alvarado, 1989). Sin embargo, los rendimientos sin quema fueron menores que aquellos donde se quemó el bosque.

Los rendimientos de arroz obtenidos en los tratamientos con quema fueron similares a los encontrados por otros autores en este tipo de suelo (Salaues y Fuentes, 1979; Carrera, 1984). La adición de cal disminuyó de manera no significativa los rendimientos de arroz, efecto

Cuadro 5. Respuesta del arroz var. Bluebell a la aplicación de cal antes de la quema del bosque.

Tratamientos	Rend.	TAM. PAN.	PAN/ Planta	Peso 10 PAN	Alt. Planta
	t/ha	cm		g	m
		SIN QUEMA			
Sin mantillo	1.92	21	20	22	0.8
Con mantillo	2.11	21	20	24	0.9
		CON QUEMA			
0.0 t cal/ha	3.27	25	22	36	1.1
0.5 t cal/ha	3.24	24	28	29	1.0
1.0 t cal/ha	3.19	24	25	30	1.0
1.5 t cal/ha	2.68	26	22	38	1.0
100 Kg P_2O_5 /ha	3.24	26	20	35	1.0
[1]P + 1.0 t cal/ha	2.44	26	24	40	1.1

[1] 100 kg P_2O_5 /ha

descrito por Inturias y Alvarado (1988) en el cultivo del maíz y atribuido a un antagonismo con la absorción de K en suelos más meteorizados. Bajo las condiciones del presente estudio la relación Ca/K en los suelos sin encalar fue de 0.62 y aumentó a 1.46 en los suelos encalados (Cuadro 4).

Efectos sobre el cultivo del maíz. En el Cuadro 6 se presentan los datos de rendimiento de maíz y sus componentes en función de los tratamientos comparados. Los rendimientos de la variedad Suwan Saavedra fueron bajos en relación a los obtenidos en suelos mejores del Chapare (Ayala y Alvarado, 1987), pero corroboran que la variedad responde a la fertilización y al encalado. Los aumentos de rendimiento progresivos desde los tratamientos testigo hasta el nivel más alto de cal, permiten concluir que para variedades no tolerantes a la acidez, la ceniza adicionada por la quema del bosque no es suficiente

Cuadro 6. Respuesta del maíz var. Suman Saavedra a la aplicación de cal antes de la quema del bosque.

Tratamiento	Rend.	Mazorca	Tam. Maíz	Alt. Maíz	Alt. Planta
	t/ha	no.	cm	m	m
SIN QUEMA					
Sin mantillo	0.54d	21	7.96	0.63	1.36
Con mantillo	0.94cd	27	8.03	0.79	1.61
CON QUEMA					
0.0 t cal/ha	1.13 bcd	28	8.73	0.83	1.69
0.5 t cal/ha	1.71ab	30	9.86	0.91	1.88
1.0 t cal/ha	1.81ab	32	9.52	0.89	1.72
1.5 t cal/ha	2.26a	37	10.40	0.95	1.94
100 kg P_2O_5 /ha	1.62abc	29	9.97	0.96	1.96
[1]P + 1.0 t cal/ha	1.75ab	35	9.57	1.05	2.03

[1] 100 kg P_2O_5 /ha

Cuadro 7. Respuesta del caupí, var. CATIE Rosado, como segundo cultivo a la aplicación de cal antes de la quema del bosque.

Tratamientos	Rendimiento de Grano Despues de Arroz	Maíz
	----------t/ha----------	
	SIN QUEMA	
Sin mantillo	0.30	0.22
Con mantillo	0.24	0.15
	CON QUEMA	
0 t cal/ha	0.17	0.22
0.5 t cal/ha	0.21	0.35
1.0 t cal/ha	0.28	0.23
1.5 t cal/ha	0.29	0.24
100 kg P_2O_5 /ha	0.16	0.26
[1]P + 1.0 ton cal/ha	0.23	0.25

[1] 100 kg P_2O_5 /ha

para maximizar los rendimientos en este tipo de suelo (Ayala y Alvarado, 1987).

Los incrementos en rendimiento de maíz pueden explicarse en términos de un aumento del número de mazorcas por planta y en un mayor tamaño de mazorca en los mejores tratamientos (Cuadro 6), en los cuales las plantas eran más vigorosas y compitieron mejor con las malezas.

Efectos sobre el cultivo del caupí. En el Cuadro 7, se presentan los datos de rendimiento del caupí como segundo cultivo después del arroz y del maíz. Los rendimientos encontrados fueron bajos para esta localidad (Acosta *et al.*, 1989), así como para el Chapare en general (Ayala y Alvarado, 1989) y no se vieron afectados por los tratamientos comparados. La rusticidad del caupí, en especial con los bajos rendimientos obtenidos, permite explicar el porqué de la poca o ninguna respuesta estadística encontrada en el presente experimento. Sorprende que ni siquiera la remoción del mantillo afectara el cultivo, probablemente debido a que hasta el momento de cosecha la fertilidad del suelo había sido uniformizada por la lluvia caída desde la quema.

CONCLUSIONES

1. Los rendimientos de arroz, var. Bluebell, aumentaron con la quema del bosque, pero no se observaron incrementos con la adición del cal y/o P antes de la misma.
2. El encalado previo a la quema, aumentó el rendimiento de maíz, var. Suwan Saavedra, y demostraron la necesidad de este insumo para maximizar la producción.
3. Ni la extracción de nutrimentos por el arroz y el maíz, ni los tratamientos comparados, afectaron significativamente el rendimiento del caupí, var. CATIE Rosado, como segundo cultivo.

4. La pérdida de fertilidad de estos suelos después de la quema es sumamente rápida. El efecto residual de la ceniza y de la cal aplicada no alcanzó al año, hecho que define el patrón de siembra de los cultivos y el uso de la tierra por parte de los agricultores.

PLANES FUTUROS

Después de la cosecha de caupí, se sembró café, var. Caturra, y aunque se ha resembrado dos veces no se ha tenido sino un 20% de prendimiento de esta especie. Bajo estas condiciones, las alternativas para este tipo de suelo se reducen a cultivos muy tolerantes a la acidez (yuca, malanga y piña), pasturas (brachiaria, desmodium o stylo) y preferiblemente forestería. Actualmente, se realiza investigación en estos rubros, tratando de ver la ventaja comparativa de tumbar y picar fajas del bosque nativo pobre para enriquecer con especies maderables de crecimiento rápido.

LITERATURA CITADA

Acosta, G., Alvarado, A. y Bieber, J. 1989. Epocas de siembra y fertilización de tres variedades de caupí (Vigna unguiculata (L.) Walp.) en el Chapare Tropical. Informe Anual 1986-1987. Proyecto IBTA/Chapare. E.E. Chipiriri. Cochabamba, Bolivia. s.p.

Alvarado, A. y Guevara, J. 1988. Variación de la temperatura del suelo en la Estación Experimental de Chipiriri. Proyecto IBTA/Chapare. Bol. Tec. N° 8. Cochabamba, Bolivia. 8p.

Arrazola, M. y Alvarado, A. 1989. Selección de variedades de arroz tolerantes a la acidez del suelo. Informe Anual 1989. Proyecto IBTA/Chapare E.E. La Jota. Cochabamba, Bolivia. s.p.

Ayala, E. y Alvarado, A. 1987. Adaptación de siete variedades de frijol y seis variedades de caupí a condiciones de suelos de fertilidad media a alta del Chapare. Informe Anual 1986-1987. Proyecto IBTA/Chapare. E.E. La Jota. Cochabamba, Bolivia. s.p.

Carrera, W. 1984. Respuesta del cultivo del arroz a la aplicación de roca fosforica y abonos organicos formulados. En V. Ricaldi y S. Escalera (eds.) La roca fosforica, fertilizante directo de bajo costo. Tomo II. Cochabamba, Bolivia. pp: 421- 427.

Inturias, G. y Alvarado, A. 1988. Respuesta del caupí, el frijol y el maíz a cuatro niveles de encalado en cuatro localidades del Chapare. Informe Anual 1987-1988. Proyecto IBTA/Chapare.E.E. La Jota. Cochabamba, Bolivia. s.p.

Lal, R., Sánchez, P.A. y Commnigs, R.W. (eds). 1986. Land clearing and development in the tropics. A.A. Balkema. Rotterdam, Holand.

Moreira, A. 1974. Resumen de las investigaciones en frutales en la E.E. de Chipiriri. En Memorias de la Reunión Nacional de Investigadores en Fruticultura. Cochabamba, Bolivia. MACA Div. Inv. Agrop./ IICA-Bolivia. Serie de Conferencias, Cursos y Reuniones N° 12. pp: 7-19.

Nye, P. H. y Greenland, D.J. 1960. The soils under shifting cultivation. Commown. Agric. Bur., Tech. Comm. N° 51. London, Great Britain.

Salaues, E.E. y Fuentes, J.A. 1979. Sistemás de habilitación de tierras y practicas culturales en asociaciones y rotación arroz-soja. Informe Anual 1978-1979. E.E. La Jota. Cochabamba, Bolivia. s.p.

Sánchez, P.A. 1981. Suelos del trópico: caracteristicas y manejo. Tr. E. Camacho. San José, Costa Rica. IICA, Serie de Libros y Materiales Educativos N° 48.

Tosi, J.A. 1983. Ecology and land capability analysis of the Chapare Project area. A report for USAID/Bolivia. Cochabamba, Bolivia. 70p.

Zambrana, F. 1976. El fósforo: sus formás y calibración de métodos de análisis en los suelos del Chapare. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Simón. 102p.

Dinámica del Potasio en un Ultisol de Panamá

Benjamín Name[1], T.Jot Smyth[2] y Enrique Márquez[1]

INTRODUCCION

En Panamá se estima que los Ultisoles ocupan una superficie que sobrepasa el 40% del territorio nacional (Comisión de Reforma Agraria, 1979). A nivel del trópico latinoamericano los Ultisoles se encuentran en más del 20% de la superficie, es decir, más de 320 millones de hectáreas. Estos suelos se caracterizan por ser deficientes en macro y microelementos y algunas veces, por toxicidad de Al (Sánchez y Salinas, 1983). Sánchez y Cochrane en 1980 indicaron que el 54% de las áreas dominadas por suelos ácidos de la América Tropical (800 millones de ha) son deficientes en K. A estas mismas conclusiones se ha llegado con los resultados de investigación en Ultisoles de Panamá, los cuales han demostrado respuesta a la aplicación de K (Name, 1979).

El K extraíble es generalmente la principal fuente de K para los cultivos en los suelos tropicales ácidos. Los niveles críticos de K en el suelo para el cultivo de maíz, en un latosol, fueron de 0.13 cmol(+)/L de suelo, extraído con la solución doble ácida de Carolina del Norte. En cambio, para un Typic Paleudult del Perú el nivel crítico era de 0.20 de suelo con la solución modificada de Olsen (Ritchey, 1982). En estos suelos generalmente no hay fijación y la lixiviación ocurre con aplicaciones mayores de 280 kg K/ha en la forma de KCl (Ritchey, 1982). Se estima que el efecto residual en estos suelos es relativamente corto debido a la poca capacidad de retención del K en el perfil (Souza *et al.*, 1979, citado por Silva y Ritchey, 1982).

El efecto residual del K está asociado al manejo del abonamiento potásico, principalmente en lo que se refiere a la incorporación de los residuos del cultivo (Silva y Ritchey, 1982). Con aplicación inicial de 120 kg K_2O/ha, los residuos del cultivo de maíz retornan al suelo un equivalente de 41.5 kg de K_2O/ha (Silva y Ritchey, 1981). Los mismos autores con aplicaciones de 150 kg de K_2O/ha y con incorporación anual de residuos obtuvieron resultado semejantes a la aplicación de 600 kg de K_2O/ha aplicados al voleo antes del primer cultivo.

El K como factor limitante, su dinámica en el suelo y el manejo del residuo, han sido poco estudiados en los Ultisoles del trópico húmedo, por lo cual se diseño el siguiente ensayo con los objetivos de 1) evaluar la respuesta del cultivo de maíz a altas dosis de fertilización potásica, 2) evaluar los efectos de los residuos de cosecha en la dinámica del K, 3) evaluar el efecto residual del K aplicado, y 4) determinar el nivel crítico de K en estos suelos para maíz.

[1]Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, Aptdo. 58, Santiago, Veraguas, Panamá.
[2]Profesor Asistente de Suelos, Programa de Suelos Tropicales, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695-7619, USA.

MATERIALES Y METODOS

Localización, Suelo y Clima

El área experimental se encuentra localizada a los 8°15' de latitud norte y 81°5' de longitud oeste, a una elevación de 100 msnm con una precipitación promedio anual de 2500mm y una temperatura media anual de 27° C. El período lluvioso está comprendido entre los meses de mayo a diciembre. En la Figura 1 se presenta el balance hídrico mensual para la estación más cercana al área experimental.

El sitio experimental se seleccionó en un área que no había sido cultivada con anterioridad. Predominaba una mezcla de pastos (*Andropogon bicornis* y *Hyparrhenia rufa*). Estuvo bajo pastoreo en los últimos 20 años.

El suelo es un Typic Plinthudult, fino, mezclado, isohipertérmico, profundo, ácido, de estructura en bloques subangulares, baja capacidad de intercambio catiónico (14 cmol(+)/L, promedio del perfil). El pH del perfil es ácido. El contenido de bases cambiables es muy bajo, ya que en el horizonte Ap ocupa sólo el 32% de la CIC mientras que en los horizontes más profundos oscila entre 1 y 6%. En cuanto a las características mineralógicas en la fracción arcilla domina la caolinita y aparece en pequeñas cantidades goetita y gibsita. Esto explica la baja CIC del suelo y el estado avanzado de intemperismo que ha sufrido (Cuadro 1).

En el Cuadro 2 se presentan resultados de análisis preliminares de una muestra de suelo compuesta del área experimental. En el mismo se detectó un pH de 4.5, el contenido de K extraíble por Mehlich 1 es de 0.16 cmol(+)/L y la acidez intercambiable, principalmente Al, es de 5.09 cmol(+)/L. La saturación de aluminio es del orden de 68%.

En la Figura 2 se presenta la curva de sorción de P desarrollada por el procedimiento de Fox y Kamprath

Cuadro 1. Características químicas del suelo de Calabacito.

	C	pH		Bases Cambiables					
Horiz.	Org.	NaF	H_2O	Ca	Mg	K	Suma	Al	CIC
	%			---------cmol(+)/kg---------					
Ap	1.67	4.4	4.8	5.1	0.4	0.2	5.7	0.8	17.9
Bt1	0.96	3.8	4.8	0.8	0.1	-	0.9	4.4	15.7
Bt2	0.63	3.9	5.1	0.2	tr	-	0.2	4.0	13.0
Bt3	0.34	3.9	5.2	0.5	tr	-	0.5	3.6	12.6
Br1	0.24	3.8	5.1	0.1	tr	-	0.1	4.3	12.6
Br2	0.17	3.8	5.1	0.2	tr	-	0.2	5.3	13.8

Cuadro 2. Análisis preliminares del suelo en el área experimental.

(1)[1] Textura	(2) pH	(3) P	(3) K	(4) Ca	(4) Mg	(4) Al	(5) C.O.	(3) Cu	(3) Fe	(3) Mn	(3) Zn	SAT. Al
%		mg/L	---cmol(+)/L---				%	-----mg/L-----				%
44-38-18	4.5	2.4	0.16	1.9	0.32	5.09	1.1	1	35	11	0	68

[1] (1) Bouyoucos (arcilla-limo-arena; (2) 1:2.5 suelo-solución; (3) Mehlich 1; (4) 1N KCl; (5) C orgánico por Walkley-Black.

(1970). El método contempla el uso de cantidades variables de P en 30 ml de $CaCl_2$ 0.01M equilibradas con 3g de suelo durante seis días y una hora de agitación diario. En la Figura 3 se presenta la curva de sorción para K desarrollada por el método de Uribe y Cox (1988).

Manejo del Experimento

El ensayo se realizó bajo el concepto de altos insumos, en donde se utilizó la mejor tecnología disponible en el área. La preparación del suelo para cada ciclo de cultivo se realizó con equipo agrícola y la siembra de forma manual, para controlar de manera adecuada la densidad. Los requerimientos de nutrimentos en el suelo para el cultivo se optimizaron de acuerdo al análisis tal como lo muestra el Cuadro 3.

El ensayo se inició en 1987 y los datos de rendimiento y análisis provienen de 3 ciclos de cultivos de maíz, correspondiente a los años 1987, 1988 y 1989. El experimento consiste de 10 tratamientos en los cuales varía el K y el manejo del residuo. El tamaño de parcelas fue de 9m de ancho y 10m de largo, con separación entre parcelas de 1m y entre repetición de 1.5m, para un total de 4347 m^2 de área de ensayo. Los tratamientos fueron dispuestos en el campo siguiendo un diseño estadístico de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los

Cuadro 3. Descripción de tratamientos.

Trat.	Dosis De K	Cal	S	Mo	Zn	Bo	Manejo De Residuos
	kg/ha	t/ha	------- kg/ha -------				
1	0	3.7	20	0.1	4	6	Incorp.
2	42	3.7	20	0.1	4	6	Incorp.
3	84	3.7	20	0.1	4	6	Incorp.
4	126	3.7	20	0.1	4	6	Incorp.
5	168	3.7	20	0.1	4	6	Incorp.
6	210	3.7	20	0.1	4	6	Incorp.
7	0	3.7	20	0.1	4	6	Sin resid.
8	126	3.7	20	0.1	4	6	Sin resid.
9	42	3.7	20	0.1	4	6	Sin resid.
10	42[1]	3.7	20	0.1	4	6	Incorp.

[1] K aplicado en banda a cada cultivo.

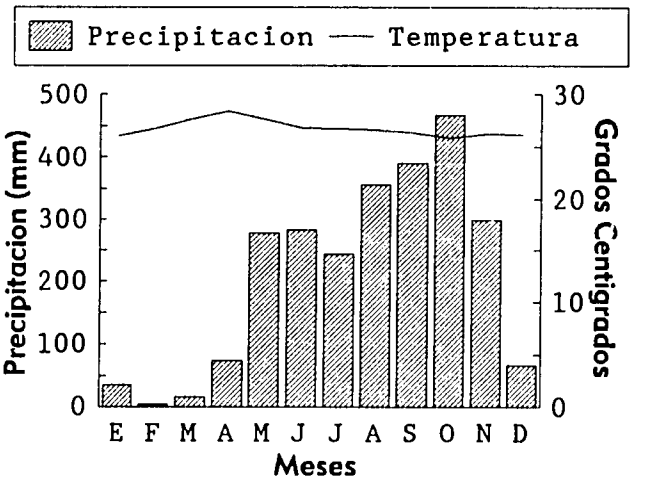


Figura 1. Precipitación y temperatura mensual promedio en Calabacito durante 1971-1980.

datos se procesaron mediante análisis de varianza, usando el paquete de análisis estadísticos para computadora (SAS,1985). Para la parcela efectiva se utilizaron los 5 surcos centrales haciendo un área efectiva de 32 m^2. Durante los 2 primeros años se utilizó la variedad de maíz Across 7782, pero en 1989, Guararé 8128 a razón de 50,000 plantas/ha. El residuo de cosecha en las parcelas que no lo llevan fue totalmente extraído; en las otras fue incorporado con el arado y el pase de rastra.

El K se aplicó de acuerdo a dosis estipuladas, al inicio del experimento en 1987, con excepción del tratamiento 10 que se le aplicó a cada cultivo. La forma de K usada fue KCl. Durante el primer y segundo año (1987 y 1988) el K para el tratamiento 10 se aplicó en banda, y en 1989 localizada a 7cm de la semilla y 5cm de profundidad. El P se aplicó a todos los tratamientos a razón de 66 kg de P/ha el primer año, 33 kg de P/ha en el segundo año y 66 kg de P/ha el tercer ciclo de cultivo.

Se realizaron dos aplicaciones de encalado, una en 1987 previa al cultivo a razón de 3.7 ton/ha de $CaCO_3$ y

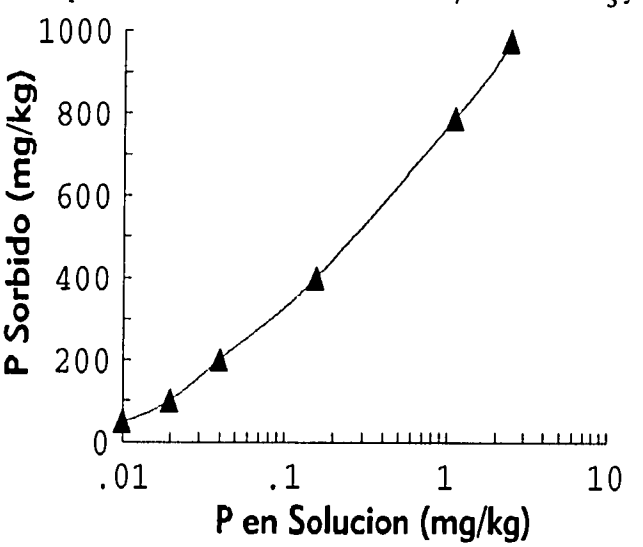


Figura 2. Curva de fijación para P en el suelo de Calabacito.

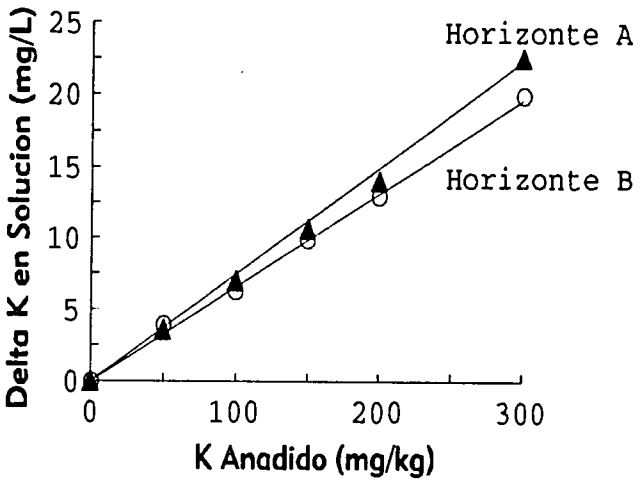


Figura 3. Curvas de retención para K en el horizonte A y B del suelo de Calabacito.

la segunda en 1989 a razón de 2 t/ha de $Ca(OH_2)$. El S se aplicó al voleo como S elemental antes del primer cultivo. El Mo y Zn se aplicaron en 1987, en las formas de molibdato de amonio y óxido de Zn; el B en la forma de bórax ($Na_2B_4O_7.10H_2O$). El N se aplicó para cada cultivo fraccionado a razón de 1/3 a la siembra y 2/3 a los 30 días después de la siembra, totalizando 150 kg/ha de N.

Durante el primer ciclo de cultivo se realizaron muestreo de suelos a la siembra, 20 días después de la siembra y a la floración. En los años de 1988 y 1989 se realizaron muestreos de suelos antes y después de cada ciclo de cultivo para evaluar la dinámica del K y observar la evolución de la fertilidad del suelo. Los análisis se realizaron utilizando la solución extractora de Mehlich 1 para P, K y micronutrientes y KCl 1N para Ca, Mg y Al. Se compara la solución extractora de Mehlich 1 con la de acetato de amonio (NH_4OAc) para determinar cual se adecuaba mejor para determinación de K disponible en estos suelos.

Cuadro 4. Rendimiento de maíz en función de dosis de K y manejo del residuo en el suelo. Calabacito, Panamá, 1988.

K Aplicado	Residuo	RENDIMIENTO GRANO	TUZA	CAPULLO	REND. RELATIVO
kg/ha		--------- kg/ha		-------%	
0	Incorp.	1201	254	372	73
42	"	1587	396	435	97
84	"	1441	318	498	88
126	"	1377	308	420	84
168	"	1509	342	454	92
210	"	1636	308	430	100
0	Sin resid.	752	214	293	46
126	"	928	235	264	57
42	"	903	234	298	55
42[1]	Incorp.	1358	308	410	83
DLS 0.05		549	ns	107	
CV (%)		30	29	19	

[1] Potasio aplicado a cada cultivo. En los otros tratamientos el K se aplicó en 1987.

RESULTADOS Y DISCUSION

Curvas de Sorción

En la Figura 2 se aprecia la capacidad de fijación de P por el suelo. Se observa que más del 95% del P añadido quedó fijado en el mismo. Estas curvas permiten calcular la capacidad de adsorción máxima del suelo para retener P, así como también suministran información sobre la cantidad de P requerida para mantener un equilibrio en la solución del suelo a determinada concentración (Fox y Kamprath, 1970).

En la Figura 3 la curva de sorción para K muestra que para un mismo nivel de K añadido, la muestra del horizonte B tiene menos K en solución que la muestra del horizonte A. Esto indica que hay una capacidad amortiguadora para K mayor en el subsuelo, lo que implica que hay menos K en solución por unidad de K añadido. Para efecto de manejo esta información sugiere que debe haber mayor retención del K añadido en el horizonte B.

Respuesta a Tratamientos-1987

En 1987 no hubo efecto significativo del K en los parámetros de rendimiento o altura de planta, aunque la tendencia era mejorar el rendimiento. El coeficiente de variabilidad (CV = 50%) para el rendimiento se considera alto y se atribuye principalmente a la acidez y no al K del suelo ni a los tratamientos.

Respuesta a Tratamientos-1988

En 1988 se observó una respuesta significativa a la fertilización con K, que se reflejó en el rendimiento de

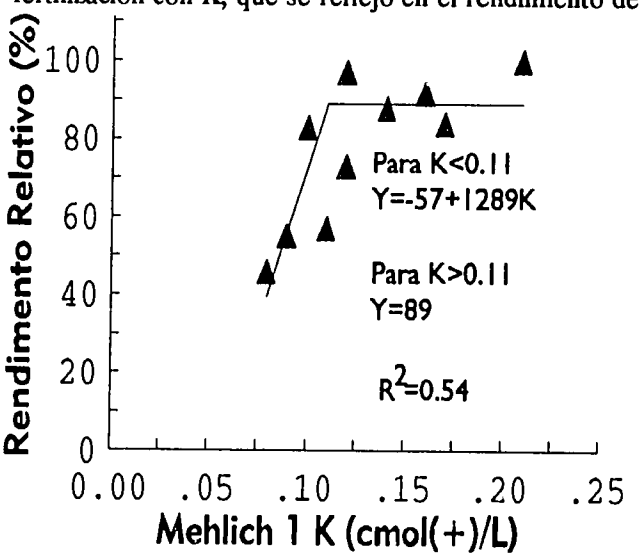


Figura 4. Curva de rendimiento máximo estable con K extraíble por la solución Mehlich 1. Panamá, 1988.

grano de maíz y en la producción de capullos (Cuadro 4). No se encontró diferencias en los rendimientos entre ninguno de los tratamientos a los que se le incorporó el residuo. Se aprecia que en los tratamientos con 210, 42 y 126 kg/ha de K más residuos, los rendimientos superaron aquellos tratamientos en los cuales se le extrajo el residuo de cosecha. Sin embargo, el tratamiento con 42 kg/ha de K aplicado anualmente no fue superado por los otros tratamientos en los rendimientos. La variable capullo mostró el mismo comportamiento en todos los tratamientos evaluados.

La Figura 4 muestra la relación entre el rendimiento relativo y el K extraíble por Mehlich 1. La ecuación generada establece una respuesta lineal al K hasta el nivel de 0.11 cmol(+)/L de K. Sobre este nivel no hay respuesta en rendimiento de grano a la aplicación de K.

Respuesta a Tratamientos-1989

En el tratamiento 10 con dosis de 42 kg de K/ha de K aplicado en cada ciclo de cultivo, se encontraron rendimientos superiores a los tratamientos de 0, 42 y 126 kg de K/ha sin residuo y a los tratamientos 0, 42 y 84 kg de K/ha con residuo. No hay diferencia estadística entre los tratamientos de 126, 168 y 210 kg de K/ha con residuo, a pesar de que tiene 400 kg/ha más de rendimiento, lo que refleja el efecto residual de estos últimos tratamientos (Cuadro 5).

Se encontró diferencias significativas en los rendimientos entre los tratamientos con residuos incorporados y aquellos que no tenían residuos. Lo anterior permite apreciar que la incorporación de los residuos representa un importante aporte de K al suelo que se refleja en los rendimientos. Entre aquellos tratamientos que tenían residuos y el K aplicado al inicio del experimento no se encontró diferencias significativas, pero se apreció un aumento en los rendimientos a medida que las dosis aumentaban. Esta respuesta se mantuvo constante a partir de la dosis de 126 kg/ha hasta los 210 kg/ha de K que representa la porción de la curva con rendimientos máximos estables. Esto sugiere que en los suelos utilizados en el estudio existe una respuesta positiva a las dosis mayores de K al tercer año después de iniciada su aplicación.

Cuadro 5. Rendimiento de maíz en función de dosis de K y manejo de residuos. Calabacito, Panamá, 1989.

Dosis De K	Manejo De Residuo	Rendimiento Grano	Tuza	Capullo
kg/ha		----------kg/ha----------		
0	Incorp.	1840	459	525
42	"	2143	472	604
84	"	2017	462	549
126	"	2674	573	632
168	"	2653	577	646
210	"	2598	545	618
0	Sin resid.	278	101	132
126	"	889	250	278
42	"	472	146	184
42[1]	Incorp.	3059	622	656
DLS 0.5		864	155	168
CV (%)		32	24	19

[1] Potasio aplicado a cada cultivo. En los otros tratamientos el K se aplicó en 1987.

Curva de Rendimiento Máximo Estable (1988 y 1989)

La curva de rendimiento máximo estable para el año 1988 y 1989 establece que debajo de 0.10 cmol(+)/L de K de suelo por Mehlich 1 hay una respuesta lineal a las dosis de K. Adicionalmente, esta curva indica que con más de 0.10 cmol el rendimiento relativo permanece estable en 80% del rendimiento (Figura 5). El coeficiente de determinación (R^2) fue de 0.49 con $p<0.05$ lo que indica que la variable K explica en alto porcentaje la variabilidad de los rendimientos y el resto es atribuible principalmente al factor acidez del suelo.

Debido a que el coeficiente de determinación obtenido usando la solución de NH_4OAc fue de 0.54, se considera que esta solución extractora explica mejor la variabilidad de los rendimientos en relación a la variable K. Esto implica que la solución NH_4OAc puede usarse como solución extractora de K en estos suelos, con alta confiabilidad (Figura 6)

La disminución del CV en los análisis de varianza a partir del primer año del ensayo, puede atribuirse a la reducción de la variabilidad de la acidez por el encalado y fertilización del suelo y por el mejoramiento general del manejo del ensayo. En la Figura 7 se muestra que la reducción en rendimientos del año 1988 puede explicarse con base en la reducción de los niveles de P aplicados (33

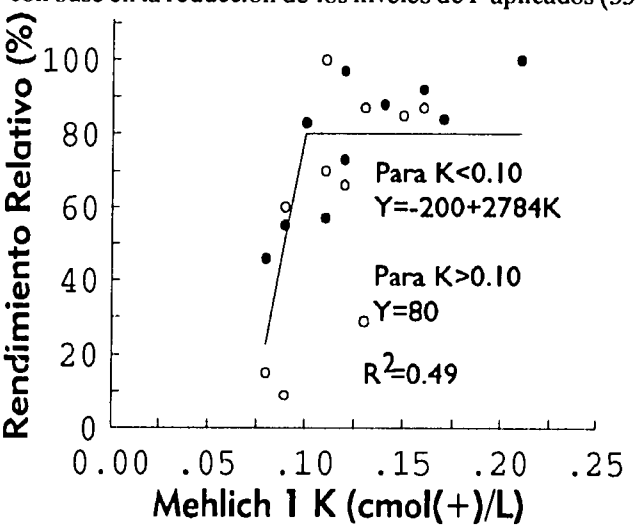


Figura 5. Curva de rendimiento máximo estable con K extraíble por la solución Mehlich 1. Panamá, 1988 y 1989.

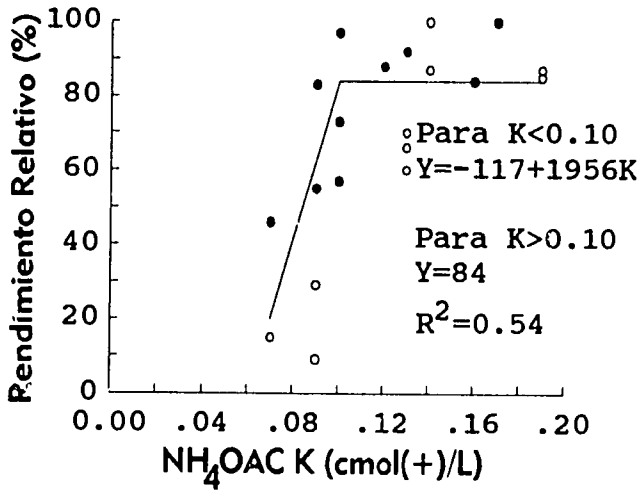


Figura 6. Curva de rendimiento máximo estable con K extraíble por la solución de acetato de amonio. Panamá 1988 y 1989.

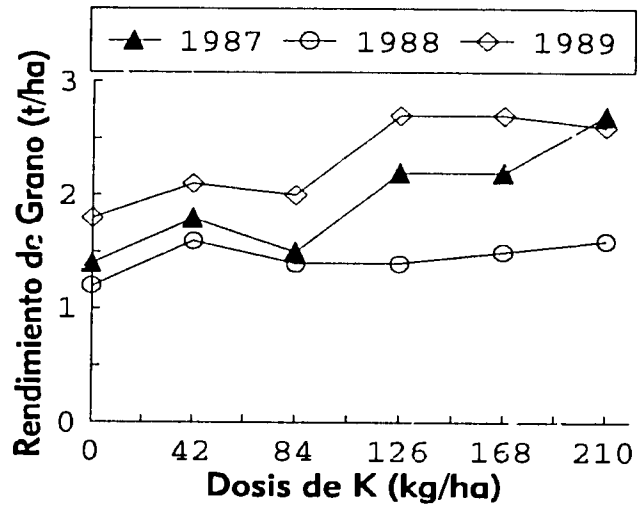


Figura 7. Respuesta a diferentes dosis de K con incorporación de residuos de cosecha.

kg/ha) y al efecto de la acidez. En 1989, la curva de rendimiento sobrepasó a los años 1987-1988 por efecto del encalado y la aplicación de P en dosis de 66 kg/ha. Lo que indica que el efecto residual del K y la respuesta a dosis crecientes del mismo, se mantuvo durante estos 3 años. La reducción de la variabilidad del suelo por encalado y fertilización se manifiesta mediante el mejoramiento de los rendimientos.

En la Figura 8 se aprecia que en los tratamientos sin incorporación de residuos ocurre una disminución constante de los rendimientos a través de los años. A partir de la primera cosecha se inició la extracción del residuo, práctica que incidió en la producción de biomasa en las próximas cosechas en los tratamientos sin residuos incorporados. Esta observación permite pensar que en estos suelos la incorporación del residuo debe ser parte integral del manejo de los mismos y que el aporte de K por los residuos es significativo ya que a las dosis mayores, sin residuos, no se encontró efecto residual del K en la producción de maíz.

El Cuadro 6 muestra diferencias significativas en la concentración de K por efecto del muestreo en el tiempo. La concentración de K extraído del suelo disminuye significativamente en el muestreo posterior a la cosecha a la profundidad de 0-15 cm comparado con la concentración detectada antes de la siembra. No se detectó diferencias en las concentraciones de K, antes de la siembra y después de cosechar, a la profundidad de 15-30 cm. Se puede asumir que no ocurrió lixiviación de K entre la profundidad 1 (0-15 cm) y 2 (15-30 cm) en el año 1988. En general, se puede inferir que no hay efecto de la aplicación del K y cal en las concentraciones detectadas en la profundidad dos, lo que indica que no hubo lixiviación de ningún elemento en 1988.

Cuadro 6. Promedio de las variables de suelo a diferentes épocas de muestreo.

Epoca	pH	Al	Ca	Mg	K	SAT. Al
		-------cmol(+)/kg--------				%
		Profundidad 0-15cm				
Siembra 88	4.7	2.49	3.99	0.54	0.13	42
Cosecha 88	5.0	2.83	3.15	0.37	0.08	55
Siembra 89	5.0	3.50	3.65	0.48	0.11	53
Cosecha 89	5.0	2.91	4.99	0.50	0.07	39
CV (%)	3.0	22.3	26.6	26.4	29.7	22
DLS 0.05	NS	NS	NS	NS	0.03	
		Profundidad 15-30cm				
Siembra 88	5.0	5.12	0.79	0.16	0.05	82
Cosecha 88	5.0	4.58	1.21	0.18	0.04	76
Siembra 89	5.0	5.87	0.99	0.15	0.08	81
Cosecha 89	5.0	5.73	0.89	0.15	0.04	83
CV (%)	3.0	13.0	35.0	31.0	22.3	6
DLS 0.05	NS	NS	NS	NS	0.01	

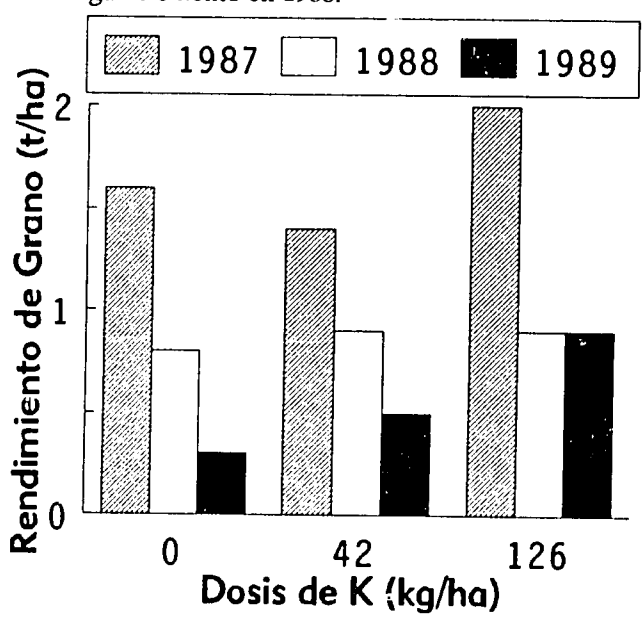


Figura 8. Respuesta a diferentes dosis de K con remoción de residuos de cosecha.

Para 1989 el análisis muestra diferencias significativas en la concentración de K antes de la siembra y después de la cosecha, lo que podría implicar que del año 1988 y 1989 sí hubo una pequeña lixiviación, aunque esto podría estar afectado por los procedimientos analíticos.

CONCLUSIONES

A partir de los datos obtenidos y la discusión se concluye lo siguiente:

-El principal medio de aumentar la eficiencia de la fertilización con K, incluye las aplicaciones anuales o divididas en dosis de 42 kg/ha.

-La incorporación de los residuos de cosecha del maíz es vital para mejorar la fertilización potásica.

-La exportación de K en los residuos del cultivo es lo suficientemente grande como para que no exista efecto residual donde se extrae el residuo, aún a dosis de 126 kg de K/ha.

-El cultivo de maíz responde linealmente siempre y cuando el análisis de suelo para K extraído con Mehlich 1 sea menor de 0.1 cmol(+)/L de suelo. Sobre este valor el rendimiento permanece estable a 80% del máximo.

-Con las dosis de K empleadas no se detectó pérdida por lixiviación de la profundidad 0-15cm a 15-30cm en 1988. En 1989 solo hubo una pequeña lixiviación que incluso puede atribuirse a métodos analíticos.

-Se encontró buena correlación entre las soluciones extractoras de Mehlich 1 y NH_4OAc para K en estos suelos.

-El efecto residual del K en las parcelas con residuos se manifiesta al tercer ciclo de cultivos en todos los tratamientos.

-No se detectó efecto significativo de las dosis de K en las relaciones con Ca y Mg del suelo.

RECOMENDACIONES

Continuar con el experimento en las mismas parcelas, dividiendo cada una en dos para cada tratamiento. Se utilizará un diseño de bloques completos al azar con tratamientos arreglados en parcelas divididas. Las parcelas principales serán los tratamientos originales y las subparcelas serán las dosis de K. Se aplicarán 42 kg/ha de K, como en el tratamiento 10, a la mitad de cada parcela principal.

Se realizarán muestreos de suelos (80 muestras de 0-15 cm y 80 muestras de 15-30 cm) antes de la siembra y después de la cosecha a cada cultivo. Se calibrarán las dosis determinadas de K a través de un rango de niveles de K del suelo. El nuevo diseño permitirá determinar hasta qué nivel del K del suelo habrá respuesta en el rendimiento de maíz a la aplicación de 42 kg/ha en banda.

LITERATURA CITADA

Comisión de Reforma Agraria. Reporte final sobre el Catastro Rural de Tierras y Aguas de Panamá. International Resources and Geotechnics, Inc., International Engineering Company, Inc., The Jacobs Company. Vol.1, Julio 1979. 504p.

Fox, R.L. y E.J. Kamprath. 1970. Phosphate Sortion Isotherms for evaluating the phosphate requirements of soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34:902-907.

Name, B. y D. Batista. 1979. Encalado en suelos acidos de Panamá con altos contenidos de aluminio intercambiable I. Finca Experimental de Calabacito. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Ciencias Agropecuaria No.2, 1979.

Ritchey, K.D. 1982. Potassium fertility in Oxisols and Ultisols of the humid tropics. Cornell International Agriculture Bulletin 37. Cornell University, Ithaca, NY.

Sánchez, P.A. y J.G Salinas. 1983. Low input technology for managing Oxisols and Ultisols in tropical America. Adv. Agron. 34:279-406.

Sánchez, P.A. y T.T. Cochrane. 1980. Soil constraints in relation to major farming systems in tropical America. En Priorities for alleviating soil-related constraints to food production in the tropics. IRRI, Los Baños, Philippines. pp 107-140.

Sas Institute, Inc. 1985. SAS user's guide: Statistics. Sas Institute, Inc., Cary, North Carolina.

Silva, J.E. da y K.D. Ritchey. 1981. Acumulacão diferencial de potasio em un solo sob cerrado durante cultivos anuais. En Programa e Resumos, Congresso Brasileiro De Ciência do Solo, 18. Salvador, 1981. p.91.

Silva, J.E. da y K.D. Ritchey. 1982. Adubação potássica em solos de cerrado. pp.323-338. En T. Yamada (ed.) Potássio na agricultura brasileira. Instituto da Potassa-Fosfato. Instituto Internacional da Potassa.

Uribe, E. y F. Cox. 1988. Soil properties affecting the availability of potassium in highly weathered soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 52:148-152.

Sistema de Cultivo com Altos Insumos na Amazonia Brasileira

M.S. Cravo[1] e T.J. Smyth[2]

INTRODUÇÃO

Um dos principais problemas enfrentados pelos agricultores de terra firme do Estado do Amazonas e até mesmo da Amazônia, para o cultivo contínuo de uma mesma área após a queima da floresta é a baixa produtividade obtida após o primeiro cultivo. Devido a isso, seus cultivos em uma gleba se restringem a, no máximo, dois anos após a queima da vegetação, tempo em que ainda alcançam colheitas razoáveis -- é o sistema de agricultura itinerante.

Esse sistema de cultivo é bastante desgastante para o agricultor devido i) ao grande esforço físico que ele emprega para ano após ano fazer a derrubada, queima e limpeza de nova área para seus cultivos, ii) a desvalorização de sua área florestal, pela constante queima de madeiras nobres, de alto valor econômico, e iii) a perda de animais silvestres que lhes servem de fonte de proteína animal. Do ponto de vista ecológico, os efeitos desse sitema de cultivo são ainda mais abrangentes.

As razões que levam os agricultores a abandonarem suas áreas após um a dois anos de cultivo está relacionada ao fato de, em terra firme na Amazônia, os solos predominantes serem os Latossolos Amarelos e os Podzólicos Vermelho-Amarelos, que são solos com características físicas consideradas adequadas ao uso agrícola, mas com fortes limitações quanto à fertilidade natural (RADAMBRASIL, 1975). Entre as limitações de natureza química, o P é considerado o elemento mais limitante ao desenvolvimento das culturas, sendo deficiente em 90% dos solos da região, seguido pelo K e N (EMBRAPA-UEPAE de Manaus, 1989). A essas deficiências soma-se o fato de que mais de 70% dos solos da Amazônia sao ácidos e apresentam toxidez de Al (Cochrane & Sanchez, 1982). Um outro fator complicador, decorre dos altos teores de óxidos e hidróxidos de Fe e Al e da baixa capacidade de troca catiônica que esses solos apresentam, contribuindo para a fixação de P (Sanchez & Uehara, 1980). Entretanto, quando essas limitações químicas são superadas, através da calagem e fertilizaçao, as produtividades desses solos passam a ser equivalentes às obtidas em outros solos quimicamente mais bem dotados (Sanchez & Salinas, 1981).

Devido aos custos elevados dos fertilizantes, torna-se indispensável definir, quantitativa e qualitativamente, as exigências nutricionais das culturas, bem como a frequência cronológica do aparecimento das deficiências de cada elemento, durante o período de utilização da terra, a fim de serem feitas as aplicações dos fertilizantes na época correta e, assim, obter maior eficiência de utilização dos nutrientes aplicados. Em estudo dessa natureza em Ultissolos da Amazônia Peruana foram observados, após o primeiro cultivo, decréscimo no pH do solo, aumento da saturação de Al a 80%, bem como decréscimo nos teores de Ca, Mg, N, K, P, Cu e Mn (Sanchez *et al*, 1980). Essas alterações resultaram em uma produtividade de grãos inferior a 0,5 t/ha/ano após o primeiro plantio da rotação de arroz-millho-soja. Entretanto a identificação e correção dessas deficiências, à medida que se apresentaram, manteve uma produtividade média de 2,7 t/ha durante 17 cultivos consecutivos.

Outro fator complicador para o desenvolvimento da agricultura na Amazônia é a falta de uma tabela de recomendação de adubação e calagem. As atuais recomendações são baseadas em resultados de poucos experimentos de curta duração e em resultados obtidos em outras regiões com características edafoclimáticas diferentes.

Diante de tais fatos, este trabalho objetiva indicar as práticas de manejo de fertilizantes mais adequadas e os níveis de nutrientes e calcário mais favoráveis para culturas anuais cultivadas em sistema de cultivo contínuo em Latossolo Amarelo muito argiloso do Estado do Amazonas.

CARACTERÍSTICAS LOCAIS E PRÁTICAS GERAIS USADAS NOS EXPERIMENTOS

Os trabalhos foram executados na Estação Experimental da EMBRAPA situado 30 km ao Norte de Manaus, a 3° 8' de latitude Sul e 59° 52' de longitude Oeste, com 50m de altitude. As temperaturas máximas e mínimas mensais são de 32 e 22° C, respectivamente (EMBRAPA, 1987). O solo foi classificado como Latossolo Amarelo álico muito argiloso (Rodrigues *et al*, 1972). A Figura 1 mostra a distribuição das chuvas e as principais características dos solo encontram-se na Tabela 1.

A área era recoberta pela vegetação de floresta equatorial umida (Pires, 1966) que foi derrubada manualmente e queimada. A quantidade de cinza depositada no solo pela queima da vegetação foi da ordem

Tabela 1. Propriedades químicas e físicas de um perfil de Latossolo Amarelo da área cultivada.

Profundidade	Argila	Dens. Apar.	C	N	pH	Ca	Mg	K	SAT. Al
cm	%	g/cm³	%			cmol(+)/L			%
0-15	82	1.04	2.04	0.18	4.7	1.15	0.15	0.17	38
15-30	82	1.12	1.12	0.10	4.5	0.60	0.07	0.05	68
30-45	85	1.11	0.58	0.06	4.5	0.38	0.05	0.04	72
45-60	92	1.04			4.4	0.34	0.04	0.04	73

[1]Pesquisador da EMBRAPA-CPAA, Caixa Postal 455, 69001 Manaus, Amazonas, Brasil.
[2]Professor do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Estadual de Carolina do Norte (USA), Raleigh, N.C. 27695-7619.

Tabela 2. Características químicas do solo, antes e depois da queima da vegetação e, magnitude de alterações sofridas.

Tempo	pH	Ca	Mg	K	Al	P	Cu	Fe	Mn	Zn
		----cmol(+)/L----				----------mg/L----------				
Antes	4.2	0.1	0.3	0.06	1.8	2	–	175	2	1
Depois	5.3	2.1	0.8	0.27	0.6	6	2	99	10	1
Diferença	1.1	2.0	0.5	0.21	-1.2	4		-76	8	0

de 9,2 t/ha, adicionando 80, 82, 22, 19, 6, 0,2; 0,2; 58 e 2,3 kg/ha de N, Ca, Mg, K, P, Zn, Cu, Fe e Mn, respectivamente (Smyth & Bastos, 1984). Na Tabela 2 encontram-se os dados de análise do solo antes e depois da queima, mostrando os efeitos da cinza sobre a reação e os teores de nutrientes do solo. Os troncos não queimados foram removidos das áreas e o destocamento foi feito manualmente com auxílio de trator de rodas. Após a destoca, as áreas foram aradas e gradeadas para o primeiro plantio. Para cultivos subsequentes as áreas foram preparadas com enxada rotativa. Em todos os experimentos utilizou-se o delimeamento de blocos ao acaso com três ou quatro repetições. As culturas utilizadas foram o milho, soja, arroz, caupi e amendoim com densidade de plantio da ordem de 55.000, 200.000, 550.000, 200.000 e 330.000 plantas/ha, respectivamente. As variedades utilizadas foram BR 5102 ou BR 5110 para milho; Jupiter ou Tropical para soja; IAC-47 para arroz; IPEAN V-69, Manaus ou VITA-3 para caupi; e Tatu Vermelho ou Blanco Tarapoto para amendoim.

Para a calagem utilizou-se um calcário calcítico (33% Ca, 0,8% Mg e 73% de PRNT) do município de Maués, Amazonas. Como fontes de N, P, K, Mg, S, B, Cu, Mn, Mo e Zn utilizou-se a uréia, superfostato triplo, cloreto de potássio, sulfato de magnésio, sulfato de amônia, borax, sulfato de cobre, sulfato de manganês, molibdato de amônia e sulfato de zinco, respectivamente. O uso de N foi somente para o milho e arroz, parcelado em 3 aplicações (ao plantio, aos 25 e 55 dias após o plantio). O Mo foi aplicado semente em alguns plantios de soja e caupi, em mistura com as sementes. Os demais nutrientes foram aplicados a lanço antes do plantio e incorporados com enxada rotativa a 15cm de profundidade.

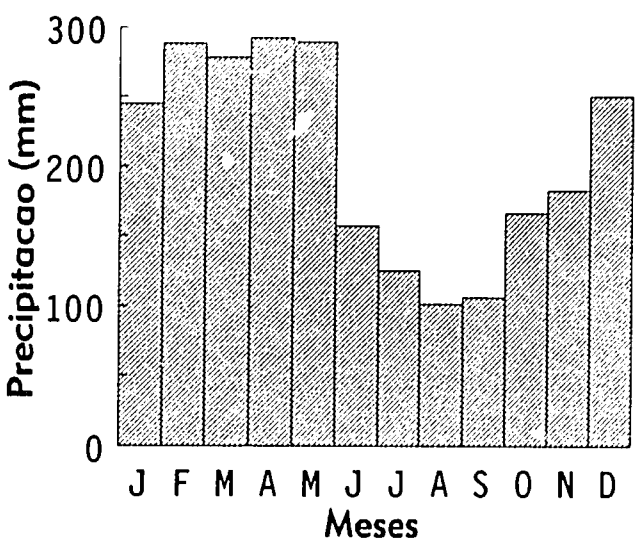


Figura 1. Precipitação média mensal no Campo Experimental da EMBRAPA no período de 1971-1989.

Amostragens de solo e plantas foram realizadas no período de floração média na profundidade de 0-15cm. As análises de solo e plantas foram feitas de acôrdo com os métodos adotados pelo Laboratório da EMBRAPA-CPAA (EMBRAPA, 1979).

DINÂMICA DE NUTRIENTES

A quantidade, frequência e época de aplicação de fertilizantes e calcário em cultivo contínuo mecanizado podem ser influenciados tanto pela rotação de culturas como por propriedades específicas do solo. Um experimento de longa duração foi iniciado em Latossolo Amarelo muito argiloso para determinar até que ponto as recomendações usadas em Ultissolos de Yurimaguas seriam válidas para Oxissolos na Amazônia Central. O experimento é composto de 35 tratamentos com quatro repetições em delineamento de blocos ao acaso. Além da testemunha absoluta, foram avaliadas as respostas das culturas a três ou quatro níveis individuais de N, P, K, S, Mg, Cu, B, Zn, Mn, e calcário. A aplicação dos tratamentos

Tabela 3. Sequência de cultivos e tempo após a queima quando foram iniciados tratamentos de calcário e fertilizantes.

Cultura	Variedade	Tempo Entre Plantio e Colheita	Tratamientos Inciados
		meses após a queima	
Arroz	IAC 47	3,0 - 7,4	N & P
Soja	Tropical	8,9 - 12,6	K
Soja	Tropical	18,5 - 22,3	Calcário & Cu
Caupi	Manaus	22,9 - 25,2	
Milho	BR 5102	27,6 - 31,3	S
Caupi	VITA 3	32,7 - 34,9	
Milho	BR 5102	37,2 - 41,8	B & Zn
Soja	Tropical	42,3 - 46,2	
Caupi	IPEAN V-69	46,9 - 48,9	Mn
Milho	BR 5102	52,1 - 56,2	
Caupi	IPEAN V-69	58,1 - 61,0	
Milho	BR 5102	63,1 - 67,3	Mg
Caupi	IPEAN V-69	69,2 - 71,5	
Milho	BR 5102	76,1 - 80,1	
Caupi	IPEAN V-69	82,2 - 84,4	
Milho	BR 5110	87,0 - 91,2	
Caupi	IPEAN V-69	93,9 - 96,2	

Tabela 4. Rendimento total de grãos em função de tratamentos no estudo de dinâmica de nutrientes, no período de 1981 - 1990. Dados somente dos tratamentos que deram resposta em 18 cultivos sucessivos.

Tratamiento	Adub. & Calc. Total	Adub. & Calc. Media/ Cultivo	Rend. Total de GRÃOS Arroz	Soja	Milho	Caupi	Total Geral	Prod. Media/ Cultivo
	-----kg/ha-----		----------t/ha----------					
Testemunha	0	0	1.1	05	0.1	0.1	1.7	0.1
P_1	132	7.3	2.4	3.8	12.5	3.9	22.5	1.3
P_2	264	14.7	2.5	4.2	16.1	6.0	28.7	1.6
P_3	396	22.0	3.0	5.1	19.9	7.3	35.2	2.0
N_1	337	18.72	2.9	5.0	15.1	6.3	29.3	1.6
N_2	594	33.0	3.0	4.0	15.0	5.6	27.6	1.5
N_3	890	49.4	2.1	4.3	17.3	6.2	30.0	1.7
K_0	0	0	2.5	3.5	6.9	4.6	17.4	1.0
K_1	350	19.4	1.1	3.8	14.2	5.6	24.6	1.4
K_2	700	38.9	1.2	5.6	19.1	6.4	32.3	1.8
K_3	1.400	77.8	0.9	4.6	16.1	5.4	27.0	1.5
Cu_0	0	0	0.9	4.0	15.1	6.4	26.3	1.5
Cu_1	3	0.2	1.6	5.1	20.4	6.6	33.7	1.9
Cu_2	6	0.3	1.5	4.9	19.2	6.4	31.9	1.8
$Calc_0$	0	0	1.1	2.8	1.5	3.3	8.7	0.5
$Calc_1$	2.000	111	1.6	4.9	15.4	6.7	28.6	1.6
$Calc_2$	4.000	222	1.8	5.3	21.0	6.9	34.9	1.9
$Calc_3$	6.000	333	1.6	5.1	22.5	5.9	35.0	2.0

para cada nutriente só foi iniciada quando os rendimentos e as análises de solos e plantas, do cultivo anterior, sugeriam a possível deficiência do elemento. Quando eram confirmadas respostas em produção aos nutrientes aplicados, estes eram incluídos nos demais tratamentos (exceto a testemunha absoluta), procurando-se assim, evitar confundimento entre respostas a um elemento com deficiência de outros.

A sequência de culturas, variedades e tratamentos iniciados durante nove anos de cultivo, desde a derrubada e queima da floresta primária, são mostrados na Tabela 3. Três tratamentos para N e três para P foram aplicados no primeiro cultivo, devido as dificuldades de avaliar necessidades de N sem dados locais e, a análise de solo após a queima indicar que P seria limitante. O P foi aplicado uniformemente em todos os demais tratamentos, antes do plantio subsequente de soja. Da mesma forma K e calcário foram aplicados uniformemente, após a obtenção de respostas significativas no segundo e terceiro cultivos, respectivamente.

Apesar da resposta ao Cu ser esporádica, foi aplicado em todos os tratamentos no primeiro cultivo de milho, para evitar qualquer problema nutricional na avaliação dos demais nutrientes. Deficiências de Mo foram evitadas pela aplicação de 20g/ha no primeiro cultivo de soja e no quinto de caupi. Os tratamentos de S foram iniciados no quinto cultivo, não havendo resposta em produção a esse nutriente em nenhuma das culturas. Nos dois últimos cultivos de caupi observou-se resposta ao Mg, estando associada com o desbalanço causado pelo aumento do K no solo. Igualmente, deficiências visuais de Mn em leguminosas ocorreram somente com a dose mais alta de calcário, caracterizando o perigo da "supercalagem".

Os dados quantitativos de adubação e calagem, bem como do rendimento total de grãos em 18 cultivos consecutivos do experimento, são mostrados na Tabela 4. Contudo as discussões serão feitas em separado para cada tratamento empregado neste e em outros experimentos conduzidos no mesmo solo.

Respostas ao Calcário

As respostas acumulativas em rendimento de grãos de 17 cultivos consecutivos às variáveis P, K e calagem são comparados na Figura 2 com a testemunha absoluta. Alem de P e K foram aplicados um total de 634 e 1 kg/ha de N e Cu, respectivamente, a todos os tratamentos fertilizados. O rendimento total de grãos na testemunha foi de 1,7 t/ha. A importância da calagem é exemplificada pela comparação de rendimentos entre 0, 2 e 4 t de calcário/ha com nível fixo de P e K. Com esses níveis de calcário o rendimento total aumentou de 8,5 para 32,5 t/ha. Os tratamentos com 3 t/ha de calcário receberam 2 t/ha no primeiro e 1 t/ha no quinto cultivo de milho, quando o efeito residual da primeira aplicação começou a diminuir.

Tabela 5. Rendimentos de grãos de milho, caupi, soja e amendoim em função da aplicação de calcário[1] e gesso[2] em Latossolo Amarelo de Manaus.

Cal-		Milho				Caupi 1984	Caupi 1985		Caupi 1986		Soja
cario	Gesso	84	85	86	87	Ipean	Ipean	VITA-3	Ipean	VITA-3	85
		t/ha									
0.0	0	0.3	0.9	1.6	1.4	1.1	0.6	0.5	0.7	0.7	1.0
0.5	0	1.6	2.7	2.1	1.8	1.0	0.7	0.7	0.7	0.7	0.9
1.0	0	2.1	3.5	2.9	2.6	1.4	0.7	0.9	0.8	0.8	1.9
2.0	0	2.2	3.3	2.7	2.5	1.3	0.7	0.8	0.8	0.8	1.8
4.0	0	2.3	3.4	3.4	3.1	1.4	0.8	0.9	0.9	0.9	2.2
0.0	1	1.6	2.0	2.0	2.3	1.2	0.7	0.8	0.6	0.8	1.4
1.0	1	2.1	3.6	3.3	2.7	1.4	0.7	0.7	0.8	0.9	1.8
2.0	1	2.6	3.2	3.6	3.4	1.5	0.9	0.9	0.8	1.0	2.1
DMS 5%:											
Corretivo		0.8	0.8	0.8	0.7	n.s.	n.s.	0.1	0.8		
Variedade							0.1	0.1			
Corr. x Varied.								n.s.	n.s.		

[1] Aplicado somente em 1983.
[2] Aplicado antes dos cultivos de milho em 1984 e 1986.

A magnitude da resposta à calagem dependeu tanto da cultura como do tempo após a aplicação do calcário (Figura 3). Sem calagem houve uma forte redução no rendimento da soja entre 1983 e 1985. Durante os quatro cultivos iniciais de milho, não houve aumento significativo em rendimento de grãos para doses maiores que 2 t/ha de calcário. Contudo, nos últimos dois cultivos o rendimento com 2 t/ha de calcário foi metade do obtido com 4 t/ha. Isso significa que o efeito residual de 2 t/ha de calcário nesse Latossolo deve ser de 5 anos. Ao contrário do milho, a resposta do caupi à calagem foi mais baixa e nunca excedeu a dose de 2 t/ha.

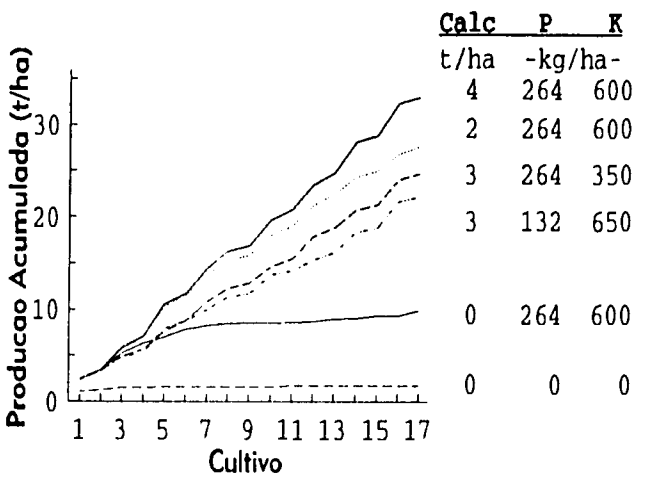


Figura 2. Rendimentos acumulados de 17 cultivos consecutivos de arroz (1), soja (3), milho (6) e caupi (7) em função da aplicação de calcário, P e K durante seis anos de cultivo em um Latossolo Amarelo na Amazônia Central.

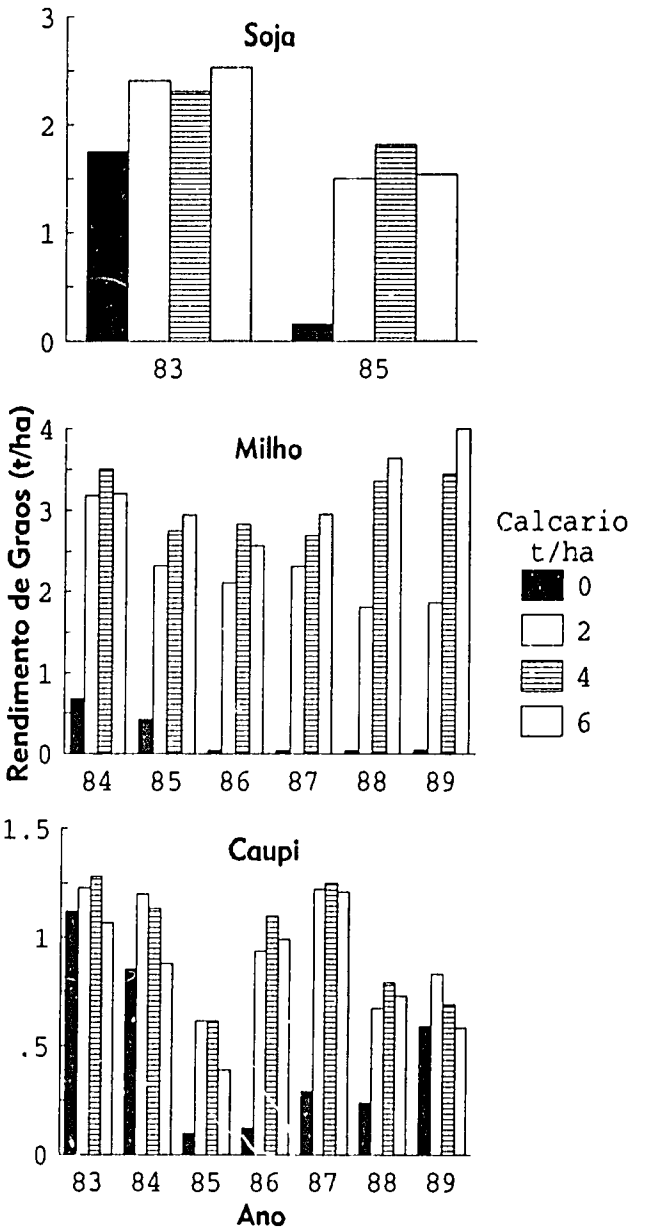


Figura 3. Rendimentos de grãos de soja, milho e caupi em função de doses de calcário aplicadas em Latossolo Amarelo antes do plantio da soja em 1983.

O relacionamento entre os rendimentos relativos de milho e soja com os níveis de acidez do solo foram diferentes daqueles observados para o caupi (Figura 4). Quando a saturação de Al era menor que 20% os rendimentos de milho e soja foram maiores que 80% do máximo. Com caupi rendimentos similares (>80%) foram obtidos até com 58% de saturação de Al.

Foi instalado outro estudo utilizando-se doses menores de calcário (0; 0,5; 1; 2 e 4 t/ha). Em tratamentos separados, 1 t/ha de gesso foi combinado com 0, 1 e 2 t/ha de calcário. Os resultados de rendimento de milho, caupi e soja encontram-se na Tabela 5. Verifica-se durante quatro anos consecutivos que a produção de milho com 1 t/ha de calcário foi de 93, 100, 81 e 76% do

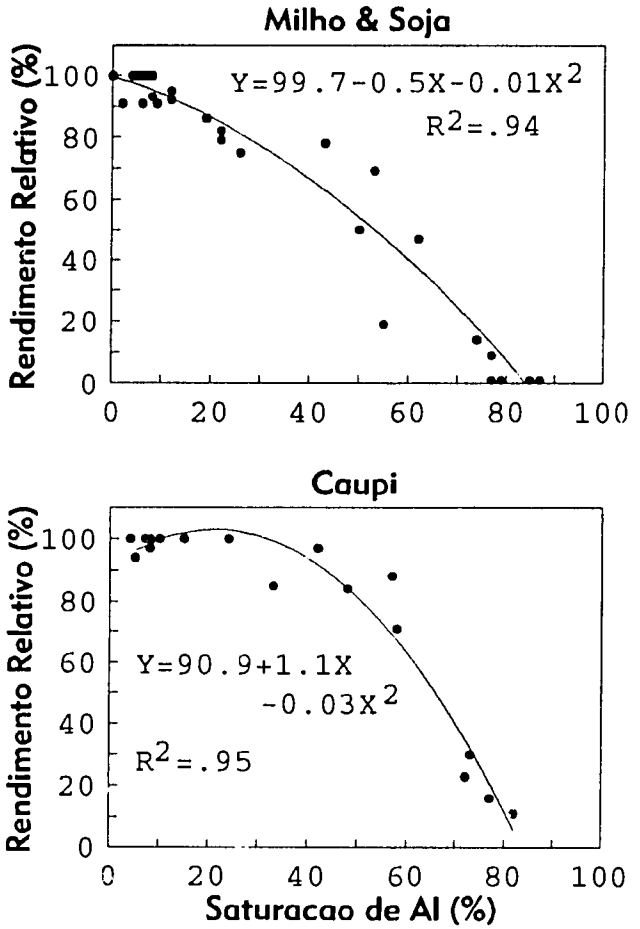


Figura 4. Relacionamento entre rendimentos relativos de 15 cultivos consecutivos de soja, milho e caupi e saturação de Al em quatro doses de calcário aplicadas em Latossolo Amarelo muito argiloso.

rendimento máximo. Com essa dose de calcário só é possível se manter elevadas produções de milho durante três anos. Para o único cultivo realizado de soja, obteve-se 87% da produção máxima com 1 t/ha de calcário. Concordando com sua conhecida tolerância à acidez do solo, o caupi não mostrou resposta ao calcário e/ou gesso.

Em 1987 e 1988 foram comparados duas variedades de amendoim em relação ao corretivo aplicado. Os rendimentos de grãos, % de grãos por peso de frutos e teores foliares de Ca no período de floração aumentaram significativamente pelos tratamentos de calagem (Tabela 6). Nos tratamentos com máximo rendimento, as duas variedades tiveram valores similares para % de grãos por peso de frutos e teor de Ca nas folhas. Relacionamentos entre rendimento relativo e % de saturação de Ca e de Al no solo indicaram níveis críticos de 20 e 60%, respectivamente. O melhor relacionamento com o rendimento relativo, entretanto, foi encontrado pela razão entre Ca e Al trocáveis no solo (Figura 5). Houve um aumento linear nos rendimentos até o valor de 0,52 da relação Ca:Al no solo. Esses resultados são indicativos de que o amendoim é tolerante à acidez, mas requer um bom suprimento de Ca para se obter elevada produtividade.

A equação de Cochrane *et al* (1980) que leva em consideração à saturação de Al trocável tem sido usada na região com bastante sucesso nas recomendações de calagem para os agricultores. Os resultados de produção de grãos com 1 t/ha de calcário, em três anos consecutivos de cultivo, indicam que o poder residual do calcário é bastante prolongado. Esse fato é positivo, considerando-se a elevada acidez dos solos da região, os quais, para serem incorporados ao processo produtivo, necessitam desta dosagem de calcário a partir do segundo ano de cultivo após a queima, sendo necessário reaplicá-lo após o terceiro ano de cultivo sucessivo. Deve ser tambem considerado que nenhum nutriente neste solo faz efeito, sem a aplicação do calcário, haja vista a baixa produtividade média obtida sem calcário onde todos os demais nutrientes estavam presentes em quantidades suficientes (Figura 2).

Respostas ao Fósforo

No estudo de dinâmica de nutrientes o P foi o primeiro elemento a mostrar deficiência (Tabela 3). Obteve-se resposta significativa à aplicação de P em todos os cultivos e em todas as culturas. Comparando-se os rendimentos acumulados nos tratamentos de P com o rendimento da testemunha absoluta, verifica-se aumentos de 20,8; 27,0 e 33,4 t/ha em 13 cultivos com aplicações médias de 7,3; 14,7 e 22 kg de P/ha cultivo^{-1} (Tabela 4).

Devido aos poucos níveis de P utilizados no estudo de dinâmica de nutrientes foi instalado outro experimento no mesmo solo a fim de avaliar a resposta inicial e a longo prazo de milho, caupi e amendoim à doses e forma de

Tabela 6. Rendimento de grãos, peso de grãos por fruto (PGF) e teores de Ca nas folhas de duas variedades de amendoim em função de aplicações de calcário e gesso em dois cultivos no Latossolo Amarelo de Manaus.

Cal-			Blanco Tarapoto			Tatu Vermelho		
cario	Gesso	ANO	Rend.	PGF	Ca	Rend.	PGF	Ca
---t/ha---			t/ha	----%----		t/ha	----%----	
0,0	0	1987	0,8	27	0,58	1,3	64	0,68
		1988	0,1	34	0,67	0,2	56	0,[illegible]
0,5	0	1987	1,1	42	0,68	1,0	62	1,16
		1988	0,4	41	0,73	0,2	54	0,53
1,0	0	1987	2,1	56	0,88	1,5	69	1,10
		1988	0,7	52	1,03	0,7	68	1,00
2,0	0	1987	2,3	60	0,93	2,0	73	1,15
		1988	1,0	59	1,28	0,7	68	1,06
4,0	0	1987	3,0	71	1,16	2,1	73	1,36
		1988	1,5	69	1,46	1,0	74	1,58
0,0	1	1987	3,3	71	1,00	2,0	74	1,33
		1988	1,3	70	1,30	1,1	74	1,34
1,0	1	1987	3,2	69	1,03	2,0	74	1,23
		1988	1,4	69	1,39	1,2	74	1,56
2,0	1	1987	3,5	72	1,23	2,4	74	1,20
		1988	1,4	71	1,62	1,3	74	1,75

Aplicou-se gesso no plantio de cada cultivo.

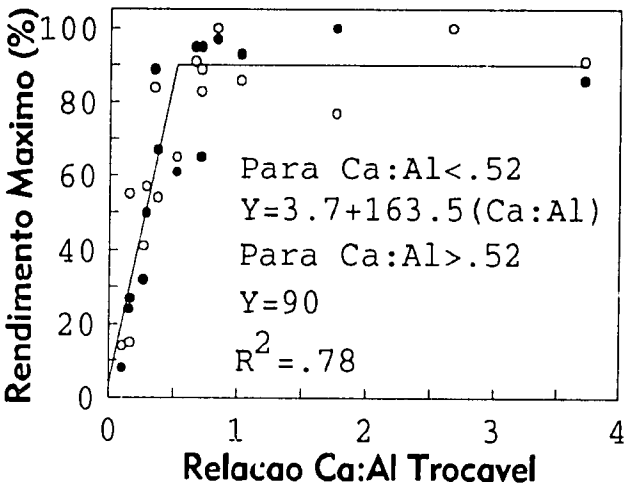


Figura 5. Rendimento relativo de variedades de amendoim Blanco Tarapoto (símbolos sólidos) e Tatu Vermelho (símbolos abertos) em função da relação Ca:Al trocáveis em tratamentos de calcário e gesso.

aplicação de P, bem como, comparar níveis críticos de P no solo. Os tratamentos de P foram distribuídos em esquema fatorial com parcelas subdivididas. Nas parcelas principais foram usados cinco níveis de P (0, 22, 44, 88 e 176 kg/ha) aplicados de uma só vez no início do experimento. Foram aplicados nas subparcelas quatro níveis de P (0, 11, 22 e 44 kg/ha) no sulco de plantio, sendo repetido estas aplicações em cada cultivo até completar um total de 176 kg de P/ha. Consequentemente, os tratamentos de P no sulco de 11, 22 e 44 kg/ha receberam um total de 11, 8 e 4 aplicações, respectivamente. Foram feitos doze cultivos (seis de milho, cinco de caupi e um de amendoim) em seis anos consecutivos.

Rendimentos de Milho No primeiro cultivo houve uma incidência de *Mycoplasma* que limitou o rendimento à um máximo de 2 t/ha com 50 kg de P/ha tanto aplicado a lanço como no sulco. Os rendimentos máximos obtidos, em ordem progressiva, nos seis cultivos sucessivos foram: 3,3; 3,2; 3,5; 3,4; e 2,4 t/ha. As respostas obtidas através dos anos para tratamentos individuais de P, são comparados na Figura 6 com as produções obtidas com a aplicação única de 176 kg de P/ha a lanço. O efeito residual desse último tratamento manteve os rendimentos próximos do máximo durante os cinco cultivos iniciais. Embora as aplicações de 22 e 44 kg de P/ha no sulco tenham sido paralizadas após o oitavo e quarto cultivos, respectivamente, os rendimentos foram semelhantes durante os cinco cultivos iniciais de milho. Apesar de conter as mesmas quantidades de P aplicado (176 kg/ha) os tratamentos recebendo 22 kg P/ha no sulco demonstraram maior efeito residual no útimo cultivo de milho que os tratamentos com 44 kg de P/ha no sulco. Os rendimentos obtidos com aplicações contínuas de 11 kg de P/ha no sulco só se aproximaram da produção máxima quando combinadas com as doses mais altas de P a lanço.

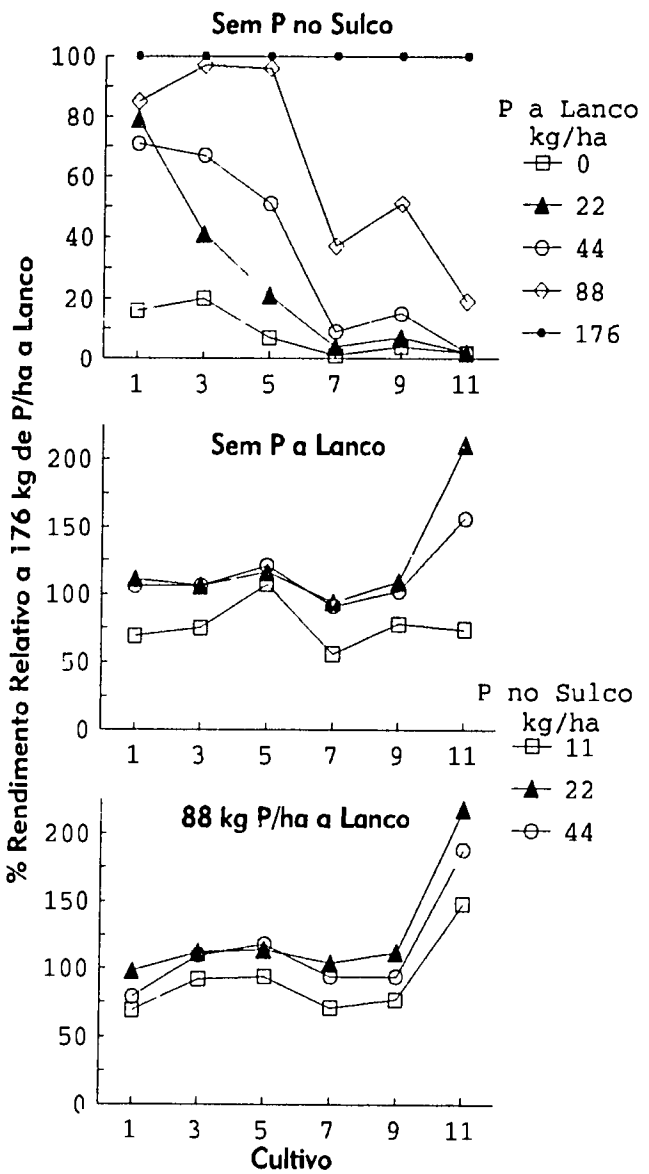


Figura 6. Rendimento de milho, cultivado em rotação com caupi, em função de doses de P no sulco de plantio, combinados com doses de P aplicados a lanço no primeiro cultivo.

Rendimentos de Caupi Os rendimentos máximos de caupi, nos cinco cultivos, variaram de 1,1 a 1,6 t/ha. Com o tempo de cultivo os rendimentos do caupi nos tratamentos a lanço demonstraram uma maior diminuição do efeito residual que o milho (Figura 7). Observou-se, tambem, maior resposta do caupi ao P aplicado no sulco de plantio do que foi observado com o milho. Nos quatro cultivos iniciais de caupi os rendimentos com 44 kg de P/ha no sulco ultrapassaram as produções obtidas com 176 kg de P/ha a lanço em até 40%, enquanto que no milho esse aumento foi de apenas 12% em número iqual de cultivos.

Rendimentos de Amendoim Foi feito um único cultivo de amendoim em 1987, aproveitando o efeito residual do P aplicado em cultivos anteriores. Os dados de rendimento e os teores foliares de P encontram-se na Tabela 7. A aplicação de P aumentou o rendimento de

Tabela 7. Rendimento de grãos e teores foliares de P em amendoim (var. "Tatu Vermelho") em função do efeito residual de doses de P aplicados a lanço e no sulco de plantio durante cinco anos de cultivos anteriores com milho e caupi.

	P Total No Sulco[2] (kg/ha)							
Total A	0		132		176		176	
Lanco[1]	Rend.	P Foliar	Rend.	P Foliar	Rend.	P Foliar	Rend.	P Foliar
kg/ha	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%	t/ha	%
0	0,5	0,12	1,1	0,16	1,8	0,28	1,4	0,23
22	0,5	0,12	1,5	0,20	1,8	0,28	1,9	0,22
44	0,5	0,14	1,3	0,16	1,9	0,20	1,6	0,21
88	0,9	0,16	1,7	0,23	2,0	0,30	2,0	0,27
176	1,5	0,19	1,7	0,26	2,1	0,31	2,3	0,26

[1] Aplicado antes do primeiro cultivo em 1981.
[2] Correspondendo a aplicações de 11, 22 e 44 kg de P ha^{-1} em 11, 8 e 4 cultivos anteriores.

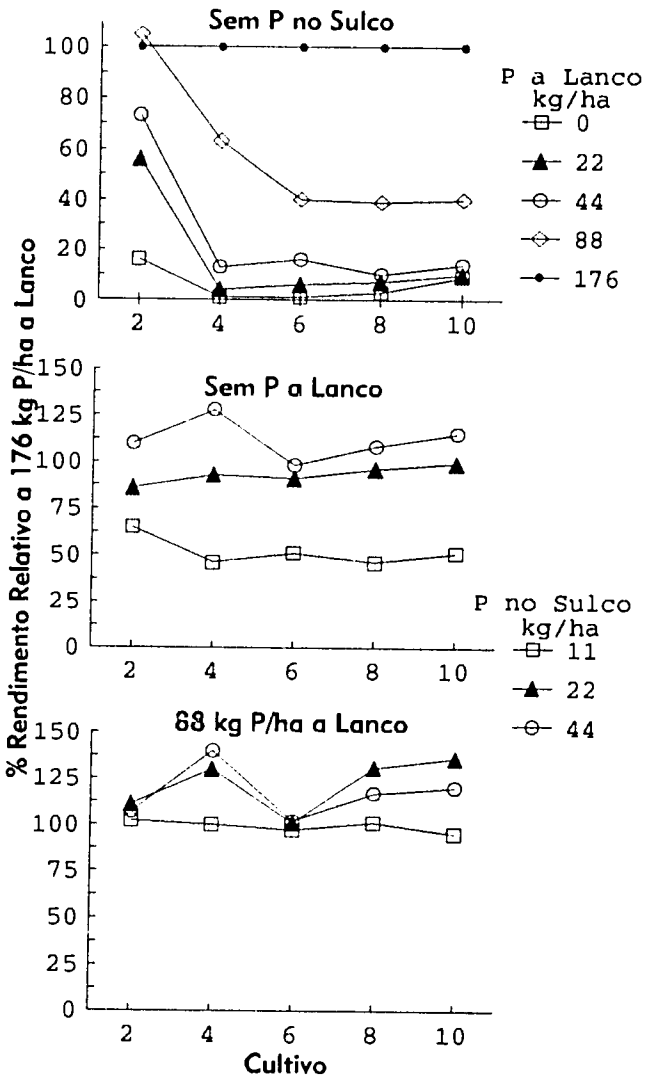


Figura 7. Rendimento de caupi, cultivado em rotação com milho, em função de doses de P no sulco de plantio, combinados com doses de P aplicadas a lanço no primeiro cultivo.

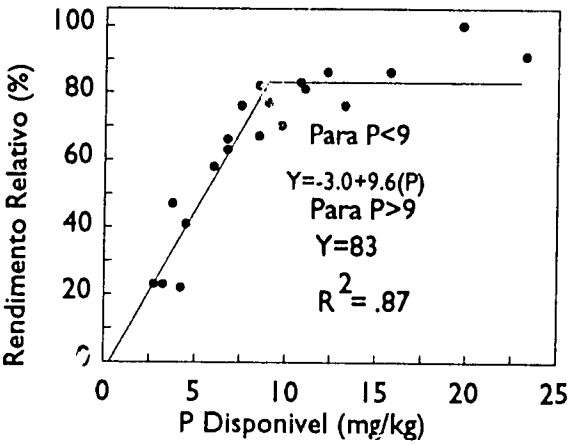


Figura 8. Relacionamento entre rendimento relativo de amendoim e P disponível no solo.

graos sem casca de 0,5 sem P para 2,3 t/ha, com o nível máximo. O nivel crítico de P no solo, com o extrator Mehlich 1, foi 9 mg/kg (Figura 8). Usando processos semelhantes de regressão nos cultivos anteriores de milho e caupi, Smyth & Cravo (1990) estabeleceram níveis críticos de 6 e 8 mg/kg para essas culturas, respectivamente.

Dinâmica da Disponibilidade de P no Solo As mudanças nos teores de P extraído do solo pela solução Mehlich 1, nos tratamentos que receberam somente P a lanço em 1981, são compatíveis com as reduções observadas nos seus efeitos residuais com milho e caupi (Figura 9). O nível de P disponível com a aplicaçao de 44 kg de P/ha só exedeu o valor crítico para o milho no primeiro cultivo. Com a aplicação de 88 kg de P/ha, o P no solo foi adequado para três cultivos da rotação milho-caupi-milho. Com 176 kg de P/ha o P no solo manteve-se acima dos valores críticos para milho e caupi durante todo o período experimental (seis anos). A maior exigência em

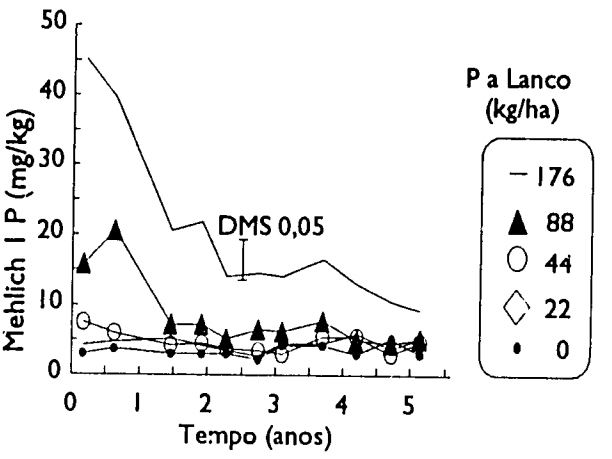


Figura 9. Fósforo disponível no solo, em função de doses de P aplicadas a lanço no início do experimento e o tempo de cultivo.

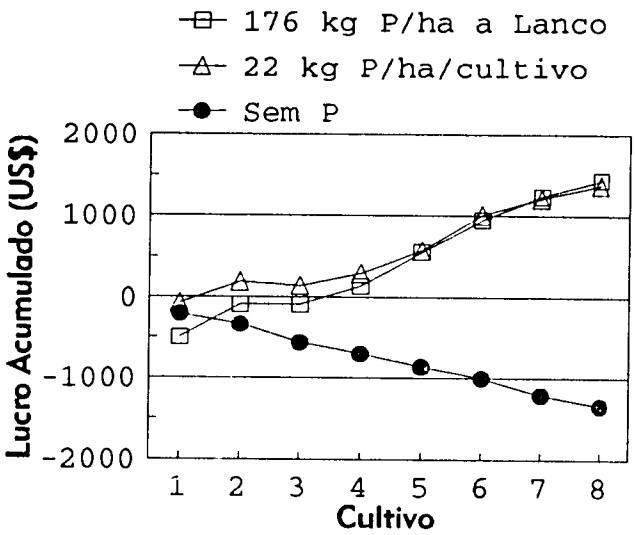


Figura 10. Avaliação econômica de fertilização fosfatada na rotação de milho e caupi em Latossolo Amarelo muito argiloso de Manaus.

P disponível para caupi do que o milho está de acôrdo com a acentuada diminuição dos rendimento com o tempo nos tratamentos de P a lanço e a mais elevada resposta da leguminosa ao P aplicado no sulco.

Considerações Econômicas A Figura 10 compara a lucratividade de três estratégias de adubação com P nos oito cultivos iniciais. Sem P, o rendimento não excedeu 0,2 t/ha no primeiro cultivo de milho. Os aumentos do déficit econômico nesse tratamento decorreram, em parte, da adição de outros nutrientes além do P. Os rendimentos acumulados com 176 kg de P/ha a lanço ou com oito aplicaçoes sucessivas de 22 kg de P/ha no sulco atingiram o mesmo plateau de 17 t/ha. A despeito da similaridade dos lucros entre esses tratamentos, após oito cultivos, aplicações no sulco foram mais vantajosos durante os quatro cultivos iniciais devido a um melhor parcelamento dos custos do fertilizante entre todos os plantios. Aplicações frequentes de níveis moderados de P no sulco são mais compativeis com as possibilidades econômicas e o sistema manual de cultivo dos pequenos agricultores da região.

A maior produção de grãos (28 t/ha) foi obtida com a aplicação de 264 kg de P/ha, contendo 88 kg/ha aplicados inicialmente a lanço e oito aplicações sucessivas de 22 kg/ha. Outra estratégia atrativa foi a aplicação no sulco de 22 kg de P/ha aos oito cultivos iniciais (total de 176 kg/ha), dando uma produção total correspondendo a 86% da produção máxima.

Resposta ao Potássio

Os rendimentos acumulados de grãos de 18 cultivos sucessivos em função de níveis de K encontram-se na Tabela 4. O K só não foi aplicado no primeiro, quarto e 16° cultivo, dando uma media de 19, 39 e 78 kg de K/ha/cultivo. Até os 15° cultivo o tratamento K_0 testava apenas o efeito da reaplicação dos resíduos de arroz e soja, exportados durante a colheita para os demais tratamentos, sem adubação adicional. A redução do nível de K de 50 para 25 kg/ha diminuiu a produção total de grãos em 7,7 t/ha, mas a resposta média em produção por unidade de K por cultivo manteve-se em torno de 20 kg/kg de K/cultivo. Na Figura 11 são mostradas as respostas aos tratamentos de K em cada cultivo. Nota-se que não houve vantagem em rendimento para nenhuma cultura com dose maior que 50 kg/ha. Em geral a dose ótima para milho e soja foi de 50 kg/ha, enquanto que para o caupi essa dose foi de 25 kg/ha. Os dados de análise de solo indicaram que o decréscimo dos rendimentos com 100 kg de K/ha estavam relacionados com reduções na saturação de Mg para menos de 5% da capacidade de troca efetiva. Entretanto, respostas aos tratamentos de Mg, que recebiam 50 kg de K/ha, ocorreram somente em cultivos de caupi após a incoporação de residuos de milho elevar o K no solo a valores superiores a 0.2 cmol(+)/L. Em outro experimento determinou-se que o nível crítico de K no solo para o milho seria em torno de 0,1 cmol(+)/L (Smyth & Bastos, 1986). Devese mencionar, também, que levantamentos realizados em cultivos de milho em 1988 e 1989 mostraram uma sensível redução no número de plantas acamadas com o aumento do nível de K aplicado.

Resposta ao Nitrogênio

Os dados de rendimentos acumulados em função de três tratamentos de N encontram-se na Tabela 4. Obteve-se diferenças em redimento sómente para o milho. Rendimentos de cultivos individuais de milho para N encontram-se na Tabela 8. Dentro da faixa de 40 a 120 kg de N/ha não houve aumento de produção nos dois cultivos iniciais de milho. Com uma subsequente redução nas doses de N os rendimentos no terceiro e quarto cultivo aumentaram com a aplicação de 80 kg de N/ha. Já nos últimos cultivos as necessidades de N aumentaram para 120 kg de N/ha. Essas respostas a doses variadas de N sugerem que as aplicações do fertilizante devem ser aumentadas progressivamente de 40 a 120 kg de N/ha, no

Tabela 8. Resposta do milho a doses de N em seis anos consecutivos de cultivo contínuo.

N	Cultivo De Milho					
Aplicado	1984	1985	1986	1987	1988	1989
kg/ha	----------t/ha----------					
20	--	--	1.5	1.5	--	--
40	2.7	2.2	1.7	1.7	--	--
80	2.5	1.8	2.7	2.2	2.0	2.8
120	2.9	2.3	--	--	2.2	3.1
160	--	--	--	--	2.0	3.2

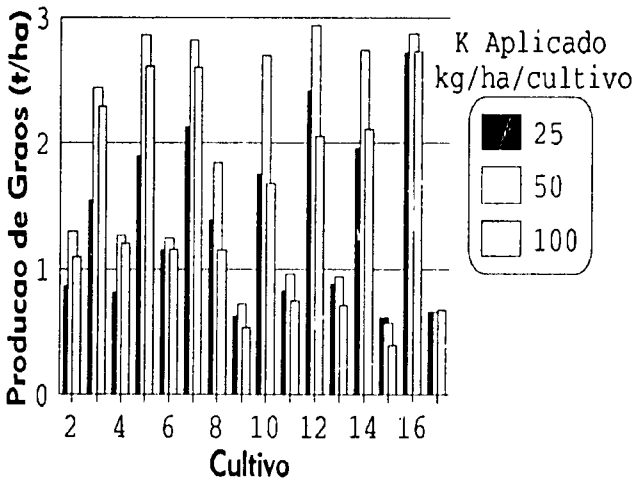


Figura 11. Rendimentos de grãos de soja, milho e caupi em função de três níveis de K aplicados em Latossolo Amare'o muito argiloso.

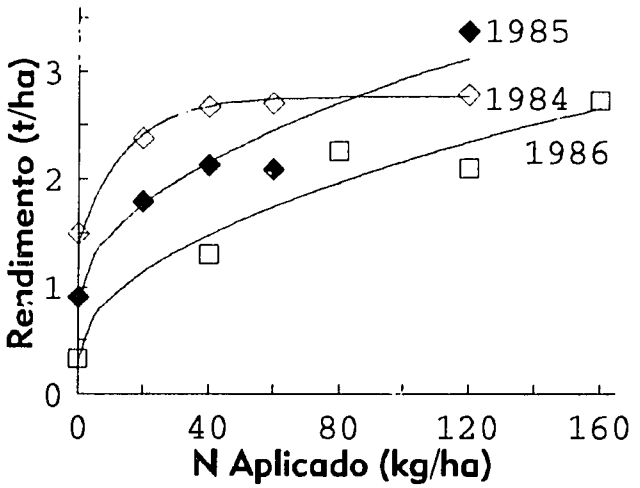


Figura 12. Rendimento de grãos de milho em função de doses de N em três anos consecutivos.

período de seis anos de cultivo contínuo.

Em 1984 foi instalado um experimento com doses crescentes de N para caracterizar melhor a curva de resposta do milho. Os rendimentos para três anos sucessivos são mostrados na Figura 12. Nos dois anos iniciais o N foi aplicados em três parcelas iguais, na época de plantio, aos 25 e 55 dias após o plantio (DAP). No terceiro cultivo aumentou-se as doses de N até 160 kg/ha e aplicou-se todo o fertilizante a lanço na época do plantio. No primeiro cultivo obteve-se resposta somente à dose mais baixa de N (20 kg/ha). Em cultivos subsequentes observa-se respostas crescentes ao N e uma redução progressiva dos rendimentos na ausência de N aplicado em cada cultivo. Essa tendência é indicativa do decréscimo no suprimento de N nativo do solo com o tempo de cultivo e está de acordo com a necessidade de aumentar a dose de N com cultivos sucessivos de milho (Tabela 8).

Considerou-se importante avaliar o parcelamento do fertilizante nitrogenado, levando-se em conta os períodos de maior demanda pela cultura, a fim de aumentar a eficiência de utilização do N aplicado. Os tratamentos consistiram de um arranjo fatorial de três níveis de N (40, 80 e 120 kg/ha) aplicados em cinco modos diferentes. Uma testemunha sem N foi incluida como tratamento adicional. O N foi aplicado de uma vez ou parcelando-se as doses em duas ou três partes iguais. Tratamentos com uma única aplicação foram: 1) no sulco ao plantio (1-0-0) e 2) aos 25 DAP (0-1-0). Tratamentos com doses parceladas duas vezes foram: 3) aplicações precoces com metade ao plantio e metade aos 25 DAP (½-½-0) e 4) aplicações tardias com metade aos 25 e 55 DAP (0-½-½). No tratamento com N parcelado em três vezes (5) aplicou-se o N ao plantio e aos 25 e 55 DAP (1/3-1/3-1/3).

Em dois cultivos consecutivos de milho não houve interação significativa para cultivos com tratamentos, doses de N, época de aplicação ou parcelamento de N sobre as variáveis mensuradas. Observou-se um aumento linear no rendimento e absorção de N quando consideradas as média das épocas de aplicação de N. Como se observa na Figura 13, não houve vantagem de rendimento de grãos pelo parcelamento das doses em múltiplas aplicações. Contudo, rendimentos entre tratamentos com aplicações únicas foram aumentados significativamente quando a aplicação foi retardada do plantio (1-0-0) para 25 DAP (0-1-0). Em relação à época e parcelamento do N aplicado, houve uma tendência de aumentar o rendimento quando a maior proporção da dose foi concentrada nos últimos dois períodos de aplicação.

Resposta a Micronutrientes

Durante 18 cultivos sucessivos observou-se somente resposta ao Cu (Tabela 4). Nota-se que houve um aumento de rendimento acumulado de 7 t/ha com o uso de 3 kg de Cu/ha. Em outro experimento com micronutrientes no mesmo solo, não se observou respostas significativas, ao nível de 5%, em produção de milho ou caupi (Tabela 9). Contudo, foram observadas tendências constantes de resposta do milho ao B e Zn e do caupi ao B. Embora do ponto de vista estatístico esses aumentos não tenham significado, do ponto de vista econômico, a aplicação de 1 kg de B/ha de 3 em 3 anos daria um rendimento anual de 4,6 sacos (60 kg) de milho e 1,6 sacos de caupi. Já a aplicação de 10 kg de Zn/ha com igual frequência daria um aumento anual de 9,6 sacos de milho/ha. Considerando-se os preços dos produtos e dos adubos e a baixa frequência de aplicações, o uso desses micronutrientes torna-se economicamente rentável e recomendável aos produtores nessa região.

ADUBAÇÃO VERDE

O acesso e uso de fertilizantes nessa região é, frequêntemente, limitado por seu custo e probre infraestrutura. Sob tais condições, o suprimento de N fixado biologicamente por leguminosas, às culturas não

Tabela 9. Rendimento relativo de milho e caupi em função de níveis de micronutrientes aplicados em Latossolo Amarelo muito argiloso da região de Manaus.

TRATA-		MILHO				CAUPI			
MENTO	DOSE	83	84	85	86	83	84	85	86
	kg/ha	Rendimento relativo (%)*							
Test.	0	100	100	100	100	100	100	100	100
B	0	96	102	101	106	102	100	99	111
B	1	94	138	105	115	105	108	106	115
Cu	0	79	111	104	112	91	102	89	109
Cu	2	98	126	95	112	109	108	94	114
Mn	0	86	127	98	122	97	100	88	104
Mn	10	100	127	91	127	90	97	78	107
Zn	0	109	111	93	117	93	106	94	110
Zn	10	97	140	131	127	96	105	95	108
Compl.	[a]	87	146	112	118	100	103	99	116
Compl.	[b]	109	114	100	120	102	115	89	114
DMS 0,05:	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	

Os rendimentos do tratamento testemunha em t ha^{-1} foram os seguintes:
Milho- (1983) 2.7; (1984) 2.0; (1985) 2.8; (1986) 2.5
Caupi- (1983) 1.5; (1984) 1.4; (1985) 1.1; (1986) 0.9

[a] Níveis intermendiários de todos os micronutrientes nas doses de 0,5; 1; 5 e 5 kg/ha de B, Cu, Mn e Zn, respectivamente. Essas doses foram também usadas nos tratamentos avaliando cada nicronutriente.

[b] Micronutrientes aplicados nas doses de 1, 2, 10 e 10 kg/ha de B, Cu, Mn e Zn, respectivamente.

leguminosas sucedâneas, torna-se uma importante alternativa de manejo (Yost *et al*, 1985). Por outro lado uma das principais dificuldades para a prática de adubação verde por pequenos produtores nos trópicos é a energia despendida para incorporação do material leguminoso ao solo (Wilson & Lal, 1986). Diante de tais fatos foram instalados experimentos para avaliar 1) a capacidade de suprimento de N por leguminosas ao milho, em substituição ao N mineral, e 2) avaliar a influencia do manejo da leguminosa, como adubo verde ou cobertura morta, sobre o rendimento posterior de milho.

No experimento avaliando respostas do milho a doses crescentes de N como uréia (Figura 12) foram incluídos três tratamentos visando comparar o N fornecido por a) resíduos de caupi, após a colheita dos grãos, e coberturas de b) *Mucuna aterrima* e c) *Indigofera tinctoria* cortadas e incorporadas por ocasião da floração média (aproximadamente 100 DAP). A produção de biomassa, o N fornecido na biomassa, o rendimento de milho e as quantidades de N mineral necessário para se obter produções semelhantes de milho na Figura 12 encontram-se na Tabela 10. No primeiro cultivo, não houve diferença entre as leguminosas no rendimento de milho, obtendo-se produções equivantes ao obtido com 39 kg de N/ha na forma de uréia. Não se observou diferenças na produção de milho entre os tratamentos de indigofera e caupi em todos os cultivos, mas os rendimentos com a mucuna superaram as outras leguminosas no segundo e terceiro cultivo. Em cada cultivo sucessivo os rendimentos de milho e a equivalência do N fornecido pela indigofera e caupi à uréia diminuiram, enquanto que, com a mucuna os rendimentos de milho permaneceram estáveis e a sua equivalência à uréia aumentou. Embora o caupi não tenha fornecido os maiores rendimentos de milho, deve ser considerado que essa leguminosa também proporcionou um retorno adicional de 1,8 t/ha de grãos

Tabela 10. Produção de matéria sêca e N fornecido pela biomassa, rendimento de milho e N mineral (uréia) necessário para se obter produções semelhantes de milho por três leguminosas incorporadas ao solo antes do plantio de milho.

LEGUMI-		BIOMASSA		Rend. De	Equiv. De
NOSA	ANO	MAT. SECA	N	MILHO	URÉIA
		t/ha	kg/ha		
Mucuna	1984	7.1	168	2.6	39
	1985	7.0	254	2.6	73
	1986	10.7	232	2.2	109
Média		8.2	218	2.5	74
Indigofera	1984	6.2	152	2.8	39
	1985	3.2	91	1.9	22
	1986	4.6	77	1.1	18
Média		4.7	107	1.9	26
Caupi	1984	1.4	32	2.6	39
	1985	0.3	7	1.7	22
	1986	1.3	24	1.1	18
Média		1.0	21	1.8	26

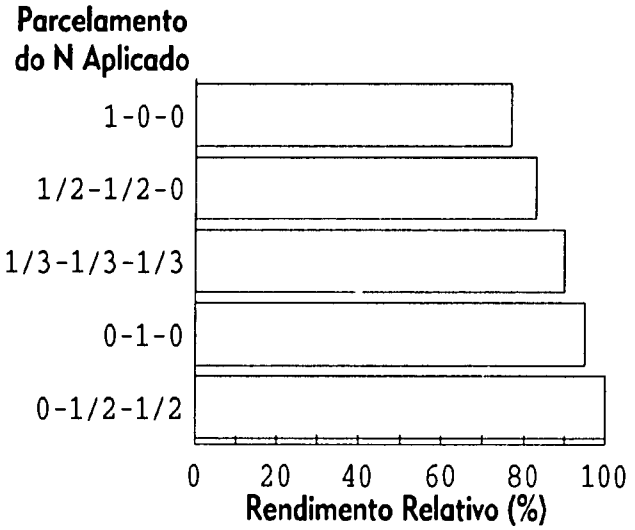


Figura 13. Rendimento relativo de grãos de milho em função da época e parcelamento do N aplicado. Valores médios de dois cultivos e três doses de N.

nos três anos do experimento.

O efeito do manejo da mucuna (cobertura morta versus incorporação) sob o rendimento posterior de milho foi comparado em outro estudo com dois tratamentos sem leguminosa mas com ou sem a aplicação de N mineral ao milho. Os rendimentos de grãos e acúmulo de N em três cultivos de milho encontram-se na Tabela 11. A média da biomassa seca de mucuna em 1984, 1985 e 1986 foi 8,4; 5,8; e 9,8 t/ha, respectivamente, contendo um total de 278, 222 e 263 kg de N/ha. As produções de milho em cultivos sucessivos, na ausência de N, sugerem uma progressiva redução do fornecimento de N nativo do solo. Embora o N acumulado pelo milho tenha sido mais alto quando a mucuna foi incorporada em relação a cobertura morta, as médias dos rendimentos de grãos não mostraram vantagens para a incorporação. O rendimento de milho com a incorporação de mucuna só foi superior estatisticamente à cobertura morta em 1985. Esses dados indicam que o uso de adubo verde como cobertura morta pode ser uma alternativa favorável para agricultores que não dispõem de tratores ou mão-de-obra suficiente para incorporação da leguminosa. Embora o controle de ervas daninhas não tem sido uma das variáveis avaliadas nesse estudo, notou-se claramente que a população de ervas daninhas foi mais baixa nos tratamento de cobertura morta em todos os anos.

PRÁTICAS DE MANEJO RECOMENDÁVEIS

Os dados obtidos, ao longo de nove anos das pesquisas, fornecem um embasamento para algumas recomendações práticas que podem permitir o cultivo contínuo de uma mesma área, com o uso de insumos. Desta forma é importante considerar os seguintes pontos:

Acompanhamento da fertilidade do solo- o acompanhamento do nível de fertilidade do solo é, talvez,

Tabela 11. Rendimento de grãos e absorção de N pelo milho em função de dose de uréia e manejo (incorporação versus cobertura morta) da mucuna.

	Rendimento De GRÃOS				N Absorvido			
Tratamiento	84	85	86	Media	84	85	86	Media
	t/ha				kg/ha			
Testem.[a]	2,3	1,1	0,4	1,3	56	44	20	40
Uréia[b]	2,5	1,8	1,8	2,0	69	50	66	62
Incorporação	3,2	2,2	1,7	2,4	82	65	73	73
Cobertura	2,9	1,4	1,3	1,9	70	47	55	57
Média	2,6	1,4	1,1		69	47	44	
DMS 0,05:								
Tratamento		0,6				13		
Ano		0,2				7		
Trat. x Ano		0,5				17		

[a] Sem N mineral ou leguminosa.
[b] Doses de N foram 80 kg/ha para o primeiro e segundo cultivo e 120 kg/ha para o terceiro.

a ferramenta mais importante a ser utilizada em sistema de cultivo contínuo, pois permite prevenir o aparecimento de possíveis deficiências nutricionais e fornece informações para aplicação adequada de nutrientes.

Uso de culturas em rotação- na rotação de culturas deve-se fazer um ou dois cultivos de leguminosas entre um e outro plantio de gramíneas. Essa prática, além de quebrar o ciclo de insetos e doenças, diminui os custos com adubação nitrogenada.

Deixar os restos culturais no campo- a permanência dos restos de cultura no campo representa uma economia de fertilizantes, principalmente de K e N, os quais se encontram no material vegetal e serão utilizados pela cultura subsequente.

Usar fertilizantes e corretivo de forma correta quanto a quantidade, época e forma de aplicação- O acompanhamento dos problemas nutricionais que ocorrem após a derrubada e queima de uma área em Latossolo Amarelo permitiram identificar que: a partir do primeiro cultivo há necessidade de aplicar N para gramíneas e P para todas as culturas; a partir do segundo, K; a partir do terceiro, o calcário; e, a partir do quinto cultivo, deve ser aplicado Cu a fim de manter elevada a produtividade das culturas.

A Tabela 12 contém as recomendações de calcário e fertilizantes baseadas nas pesquisas em Manaus.

PLANOS PARA O FUTURO

Todos os experimentos neste trabalho foram ou serão concluídos até of final de 1990. Entretanto, os trabalhos de manejo em solos tropicais apenas começaram em Manaus porque ainda faltam informações para o outro tipo de solo predominante na região, o Podzólico Vermelho-Amarelo. É necessario que também sejam iniciadas pesquisas neste tipo de solo.

Os atuais dados devem ser compilados, em conjunto com dados obtidos por outras entidades brasileiras e

Tabela 12. Necessidades de fertilizantes e corretivo para cultivo contínuo de arroz, milho, caupi, soja e amendoim em rotação anual em Latossolo Amarelo muito argiloso.

ADUBO* E CORRETIVO	DOSE	FREQUÊNCIA	FORMA DE APLICAÇÃO
Calcário	1 t/ha	De 3 em 3 anos ou quando a Sat. de Al exeder 20% para milho e soja ou 58% para caupi	A lanco e incorporado 30 dias antes do plantio
N	40-120 kg/ha	Somente para gramíneas	Parcelado em 2 aplicações aos 25 e 55 dias após o plantio ou toda a dose aos 25 dias
P	50 kg/ha	Em todos os cultivos	No sulco de plantio
K	50 kg/ha	Em todos os cultivos	A lanço ou no sulco
Cu	1 kg/ha	De 3 em 3 anos	A lanço, junto com outros nutrientes
Zn	10 kg/ha	De 3 em 3 anos	A lanço, junto com outros nutrientes
B	1 kg/ha	De 3 em 3 anos	A lanço, junto com outros nutrientes
Mo	20 g/ha	Somente em leguminosas, de 3 em 3 anos	Misturado com a semente

* Ca e Mg são supridos pelo calcário. Gesso pode ser usado como fonte de Ca para o amendoim na dosagem de 1 t ha^{-1}.

estrangeiras, em condições tropicais úmidas, para formarem uma base para a confecção de uma primeira aproximação de Tabela de Recomendação de Adubação e Calagem para o Estado do Amazonas. Por ocasião da confecção da Tabela seriam apontadas as necessidades prioritárias de pesquisas, a curto e longo prazos, uma vez que para a maioria das culturas e condições de solos do Estado existem poucos conhecimentos, a nível local.

Atualmente, com a criação do Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia, da EMBRAPA, em Manaus e, considerando os reclamos mundiais sobre a preservação da floresta Amazônica, o enfoque de pesquisa será direcionado para sistemas agroflorestais, objetivando, principalmente, o aproveitamento e recuperação das áreas já degradadas na região. Considerando que nos sistemas agroflorestais são envolvidas diversas culturas, torna-se necessário conhecer as exigências individuais dos componentes, principalmente nos aspectos de manejo do solo, a fim de torná-los auto sustentáveis e evitar que se convertam em outros agentes da degradação.

Os resultados de pesquisa nos trópicos úmidos têm demonstrado que não se pode extrapolar resultados de uma região para outra, como se fôsse "receita" mágica, capaz de resolver os problemas de manejo, tornando os sistemas sustentáveis. Considerando o futuro enfoque de atividades a serem desenvolvidas em Manaus, pode-se adiantar alguns tipos de pesquisas, que serão necessárias, para implementar tais sistemas:

-Seleção de leguminosas tolerantes à condições de elevada acidez e baixa fertilidade, para fins de adubos verdes, cobertura do solo e forragem;

-Recuperação de áreas degradadas com baixos e altos insumos, para utilização de forma econômica e ecológica;

-Adubação de culturas perenes e semi-perenes de interesse comercial em sistema de cultivo solteiro e consorciado; e

-Avaliação da economicidade de sistemas agroflorestais.

LITERATURA CITADA

Cochrane, T.T. & Sanchez, P.A. Land resources, soil and their management in the Amazon region: a state of knowledge report. En HECHT, S. (ed). Amazonia: agriculture and land use research: proceedings. Cali, CIAT, p.137-209, 1982.

Cochrane, T.T., Salinas, J.G. & Sanchez, P.A. An equation for liming acid mineral soils to compensate crop aluminum tolerance. Trop. Agric. (Trinidad) 57:133-140, 1980.

EMBRAPA - Métodos de análise de solos e calcários - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Rio de Janeiro. Boletim Técnico nº 55. 32p. 1979.

EMBRAPA-Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Manaus. Boletim Agrometeorológico, 6, 1985. EMBRAPA-UEPAE de Manaus. Manaus, Brasil, 1987.

EMBRAPA-Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Manaus. Relatório Técnico Bienal da Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Manaus, 1984-1985. Manaus. 302p. 1989.

Pires, J.M. Tipos de vegetação que ocorrem na Amazônia (mimeografado). Trabalho apresentado no Simpósio sobre a Biota Amazônica. s.n.t., 1984.

RADAMBRASIL. Ministério das Minas e Energia. Dep. Nac. de Prod. Mineral. Folha SA 21 - Santarém. Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Uso Potencial da Terra. Rio de Janeiro.

(Projeto RADAMBRASIL, Lev. de Rec. Nat., Vol. 101). 1974.

Rodrigues, T.E.; Reis, R.S.; Marikawa, I.K.; Falesi, I.C. & Silva, B.N.R. Levantamento detalhado dos solos do IPEAAOc. MA. DNPEA - Instituto de Pesquisas Agropecuárias da Amazônia Ocidental (IPEAAOc). Boletim Técnico nº 1, 63p., 1972.

Sanchez, P.A. & Salinas, J.G. Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in Tropical America. Adv. Agron. 34:281-283. 1981.

Sanchez, P.A. & Uehara, G. Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity. En Khasawneh, F.E., Sample, E.C. & Kamprath, E.J. (ed). Phosphorus in agriculture. Soil Sci. Soc. Am. Madison, WI, U.S.A. p.471-514, 1980.

Sanchez, P.A.; Villachica, J.H. & Bandy, D.E. Soil fertility dynamics after clearing a tropical rainforest in Peru. Soil Sci. Soc. Am. J. 47:1171-1178, 1983.

Smyth, T.J. & Bastos, J.B. Adubação potássica para milho e caupi em Latossolo Amarelo álico do Estado do Amazonas. En EMBRAPA-CPATU (ed). Simpósio do Trópico Úmido, I., Belem, 1984. Anais. Belem, EMBRAPA-CPATU, 6v. (EMBRAPA-CPATU, Documentos, 36). p.173-181, 1986.

Smyth, T.J. & Bastos, J.B. Alterações na fertilidade de um Latossolo Amarelo álico pela queima da vegetação. Rev. Bras. Cienc. Solo 8:127-132, 1984.

Smyth, T.J. & Cravo, M.S. Critical phosphorus levels for corn and cowpea in a Brazilian Amazon Oxisol. Agron. J. 82:309-312, 1990.

Wilson, G.F. & Lal, R. New concepts for post-clearing land management in the tropics. En Lal, R.; Sanchez, P.A. & Cummings Jr., R.W. (ed). Land clearing and development in the tropics. A.A. Balkema, Accord, MA. p.371-381, 1986.

Yost, R.S.; Evans, P.O. & Saidy, N.A. Tropical legumes for N production: growth and N content in relation to soil pH. Trop. Agric. (Trinidad) 62:20-24, 1985.

Manejo de Suelos con Cultivos Continuos en los Trópicos Humedos del Peru

Julio C. Alegre[1], Pedro A. Sánchez[2] y T.Jot Smyth[2]

INTRODUCCION

El uso de cultivos continuos en los suelos ácidos y bien drenados de los trópicos húmedos es, en muchas formas, un sistema muy atractivo especialmente cuando se quiere producir alimentos en menos tierras. De esta forma se pueden conservar los recursos forestales naturales mediante el desarrollo de una agricultura estable.

Investigaciones realizadas desde el año 1972 en Ultisoles de los trópicos húmedos del Perú, Yurimaguas, han demostrado que el uso efectivo de fertilizantes y cal puede aumentar los rendimientos de los cultivos en los suelos ácidos e infértiles (Sánchez *et al.*, 1982b). Respuestas similares se han obtenido en Oxisoles de Manaus durante 10 cultivos consecutivos manteniéndose los rendimientos sostenibles (Smyth *et al.*, 1987). También se han estudiado formas apropiadas de desmonte, así como el manejo posterior en Ultisoles de Yurimaguas. Se ha encontrado que el sistema tradicional de corte y quema produce menos daño que el sistema mecanizado seguido por el desmonte con hoja KG, quema y subsiguiente arado profundo (Seubert *et al.*,1977; Alegre *et al.*, 1986a). Es posible la recuperación de suelos compactados por efectos del desmonte mecanizado a las continuas pasadas de tractor mediante el arado y subsolado profundo (Alegre *et al.*,1986b; 1988). Sin embargo, antes de que esta tecnología sea aplicada en países en desarrollo es necesario que se adapte a las condiciones económicas, sociales y ambientales.

Para que un sistema sea estable debe superar varias limitantes relacionadas al suelo. El clima tropical húmedo con patrones de lluvias intensas seguida por períodos secos promueve la erosión del suelo y el estrés de agua en los cultivos. La mayoría de los suelos están sujetos a la lixiviación de los nutrientes por efectos de las intensas lluvias.

Las malezas tropicales generalmente son controladas con barbechos largos y con cultivos continuos. El uso de hierbicidas es factible en cultivos competitivos tales como el maíz, soya, maní, descártandose el arroz de altura (Mt.Pleasant *et al.*, 1990).

Los objetivos específicos de este trabajo son: 1) obtener registros a largo plazo de intensidades de lluvias y relacionarlo con el manejo del suelo bajo sistemas de cultivos continuos; 2) examinar la compactación causada por las pasadas del tractor y cuantificar o detectar sus efectos en la reducción de los rendimientos; 3) investigar el uso del subsolado y camellones sobre los rendimientos; y 4) determinar la posibilidad de incorporar prácticas de labranza mínima y cero a un sistema de cultivo continuos y comparar sus efectos en las propiedades físicas y químicas del suelo comparado con el sistema convencional de labranza.

Todos los resultados obtenidos en experiencias previas y en experimentos simultáneos en los Ultisoles de Yurimaguas, están permitiendo el manejo del experimento central de cultivos continuos cuyo objetivo principal es el de mantener en forma demostrativa un sistema de cultivos continuos basados en encalado y fertilización con rendimientos sostenibles y un adecuado mantenimiento de las propiedades físicas y químicas del suelo mediante un seguimiento de sus cambios en el tiempo.

MATERIALES Y METODOS

Características del Lugar

El experimento se conduce en la Estación Experimental de Yurimaguas (Latitud 5°45'S, Longitud 76°05'O, a 182 msnm). La precipitación anual promedio es de 2200mm anual (Figura 1). Los meses de junio, julio y agosto son los más secos, siendo los otros 9 meses más húmedos y en los que generalmente, la precipitación excede la evapotranspiración potencial. La temperatura media anual es de 26° C (máxima 31 y mínima 21° C) con poca variación mensual o diaria.

El suelo usado es un Typic Paleudult, franco arenoso silíceo, isohipertérmico. Con el sistema de clasificación de acuerdo a su capacidad de fertilidad (Sánchez *et al.* 1982a) el suelo es designado como Llak con una capa arable franca y problemas potenciales con toxicidad de Al y baja disponibilidad de K. La vegetación incial de 1972 fue un bosque secundario de 17 años desmontado en forma tradicional (corte y quema) y se manejó en forma continua con varios sistemas y niveles de fertilidad hasta el año 1985 (Seubert *et al.*, 1977; Sánchez *et al.*, 1982b; McCollum *et al.*, 1987).

Descripción de los Tratamientos y Diseños

Las cantidades e intensidades de lluvias se están midiendo en un pluviómetro tipo balde con registros en bandas semanales. El diagnóstico de traficabilidad se hizo probando diferentes pasadas del tractor en diferentes texturas y contenidos de humedad, tanto en un suelo de textura franco arenosa (20% arcilla, 60% arena) y en otro suelo de textura arena franca (10% arcilla, 80% arena). El diseño usado fue el de parcelas divididas con tres niveles de humedad y 0, 1, 2, 3, 4, 5 y 10 pasadas de tractor en 3 repeticiones.

[1]Profesor Asistente de SuelosNorth Carolina State University, Líder ProyectoSuelos Tropicales, Estación Experimental Yurimaguas, Loreto - Perú.
[2]Profesor de Suelos Coordinador, y Profesor Asistente de Suelos, Programa de Suelos Tropicales, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695-7619, USA.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos en el experimento de labranza convencional. Yurimaguas, Peru.

TRATAMIENTO	Subsolado	DESCRIPCION
Camas	Si	Camas espaciadas a 0.80m con subsolado (30cm de profundidad) simultáneo hechas con una pasada de tractor. Con otra pasada de tractor se niveó las camas y se sembró el maíz simultaneamente. Con la tercera pasada se aplicó hierbicida dual, 2 L/ha.
Camas	No	Similar a 1 sin subsolado.
Plano	Si	Con una pasada de tractor se subsolo a 0.80 m de profundidad. y a 30cm de profundidad. Con otra pasada se sembró el maíz y con una tercera se aplicó el hierbicida (Dual, 2 L/ha).
Plano	No	Similar a 3 sin subsolado.
Camas P en bandas	Si	Camas espaciadas a 0.80m con subsolado (30cm de profundidad) simultáneo hechos con una pasada de tractor. Con otra pasada de tractor se niveló las camas, se aplicó el P en bandas y se sembró el maíz. Con una tercera pasada se aplicó hierbicida (Dual, 2 L/ha).
Camas P en bandas	No	Similar a 5 sin subsolado.

También se probaron el efecto del subsolado, tanto en camas como en plano y sobre los rendimientos de maíz en un área que había sido compactada por efecto del desmonte con buldozer. El diseño usado fue el de bloques completamente al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones (Cuadro 1). En otro experimento se está comparando la labranza convencional con la labranza de conservación que incluye labranza cero y mínima con y sin subsolado en las líneas de siembra. El diseño usado fue el de bloques completamente al azar con 6 tratamientos y 3 repeticiones

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos en el experimento de labranza de conservacion. Yurimaguas, Perú.

TRATAMIENTO	Subsolado	DESCRIPCION
Sin labranza (SLS)	Si	Segado con bush-hog, tratado con herbicida (Dual y Paraquat 2 L ha^{-1}); y siembra con sembradora especial conjuntamente con el subsolado a 0.30m de profundidad. El subsolado para cada cultivo. El P y la cal se aplican al voleo sin incorporar.
Sin labranza (SL)	No	Similar a 1, sin subsolado.
Labranza mínima	Si	Segado con bush-hog, tratado con herbicida (dual y Paraquat 2 L /ha) y siembra con sembradora especial conjuntamente con subsolado. Cal y P son incorporados con una rastra cada 2 años. El subsolado fue hecho cada cultivo.
Labranza convencional	No	Similar a 3, sin subsolado.
Labranza convencional (LCS)	Si	a) Segado con bush-hog, b) volteado de suelo con arado de disco. c) discos camellandores y subsolado. d) niveladora de camellones con sembradoras. El subsolado se usó una vez al año. Control de malezas con herbicida Dual.
Labranza convencional	No	Similar a 5 sin subsolado.

(Cuadro 2).

En el experimento central de cultivos continuos, a partir de 1986, se están evaluando sólo dos tratamientos en un diseño de bloques al azar con 5 repeticiones: el control sin fertilización ni encalado y el completo con fertilización y encalado de acuerdo al análisis del suelo y requerimientos de los cultivos. Las parcelas evaluadas son de 10m de largo por 4m de ancho; el resto del área es manejado en forma homogénea como el tratamiento completo (área total = 1 ha). A partir de 1986 se evaluaron los cultivos continuos del número 32 hasta el 37.

El cultivo 32 fue soya (cv. Cristalino) sembrado a un distanciamiento de 0.75 x 0.2m; se aplicó 1 t/ha de dolomita, 36 kg de P/ha y 20 kg N/ha (las semillas fueron inoculadas con *Rhizobium*) y 83 kg K/ha. Los residuos provenientes del cultivo anterior fueron cortados con una segadora montada en un tractor de 65HP (bush-hog); después se pasó un arado de discos, se pasaron cultivadoras tipo barrenos a 30 cm de profundidad y rototiler. El cultivo fue sembrado con una sembradora (COLE) en líneas.

El cultivo 33 con maíz (cv. Marginal 28) fue sembrado con un nuevo equipo (KMC) para labranza convencional. Se aplicó 1 t/ha de cal, 4 kg Ca/ha y 4 kg de Zn/ha incorporados con un arado de discos. La preparación del campo siguió con 4 pasadas más de tractor, seguida por un cultivador tipo S (cola de chancho) con una rueda desterronadora en la parte de atrás. Después se hicieron camas con una camellanadora de discos (dos a la vez) con un distanciamiento de 0.90m entre camas, seguida por una placa niveladora de camas y sembradora; en forma simultánea se aplicó herbicida Dual 2 L/ha en una última pasada del tractor.

El cultivo 34 con maíz (cv. Marginal 28) fue sembrado a un distanciamiento de 0.80 x 0.20m y se aplicaron 100, 45 y 83 kg/ha de N, P y K, respectivamente. Los residuos provenientes del cultivo anterior fueron segados con una segadora montada al tractor y el resto de preparación del suelo hasta la siembra y aplicación de herbicida fue similar al cultivo 33.

El cultivo 35 con soya (cv. Júpiter), fue sembrado a un distanciamiento de 0.50 x 0.05m. Se aplicaron 3 t/ha de cal dolomítica y 36 kg P/ha. Los residuos del cultivo anterior fueron segados y después la cal se aplicó al voleo sobre la superficie del suelo usando un aplicador tipo GANDY montado al tractor; lo mismo se hizo con el P. Después se pasó la rastra de discos y el cultivador tipo S (cola de chancho) y se sembró en plano. Después se aplicó el herbicida Poast en una dosis de 2 L/ha. No se aplicó N y K. El cultivo 36 (cv. Marginal 28) fue sembrado en forma similar al cultivo 34. Se aplicó 120 kg N/ha y no se aplicó P ni K.

En marzo de 1988 el área total fue sembrada con una cobertura *(Mucuna cochinchinensis)*. La densidad de la mucuna fue de 10,000 plantas/ha (1 x 1m de distancia). Se deshierbó una sola vez en forma manual. La cobertura total se obtuvo después de 2 meses. En setiembre de 1988 la mucuna empezó a producir semilla y las plantas se murieron, pero las semillas que se dejaron, empezaron nuevamente a germinar resultando en una completa cobertura del suelo después de 1 mes. El 30 de mayo de 1989, la cobertura con mucuna (10 t/ha de biomasa total) fue cortada con una segadora montada al tractor e incorporada después de 2 días por medio de un arado de disco y seguido de una rastra de discos. El cultivo 37 con maíz (cv. Marginal 27) fue sembrado en forma similar al cultivo 36. Se aplicó 40, 45 y 67 kg/ha de N, P y K, respectivamente. El cultivo 37 se cosechó el 26 de setiembre de 1989.

Evaluación de Cultivos y Medidas del Suelo

Los rendimientos de los granos y rastrojos para el maíz y soya fueron medidos en un área central de $15m^2$ para cada parcela. Se tomaron submuestras para la determinación de la humedad para procesarlas y analizar los nutrientes. Se midieron raíces hasta 60cm de profundidad por el método del perfil (Bohm 1979). Se tomaron muestras de suelo a 3 profundidades (0-20, 20-40 y 40-60cm) después de cada cosecha. En el experimento de labranza de conservación la profundidades de muestreo superficiales fueron de 0-5, 5-10 y 10-20 cm. Los análisis químicos de suelo se hicieron en el laboratorio de la Estación Experimental usando las siguientes metodologías: pH, suelo/agua 1:25; acidez, Ca y Mg extraídos con KCl 1N; N total con destilación micro-Kjeldahl; P, K, Cu, Mn y Zn fueron extraídos con la solución modificada de Olsen ($NaHCO_3$ 0.5N + EDTA-SUPERFLOC 0.01N); y C orgánico se determinó según Nelson y Sommer (1975). En el extracto se hicieron las lecturas de K, Ca, Mg, Cu, Mn y Zn con el espectrofotómetro de absorción atómica. Todos los análisis químicos de suelos con la excepción de C y N total fueron hechos con base en volumen. La relación peso volumen para las profundidades de 0-20, 20-40 y 40-60 cm fueron 1.4, 1.5 y 1.5 g/cm^3, respectivamente.

Los análisis físicos consisten en la medida de la densidad aparente a 0-10 y 10-20cm de profundidad con cilindros Uhland de 345 cm^3 (Uhland, 1950). Se tomaron en varias posiciones, sobre la línea de siembra y en el tráfico de las llantas del tractor. También se tomó resistencia mecánica hasta los 60cm de profundidad usando un penetrómetro tipo cónico Modelo CN-970 con un diámetro de cono de 11.8 mm y un ángulo de 30° (Davidson, 1965).

La escorrentía y erosión del suelo se están midiendo en las parcelas de escorrentía de 10m de largo por 3.2m de ancho. Cada una de estas parcelas tiene bordes de madera en los tres lados para evitar la escorrentía entre la parcelas vecinas. En el lado abierto hay un sistema colector compuesto de canaletas que recepcionan el suelo erodado; los cilindros colectores de la escorrentía y erosión son medidos el día después de cada lluvia.

RESULTADOS Y DISCUSION

Caracterización de las Mayores Limitantes en un Sistema de Altos Insumos

Cantidad, distribución e intensidades de lluvias La precipitación total anual en 1986 fue de 2,746mm; en 1987 2,290; en 1988 1709· y en 1989 fue de solo 1,525mm. Si se comparan con el promedio anual de 35 años que es de 2,200mm se puede ver la gran variabilidad que existe de año a año (Figura 1). La distribución diaria también es muy variable de mes a mes. Desde octubre de 1986 hasta octubre de 1989 hubo varios eventos de lluvias largos e intensos, siendo el más intenso el de 55.9 mm/ha para una hora de lluvia. Estos eventos de lluvia son bastante erosivos, especialmente en los estados iniciales de crecimiento de los cultivos. El 50% de las lluvias durante este período provinieron de eventos intensos.

Traficabilidad Dependiendo del tipo de textura y del contenido de humedad del suelo, las respuestas van a ser diferentes.

Suelo Franco Arenoso: La densidad aparente después de las pasadas del tractor bajo diferentes contenidos de humedad es mostrada en el Cuadro 3. El mayor aumento ocurrió después de una pasada de tractor con el contenido más alto de humedad del suelo; no hubo mayor cambio con las subsiguientes pasadas.

El aumento de la densidad aparente causó un 10% de reducción en la porosidad total. El mismo patrón se dió para el rendimiento del maíz con una reducción del 50% (Cuadro 4) con sólo una pasada del tractor a 36% de humedad. En el tratamiento con el contenido más bajo de humedad (27.20%), no hubo cambios significativos para las diferentes pasadas del tractor. Para el 36% de humedad la relación entre el rendimiento del maíz y las pasadas del tractor fue una regresión cuadrática. Conforme el número de pasadas del tractor aumentaron los rendimientos de maíz fueron reducidos. Para una y tres pasadas de tractor hubo una regresión lineal entre rendimientos y diferentes contenidos de humedad del suelo. Conforme aumentó la humedad del suelo los rendimientos de maíz fueron reducidos linealmente ($r^2=0.99$).

La profundidad de la huella del tractor debajo de la superficie del suelo en función de las pasadas del tractor están dadas en la Figura 2. La profundidad de la huella fue mayor al nivel más alto de humedad del suelo y con una sola pasada del tractor, después no ocurrieron diferencias significativas con dos o tres pasadas del tractor. Para el 27% (capacidad de campo) de humedad del suelo, se impusieron tres pasadas adicionales de tractor (4,5 y 10 pasadas). Se puede ver que con 10 pasadas la profundidad de la huella debajo de la superficie fue similar a la de una pasada con el nivel más alto de humedad.

Suelo Arena Franca: La densidad aparente después de las pasadas del tractor para las diferentes humedades

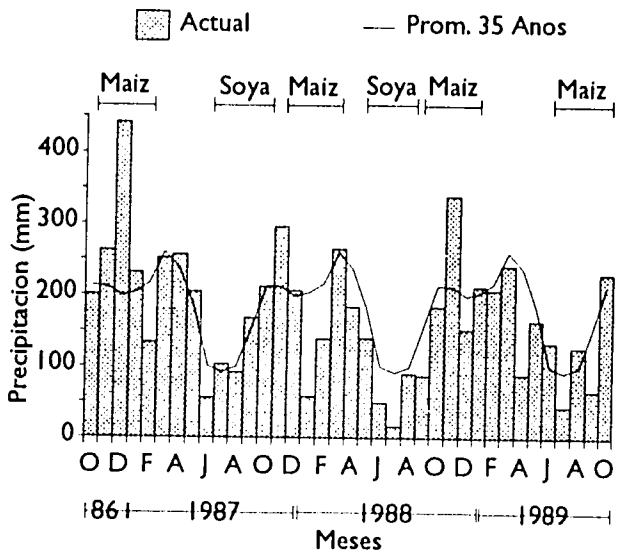


Figura 1. Precipitación mensual, y secuencia cronológica de seis cultivos de maíz y soya y promedios de precipitación mensual durante 35 años en un Ultisol de Yurimaguas, Perú.

Cuadro 3. Densidad aparente del suelo a 0-10 cm de profundidad después de las pasadas del tractor bajo diferentes humedades del suelo en un Ultisol franco arenoso. Yurimaguas, Perú.

Humedad Del Suelo	Pasada Del Tractor 0	1	2	3	Promedio
% por vol.	----------Mg/m³----------				
36	1.33	1.57	1.58	1.59	1.52
27	1.35	1.46	1.52	1.56	1.47
20	1.36	1.42	1.49	1.50	1.45
Promedio	1.35	1.48	1.55	1.55	

DLS 0.05: Humedad del suelo = 0.04
Pasadas del tractor = 0.04
Dos humedades del suelo en la misma pasada de tractor = 0.07
Dos pasadas del tractor en la misma humedad = 0.07

Cuadro 4. Rendimiento del maíz afectado por la humedad del suelo y las pasadas del tractor en un Ultisol franco arenoso. Yurimaguas, Perú.

Humedad Del Suelo	Pasadas Del Tractor 0	1	2	3	Promedio
% por vol.	----------t/ha----------				
36	2.28	1.13	0.93	0.81	1.29
27	2.61	2.14	2.33	1.91	2.25
20	2.48	2.83	2.12	2.44	2.47
Promedio	2.46	2.03	1.79	1.72	

DLS 0.05: Humedad del suelo = 0.64
Pasadas del tractor = 0.38
Dos humedades en la misma pasada del tractor = 0.66
Dos pasadas del tractor en la misma humedad = 0.85

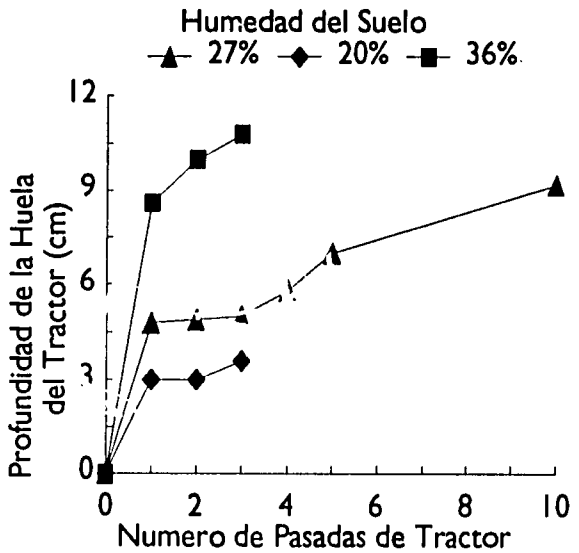


Figura 2. Efecto de las pasadas del tractor en la profundidad de la huella del tractor.

del suelo es mostrada en el Cuadro 5. No hubo mucho cambio con el incremento de las pasadas del tractor para los 3 contenidos de humedad del suelo. El mayor cambio ocurrió después de 4 pasadas del tractor, que produjeron una reducción del 18% de la porosidad total (Cuadro 6), pero no hubo un decrecimiento significativo en los rendimientos del maíz (Cuadro 7). La reducción en la macroporosidad fue benéfica debido al aumento en la capacidad de retención del agua del suelo y posible reducción de la lixiviación. Sólo con 10 pasadas se observó una reducción en los rendimientos a las humedades de 35 y 25%. Al 15% de humedad del suelo no hubo una redución significativa entre los rendimientos de cultivos y las pasadas del tractor (0 a 5 pasadas). Este suelo con textura arena franca tiene uan tasa alta de infiltración y es difícil mantener la humedad por encima de la capacidad de campo (25%).

Cuadro 5. Densidad aparente del suelo (0-10 cm) en la huella del tractor después de las pasadas del tractor para diferentes contenidos de humedad del suelo en un Ultisol arena franca. Yurimaguas, Perú.

Humedad Del Suelo	Pasadas Del Tractor 0	1	2	3	4	5	10	Promedio
%/vol.	Mg/m³							
35	1.45	1.65	1.67	1.69	1.68	1.70	1.71	1.65
25	1.45	1.58	1.63	1.63	1.67	1.67	1.69	1.62
15	1.47	1.58	1.61	1.64	1.65	1.66	1.65	1.61
Promedio	1.46	1.60	1.64	1.65	1.66	1.68	1.68	

DLS 0.05: Humedad del suelo = 0.02
Pasadas del tractor = 0.03
Dos pasadas del suelo en la misma pasada del tractor = 0.07
Dos pasadas del tractor en la misma humedad del suelo = 0.07

Cuadro 6. Porosidad total del suelo (0-10 cm de profundidad) en la huella del tractor después de las pasadas del tractor para los diferentes contenidos de humedad en un Ultisol arena franca. Yurimaguas, Perú.

Humedad Del Suelo	Pasadas Del Tractor 0	1	2	3	4	5	10	Promedio
%/vol.	%							
35	45.3	37.7	37.0	36.2	36.6	35.9	35.5	37.7
25	45.3	40.4	38.5	38.5	37.0	37.0	36.2	39.0
15	44.5	40.4	39.3	38.1	37.7	38.1	37.7	37.4
Promedio	45.0	39.6	38.3	37.6	37.1	37.0	36.5	

DLS 0.05: Humedad del suelo = 0.9
Pasadas del tractor = 1.0
Dos humedades en la misma pasada del tractor = 2.6
Dos pasadas del tractor en la misma humedad del suelo = 2.5

Efecto del Subsolado y de las Camas en los Rendimientos y las Propiedades Físicas del Suelo

Las propiedades químicas del suelo después de la instalación de los tratamientos son mostradas en el Cuadro 8. Las limitaciones químicas de este suelo fueron eliminados por el encalado y fertilización. La saturación de Al fue reducida de 90 a 10% y los niveles de P, Ca y Mg fueron aumentados. Sólo el K estuvo debajo de los niveles críticos (<0.1 cmol(+)/L), pero con una aplicación dividida después de la siembra el abastecimiento fue suficiente para el crecimiento de la planta.

La distribución mensual de lluvias durante las seis campañas de maíz se muestra en la Figura 3. La primera estación de maíz se sembró durante el período más húmedo y las lluvias estuvieron distribuidas normalmente. La segunda estación de maíz se sembró durante la época más seca, lo cual es típico. La tercera y sexta campaña de maíz fueron las épocas más secas que lo normal.

Después de la tercera campaña con maíz se midió la

Cuadro 7. Rendimiento de maíz después de las pasadas del tractor para las diferentes humedades del suelo en un Ultisol arena franca. Yurimaguas, Perú.

Humedad Del Suelo	Pasadas del Tractor 0	1	2	3	4	5	10	Promedio
%/volumen	t/ha							
35	2.90	2.76	3.03	2.51	2.35	2.00	1.30	2.77
25	3.08	3.75	3.24	3.08	3.67	2.92	2.36	2.98
15	2.90	3.20	2.84	3.37	2.90	2.81	2.76	2.88
Promedio	2.96	3.26	3.04	2.99	2.96	2.58	2.14	

DLS 0.05: Humedad del suelo = 0.94
Pasadas del tractor = 0.58
Dos pasadas del suelo en la misma pasada del tractor = 0.90
Dos pasadas del tractor en la misma humedad del suelo = 0.95

Cuadro 8. Propiedades químicas del suelo después de instalar los tratamientos en el Ultisol de Yurimaguas.

Prof.	pH	Intercambiables Acidez	Ca	Mg	K	P Dispon.	Sat. Al
cm		---------cmol(+)/L---------				mg/L	%
0-20	5.6	0.33	2.1	0.60	0.08	18	10
20-40	4.8	1.84	1.0	0.20	0.04	5	58
40-60	4.7	2.10	1.0	0.14	0.03	5	86

densidad aparente y la humedad del suelo (Cuadro 9). A la profundidad 0-15 cm no hubo diferencias significativas entre tratamientos pero para 15-30cm la densidad aparente fue significativamente más baja en los tratamientos subsolados que en los no subsolados y la resistencia cónica hasta los 40cm de profundidad también fue significativamente más baja (Figura 4 y 5).

El rendimiento del maíz en grano para los diferentes tratamientos son mostrados en el Cuadro 10. No hubo respuesta al subsolado para el grano en el primer cultivo, sin embargo, para las siguientes 5 campañas hubo una respuesta significativa. La respuesta fue mayor con cantidades menores de lluvia. En general, el patrón de rendimiento de grano fue el mismo año por año. El tratamiento subsolado tuvo generalmente, mayores rendimientos que el no-subsolado. Cuando el P fue aplicado al voleo, los tratamientos subsolados rindieron 30% más grano que los tratamientos sin subsolado.

La distribución de raíces medidas con el método del perfil se muestra para el cuarto cultivo (Figura 6). En el tratamiento de siembra en plano subsolado, hubo un mayor número de raíces de los 50cm de profundidad, mientras que en los tratamientos no subsolados la profundidad de las raíces fue superficial. En los tratamientos subsolados las raíces tienden a seguir el corte hecho por el subsolado.

Cuadro 9. Densidad aparente (DA) y humedad del suelo (Θ) a dos profundidades antes de cosechar el tercer cultivo de maíz.

Tratamiento	Sub-Solado	0 a 15 cm DA	0 a 15 cm Θ	15 a 30 cm DA	15 a 30 cm Θ
		Mg/m^3	cm/cm^3	Mg/m^3	cm/cm^3
Camas	Si	1.43	14.2	1.50	18.0
Camas	No	1.47	14.8	1.67	15.0
Plano	Si	1.45	16.4	1.52	17.6
Plano	No	1.51	15.0	1.65	16.8
Camas-Pen bandas	Si	1.42	14.0	1.55	17.0
Camas-Pen bandas	No	1.50	15.0	1.64	16.5
DLS 0.05:		0.09	1.8	0.08	2.5

Cuadro 10. Rendimiento de grano para las seis campañas de maíz afectado por los diferentes tipos de labranza.

Tratamiento	Sub-Solado	Cultivo 1	2	3	4	5	6	Pro-medio
		----------t/ha----------						
Camas	Sí	3.5	3.9	3.6	4.2	4.1	4.5	4.0
Camas	No	3.4	3.2	2.5	2.5	2.3	2.6	2.8
Plano	Sí	3.4	3.5	3.7	3.8	3.9	3.7	3.7
Plano	No	3.4	3.3	2.1	2.0	2.2	2.0	2.5
Camas-P en bandas	Sí	4.1	3.3	3.4	3.6	2.8	4.3	3.7
Camas-P en bandas	No	3.8	3.4	3.2	2.4	2.8	3.2	3.1
DLS 0.05:		0.5	0.7	0.5	0.8	0.6	0.4	

Labranza de Conservación vs Labranza Convencional

La densidad aparente inicial a la profundidad de 0-10cm en la línea de siembra fue de 1.40 Mg/m^3 para todos los tratamientos (Cuadro 11). Después de 5 cultivos consecutivos los valores de densidad aparente para los tratamientos subsolados fueron similares a los valores inciales tanto para los 0-10cm como para 10-20cm de profundidad. Para los tratamientos sin subsolado la densidad aparente para ambas profundidades aumentó sobre los valores iniciales. La densidad aparente de 0-10cm de profundidad para los tratamientos no subsolados fue significativamente más alta para los tratamientos sin labranza comparado con los otros. Para los 10-20 cm de profundidad no hubo diferencias significativas entre tratamientos.

En los primero 5cm de profundidad el P y Ca se acumularon en los tratamientos sin labranza, mientras que el Mg se acumuló en los tres tratamientos de labranza

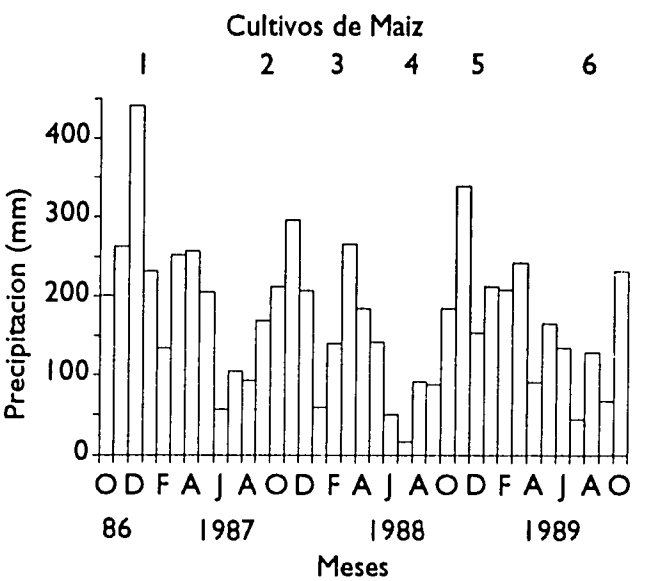


Figura 3. Promedio mensual de lluvias y distribución cronológica de seis cultivos de maíz en un Ultisol de Yurimaguas, Perú.

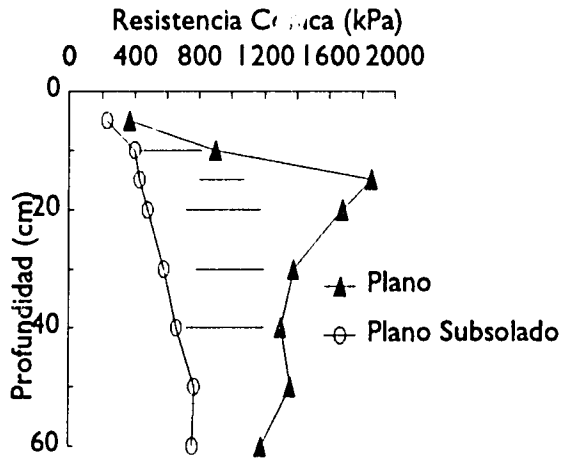


Figura 4. Resistencia cónica de 0 a 60cm de profundidad antes de cosechar el tercer cultivo consecutivo de maíz sembrado en plano

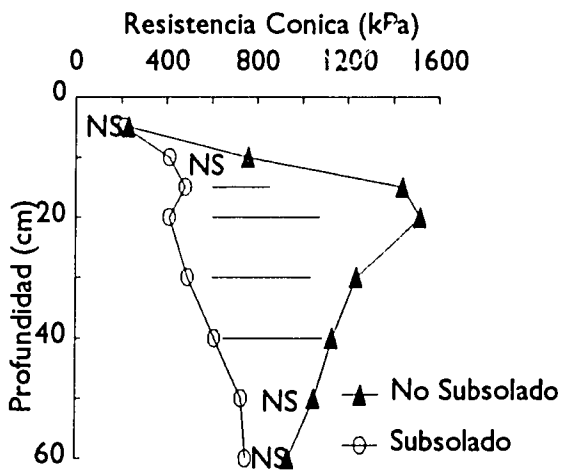


Figura 5. Resistencia cónica de 0 a 60cm de profundidad antes de cosechar el tercer cultivo consecutivo de maíz sembrado para los tratamientos subsolados y no subsolados.

Cuadro 11. Densidad aparente en la línea de siembra para dos profundidades antes y después de 5 cultivos consecutivos usando varios tipos de labranza.

Labranza	Sub-Solado	0 - 10 cm Antes	0 - 10 cm Despues	10 - 20 cm Antes	10 - 20 cm Despues
		----------	Mg/m³	----------	
Sin labranza	Sí	1.40	1.45	1.45	1.47
Sin labranza	No	1.40	1.55	1.45	1.56
Mínima labranza	Sí	1.40	1.43	1.45	1.50
Mínima labranza	No	1.40	1.51	1.45	1.55
Labranza convenc.	Sí	1.40	1.41	1.45	1.44
Labranza convenc.	No	1.40	1.44	1.45	1.55
DLS 0.05:			0.05		0.07

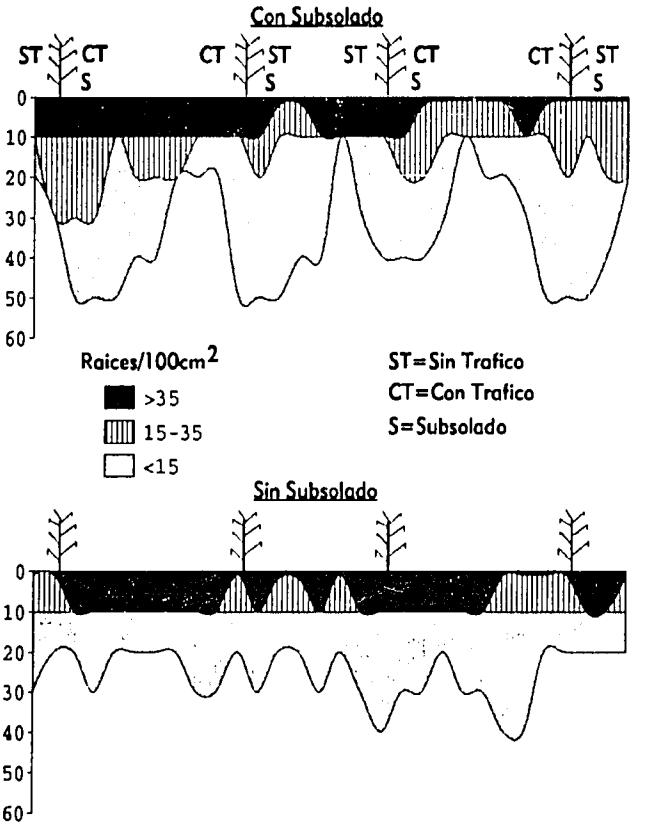


Figura 6. Distribución de raíces de maíz en diferentes profundidades para los tratamientos sembrados en plano.

(Cuadro 12).

El Cuadro 13 muestra los rendimientos de grano y rastrojo para los primeros 4 cultivos de maíz. Para el primer cultivo, el subsolado aumentó los rendimientos en los tratamientos sin labranza y mínima labranza. En general los rendimientos fueron bajos, debido a las lluvias intensas. La precipitación en diciembre de 1986 fue de 418mm (Figura 1). La lluvia más intensa fue de 50.8mm/ha. El tratamiento sin labranza y sin subsolado fue inundado durante lluvias pesadas, mientras que los tratamientos subsolados permitieron una libre percolación. La pérdida de NH_4 y NO_3 por lixiviación fue significativa para todos los tratamientos (Cuadro 14). En general, los

Cuadro 12. Contenido de nutrientes (0-5cm) antes (A) y después (D) de tres cultivos consecutivos (soya-maíz-soya) en los diferentes sistemas de labranza.

Labranza	Subs.	P A	P D	K A	K D	Ca A	Ca D	Mg A	Mg D
		mg/L		----------		cmol(+)/L		----------	
Labranza Conv.	Sí	26	22	0.29	0.31	1.95	2.01	0.47	1.10
Mínima labran.	Sí	32	29	0.35	0.27	2.38	1.73	0.46	1.22
Sin labranza	Sí	28	36	0.34	0.31	1.47	2.45	0.41	1.23

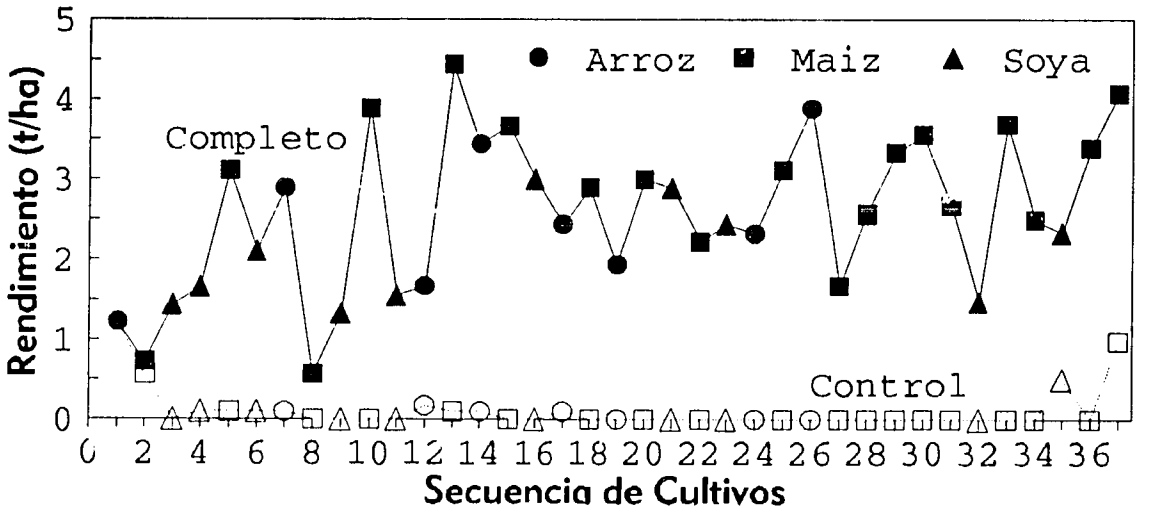


Figura 7. Rendimiento de grano para 37 cultivos consecutivos desde el año 1972 hasta 1989 en un Ultisol de Yurimaguas, Perú.

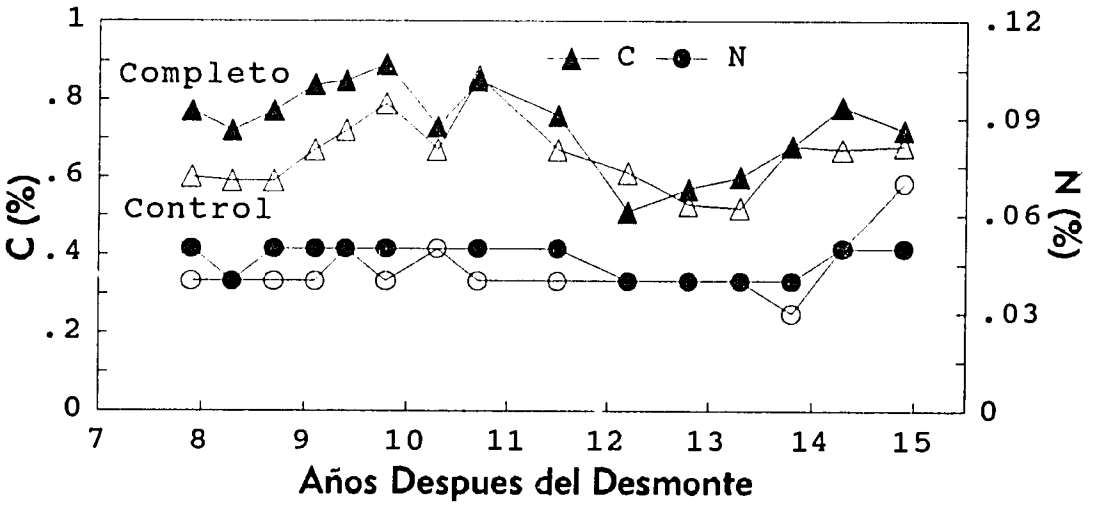


Figura 8. Dinámica del C orgánico y N total en el experimento central de cultivos continuos en un Ultisol de Yurimaguas, Perú.

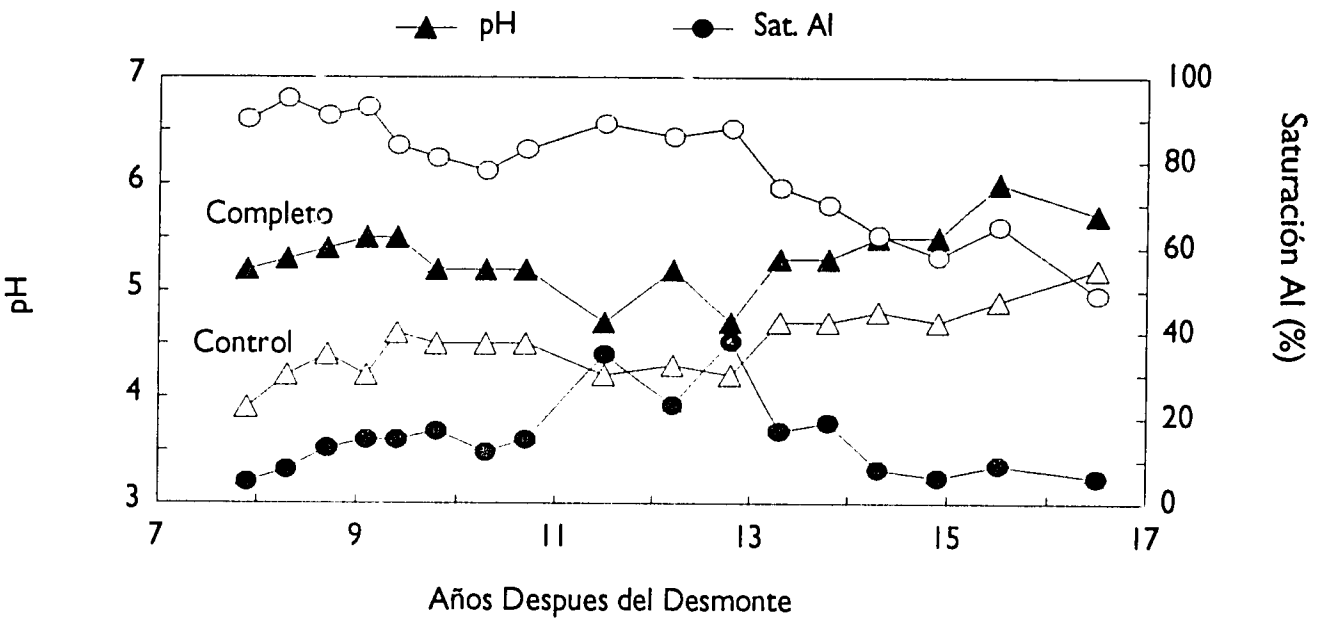


Figura 9. Dinámica de la acidez del suelo en el experimento central de cultivos continuos en un Ultisol de Yurimaguas, Perú.

Cuadro 13. Rendimientos de grano (G) y rastrojo (R) para los 4 cultivos de maíz afectados por la labranza.

		CULTIVOS DE MAIZ								Pro-	
		1		2		3		4		medio	
Labranza	SUB.	G	R	G	R	G	R	G	R	G	R
		Mg/ha									
Sin labranza	Sí	1.9	2.4	2.8	2.3	3.3	3.3	3.4	4.3	2.9	3.3
Sin labranza	No	1.4	1.9	2.6	2.2	2.9	3.5	1.8	2.9	2.2	2.6
Mín. Labranza	Sí	2.2	2.7	2.4	2.9	3.4	4.4	3.5	4.3	2.0	3.6
Mín. Labranza	No	1.4	1.9	2.7	2.3	2.6	4.1	2.1	3.0	2.2	2.8
Lab. convenc.	Sí	2.0	2.5	3.4	3.1	2.6	4.5	3.9	4.6	3.0	3.9
Lab. convenc.	No	1.9	2.4	2.4	1.9	2.9	4.0	3.2	3.8	2.6	3.0
DLS 0.05:		0.6	NS	1.0	0.7	NS	NS	0.7	0.4		

Cuadro 14. Concentración de NO_3 y NH_4 en el agua lixiviada a 1m de profundidad para cada tratamiento después de 79mm de lluvia el 12 de diciembre, 1986. Yurimaguas, Perú.

Tratamientos	Subsolado	NO_3	NH_4
		mg/L	
Sin labranza	Sí	0.39	53
Sin labranza	No	1.81	20
Mínimo labranza	Sí	3.20	40
Mínima labranza	No	1.62	29
Labr. convencional	Sí	2.64	13
Labr. convencional	No	2.40	23

rendimientos de maíz fueron mayores para una práctica de labranza cuando se hizo el subsolado sobre la línea de siembra al momento de la siembra.

Los rendimientos de soya fueron más altos en los tratamientos sin labranza comparado con los de mínima o los de labranza convencional (Cuadro 15). En el primer cultivo de soya los rendimientos fueron buenos a pesar de la siembra tardía, ya que la época de precipitación durante noviembre de 1986 (110mm) permitió la cosecha del grano. Para el segundo cultivo de soya, los rendimientos fueron más bajos y no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. Las plantas presentaron síntomas de deficiencia de Mn; los niveles de Mn en el suelo fueron menores de 1 mg/kg.

Los colectores de escorrentía están siendo calibrados. La pérdida de agua por escorrentía fue menor con mínima labranza-subsolado que con la labranza convencional, siendo 6.8 y 14% de la precipitación total recibida desde noviembre de 1987 hasta enero de 1989. Las pérdidas de suelo durante este período fueron 22.4, 19.4 y 14.9 Mg/ha para los tratamientos de labranza convencional-subsolado, mínima labranza-subsolado y sin labranza-subsolado, respectivamente.

Cuadro 15. Rendimiento de grano (G) y rastrojo (R) para dos cultivos de soya afectado por la labranza.

	Sub-	1er Cult.		2do Cult		Prom.	
Tratamientos	Solado	G	R	G	R	G	R
		Mg/ha					
Sin labranza	Sí	2.3	1.4	1.3	1.4	1.8	1.4
Sin labranza	No	2.2	1.2	0.9	1.2	1.5	1.2
Mín. labranza	Sí	1.6	1.2	1.4	1.1	1.5	1.2
Mín. labranza	No	1.8	1.3	1.2	1.0	1.5	1.1
Labr. conv.	Sí	2.0	1.4	1.2	1.5	1.6	1.5
Labr. conv.	No	1.8	1.3	0.8	1.1	1.3	1.2
DLS 0.05:		0.5	NS	NS	NS		

Experimento Central de Cultivos Continuos

El rendimiento para el cultivo 32 con soya fue de 1.5 t/ha para el tratamiento completo y no se obtuvo rendimiento para la parcela control. Estos rendimientos estuvieron debajo del promedio general de 2.5 t/ha debido a la poca adaptibilidad que presentó esta variedad (Figura 7). El promedio de rendimiento con el tratamiento completo para los cultivos 33 y 34 con maíz fue de 3.5 y 2.49 t/ha, respectivamente, y no se obtuvieron rendimientos para los controles.

El promedio de rendimiento para el cultivo 35 con soya fue de 2.34 t/ha para el tratamiento completo y con las parcelas control se obtuvo un rendimiento de 0.7 t/ha debido a la contaminación con fertilizantes de áreas vecinas. La variedad de soya Júpiter presenta mejor adaptabilidad y respuesta a los fertilizantes, y los rendimientos obtenidos están cerca del promedio mundial. Para el cultivo 36 con maíz los rendimientos fueron de 3.4 t/ha para el tratamiento completo y no se obtuvo rendimientos en el control (Figura 7).

La *Mucuna cochinchinensis* produjo una biomasa total de 9.85 t/ha de materia seca. El cultivo 37 con maíz siguió a la mucuna; rindió muy bien con un promedio de 4 t/ha en el tratamiento completo y con 0.98 t/ha para el control. Se estimó que la mucuna contribuye con alrededor de 231 kg de N total/ha (2.35% de N total en la biomasa) y probablemente acompleja el Al intercambiable. La mucuna también aporta 17, 55, 84 y 26 kg/ha de P, K, Ca y Mg, respectivamente.

Los cambios en C orgánico y N total en los primeros 0-15cm de profundidad durante 1980 hasta 1984 y cambios a la profundidad de 0-20cm durante 1985 hasta 1988 son mostrados en la Figura 8. El tratamiento con fertilización completa no fue significativamente diferente con el control. Con el cambio en la profundidad de muestreo de 0-20cm el contenido de C orgánico decreció debido a la mezcla de capas profundas menos fértiles y menos pesadas. Sin embargo, 14 años después del desmonte los valores de C

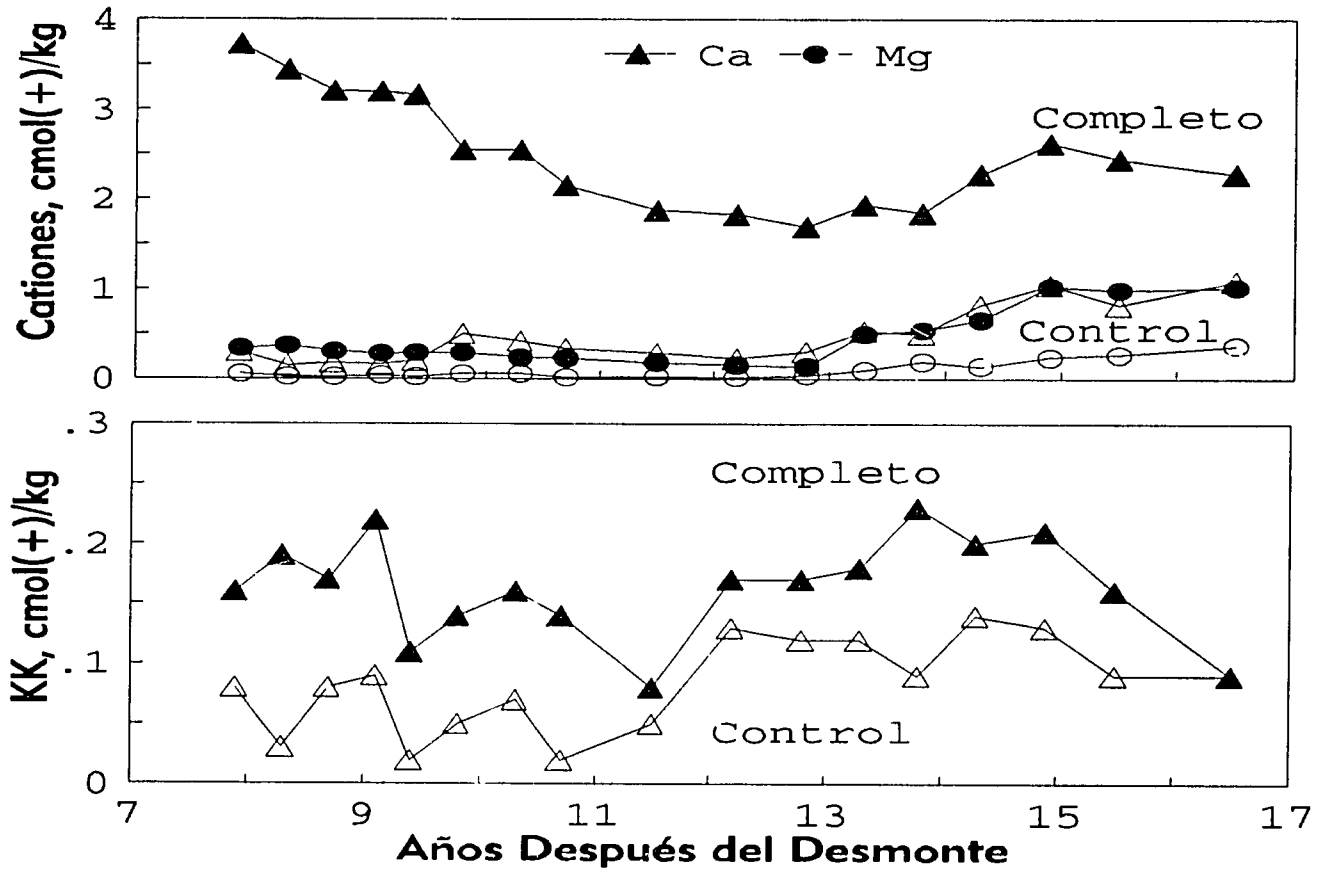


Figura 10. Dinámica de las bases intercambiables en el experimento central de cultivos continuos en un Ultisol de Yurimaguas, Perú.

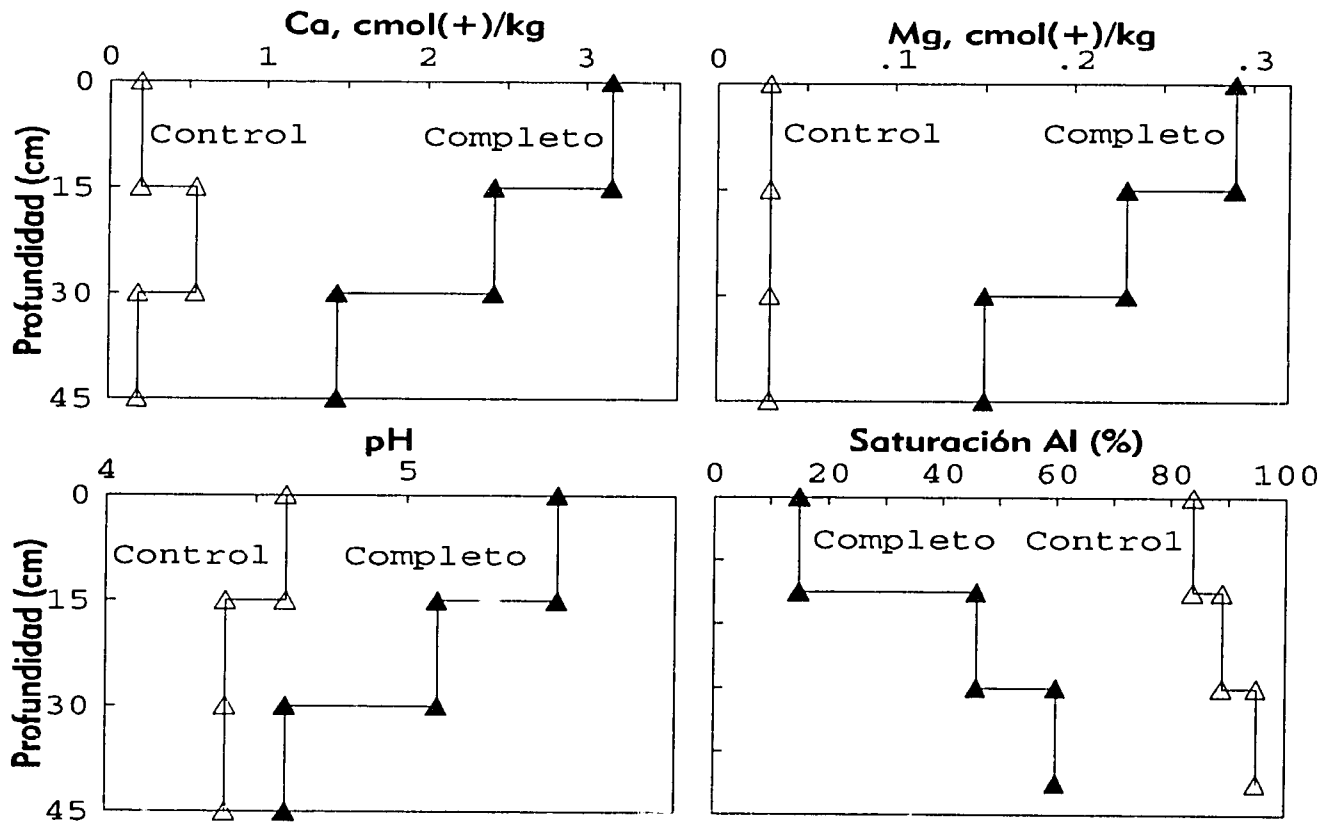


Figura 11. Mejoramiento de las propiedades químicas (Ca, Mg, pH y % de saturación de Al) del subsuelo después de 10 años de cultivos continuos en un Ultisol de Yurimaguas, Perú.

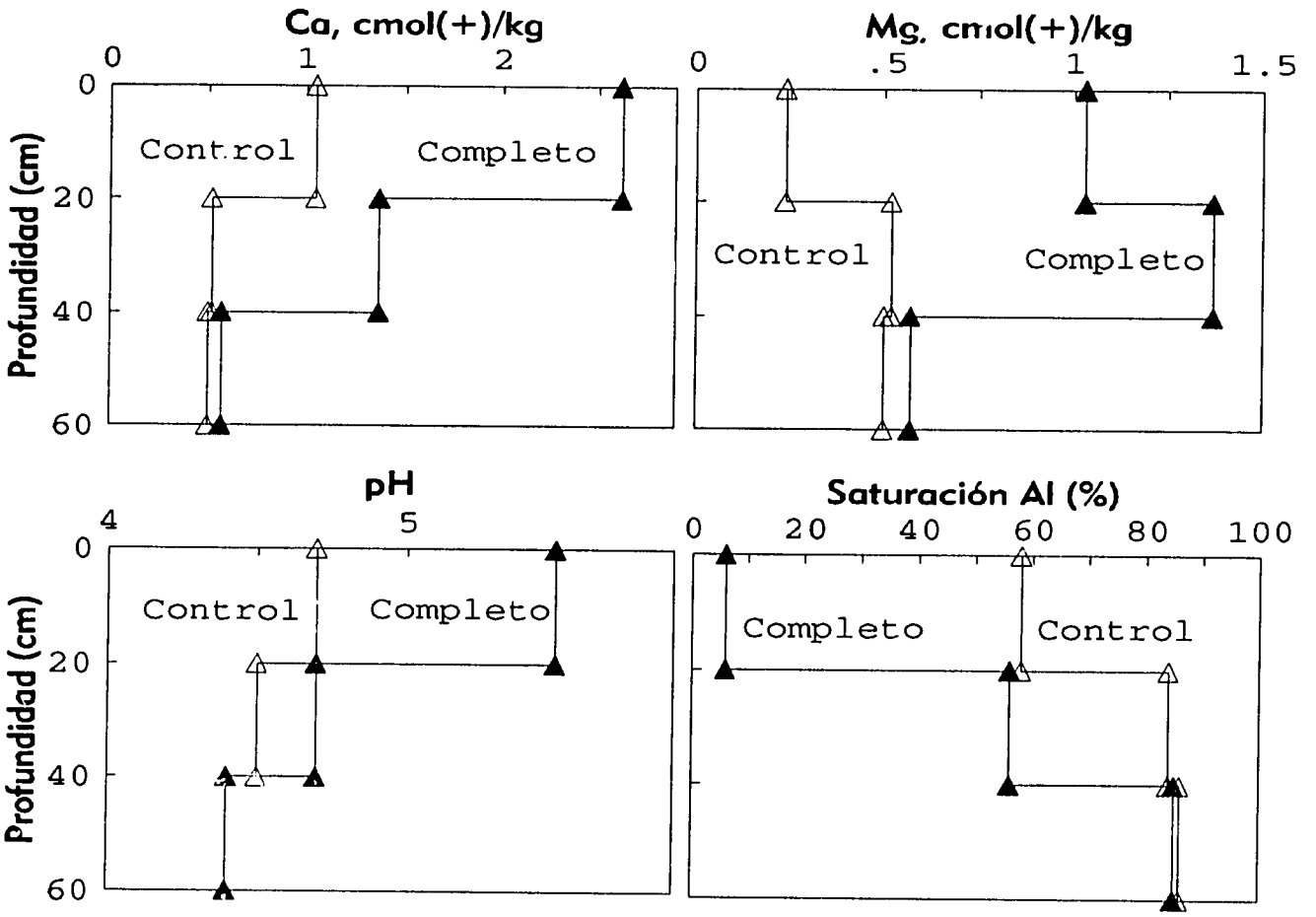


Figura 12. Mejoramiento de las propiedades químicas (Ca, Mg, pH y % de saturación de Al) después de 15 años de cultivos continuos en un Ultisol de Yurimaguas, Perú.

orgánico empezaron a aumentar y a estabilizarse en cerca de 0.6%. El N total se estabilizó en 0.05% después del 14avo. año. El pH se mantuvo en 6 con el tratamiento completo y cerca de 4.9 con la parcela control hasta marzo de 1988. Sin embargo, después de 14 meses con mucuna el pH aumentó a 5.2 en la parcela no fertilizada ni encalada y se mantuvo igual en el tratamiento completo. La acidez y saturación de Al se mantuvo en niveles bajos en el tratamiento fertilizado y encalado y en niveles altos en la parcela control (Figura 9). La dinámica de Ca, Mg y K intercambiable se muestra en la Figura 10. Con la aplicación de cal, 12 años después del desmonte aumentaron y se estabilizaron los niveles de Ca entre 2 a 3 cmol(+)/L. Los niveles de K en las parcelas fertilizadas fluctuaban en cerca de 0.2 cmol(+)/L hasta el cultivo 36 (mayo 1988). Sin embargo, después de 14 meses con mucuna los niveles para la parcela control y fertilización completa fueron similares 0.09 cmol(+)/L. Posiblemente la mayor parte del K se localizó en la biomasa de la mucuna dado que el análisis fue hecho antes de cortar la cobertura con mucuna.

Diez años después con cultivos continuos (abril 1982), se ha producido un significativo movimiento de Ca y Mg hasta la profundidad de 45cm. Esto fue acompañado por una significativa reducción en la saturación de Al del subsuelo (Figura 11). Después de 15 años con cultivos continuos, el movimiento de Ca y Mg y la reducción de la acidez hasta los 10cm fue también aparente (Figura 12).

La densidad aparente en la capa arable se mantiene en 1.45 g/cm^3 cultivo tras cultivo y el subsuelo tiene una densidad de 1.50 g/cm^3. Cuando los valores tienden a aumentar en 1.6 g/cm^3 se hace un subsolado y se reduce la densidad aparente. La resistencia mecánica también se mantiene en un rango de 1000 y 1200 KPa, la cual es reducida o mantenida con el arado profundo continuo. Los valores superficiales de resistencia cónica en la huella del tractor llegan a veces hasta 2000 KPa, mientras que en la línea de siembra están en 500 KPa.

Esta tecnología tiene amplia adopción en Pucallpa y en el ámbito del proyecto especial alto Huallaga que ha iniciado la explotación de roca dolomítica en los alrededores de Tingo María. A nivel internacional se esta utilizando con éxito en extensas áreas de transmigración de Indonesia y en algunas áreas de Bolivia.

CONCLUSIONES

Basado en diferentes estudios sobre manejo de suelos

con cultivos continuos se puede concluir:

-Que la cantidad y distribución de lluvias es muy variable y que el 50% de las lluvias provinieron de eventos intensos.

-En el suelo franco arenoso una pasada del tractor bajo el más alto contenido de humedad del suelo causó compactación del suelo y un 50% de reducción en los rendimientos de maíz, mientras que en un suelo de arena franca a pesar de que se redujo la porosidad no hubo reducción significativa en los rendimientos. Después de una lluvia pesada el suelo franco arenoso necesita 4 a 5 días para poder ser mecanizado, mientras que la arena franca sólo necesita un día.

-El subsolado aumento los rendimientos del maíz en un 30% sobre los no-subsolados. El subsolado disminuyó la densidad aparente y la resistencia mecánica a la profundidad de 40 cm. El subsolado promovió una mayor densidad de raíces en profundidad a través del perfil del suelo.

-Los rendimientos de los cultivos para los tratamientos sin labranza, mínima labranza y labranza convencional, no fueron diferentes cuando se subsolaron en la línea de siembra. El P, Ca y Mg se acumularon en los primeros 5cm de profundidad sólo para los tratamientos sin labranza.

-El sistema de cultivos continuos con dos cultivos por año permanece estable en su 17avo año de operación con un mejoramiento de las propiedades químicas del subsuelo y un mantenimiento en las propiedades físicas del suelo.

PLANES FUTUROS

Seguir haciendo la evaluación de la labranza de conservación y sus efectos sobre las pérdidas de suelo y agua en un período largo de tiempo para así poder tener datos consistentes.

Seguir manteniendo este sistema de cultivos continuos con las innovaciones que se vayan a encontrar con otros experimentos, tales como el de labranza de conservación, manejo de coberturas y abonos verdes. Se tiene pensado hacer el uso de coberturas de rápido crecimiento durante los períodos de máxima precipitación y donde no se puede usar el tractor. Esto también servirá para controlar malezas y reducir el gasto de herbicidas que es antieconómico en muchas partes de la Amazonía.

LITERATURA CITADA

Alegre, J.C., D.K. Cassel y D.E. Bandy. 1986a. Effects of land clearing and subsequent management on soil physical properties. Soil Sci Amer. J. 50:1379-1383.

Alegre, J.C., D.K. Cassel y D.E. Bandy. 1986b. Reclamation of an Ultisol damaged by mechanical land clearing. Soil Sci. Soc. Amer. J. 50:1026-1031.

Alegre, J.C. y D.K. Cassel. 1988. Effect of subsoiling on crop performance and root distributions in a Ultisol of the Amazon Basin. p. 51. En Agronomy Abstracts, Annual Meetings, Anaheim, California. Amer. Soc. Agron., Madison.

Alegre, J.C. y D.K. Cassel. 1989. Conservation tillage in the humid tropics of Perú. p.49. En Agronomy Abstracts, Annual Meetings, Las Vegas Nevada. Amer. Soc. Agron.

Bohm, W. 1979. Methods of studyino root system. Spring-Verlag. Berlín.

Davidson D.T. 1965. Penetrometer measurements in methods of soil analysis. En C.A. Black (ed.) Methods of soil analysis. Agron. Mo 9:472-484. Madison, WI.

McCollum, R.E., P.A. Sánchez y D.E. Bandy 1986. Continuous cropping: central experiment. pp.52-56. En Caudle, N. y C.B. McCants (eds.) Tropsoils Technical Report 1985-86. North Carolina State University, Raleigh.

Mt.Pleasant, J.M., R. McCollum y H.D Coble. 1990. Weed population dynamics and weed control in the Peruvian Amazon. Agron. J. 82 1:102-112.

Nelson, D.W. y L.E. Summer. 1975. A rapid and accurate procedure for estimation of organic carbon in soil. Proc. of Indiana Acad. Sci., Soil and Atmospheric Sci. 456-462.

Sánchez, P.A., W.C. Couto y S.W. Buol. 1982a. The fertility capability soil classification system: interpretation, applicability and modification. Geoderma 27: 283-309.

Sánchez, P.A., J.H. Villachica, D.E. Bandy y J.J. Nicholaides. 1982b. Amazon basin soils: management for continuos crop production. Science 216:821-827.

Sánchez, P.A., J.H. Villachica y D.E. Bandy. 1983. Soil fertility dynamics after clearing a tropical rainforest in Perú. Soil Sci. Soc. Amer. J. 47:1171-1178.

Seubert, C.E., P.A. Sánchez y C. Valverde. 1977. Effects of land clearing methods on soil properties of an Ultisol and crop performance in the Amazon jungle of Peru. Trop. Agric. (Trinidad) 54:307-321.

Smyth, T.J., M. Cravo y J. Bastos. 1987. Soil nutrient dynamics and fertility management for sustained crop production on Oxisols in the Brazilian Amazon. pp.88-94. En Caudle, N. y C.B. McCants (eds.) Tropsoils Technical Report 1985-86. North Carolina State University, Raleigh.

Uhland, R.E. 1950. Physical properties of soil modified by crops and management. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 14:361-366.

Manejo de Suelos en Cultivos de Importancia Agricola en los Llanos Centrales de Venezuela

Eduardo Casanova[1]

INTRODUCCION

Los suelos de los Llanos Centrales de Venezuela presentan severas limitaciones de fertilidad, son ácidos, han evolucionado de texturas arenosas a francas en su horizonte superficial y tienen bajos contenidos de materia orgánica, Ca, Mg, P, y capacidad de intercambio de cationes. Aunque ácidos no poseen altas concentraciones de Al intercambiable. El cultivo predominante en esta área es el sorgo, y la soya está adquiriendo un auge importante últimamente. La combinación de suelos con altas limitaciones y de cultivos con requerimientos de altos insumos y tecnología hacen que muchos investigadores hayan realizado trabajos sobre la mejor manera de manejar estos suelos que sin perjuicio de su capacidad productiva puedan producir una agricultura rentable (Casanova, 1987; 1988; Casanova y Solórzano, 1990; Amézquita *et al.*, 1985; Brito *et al.*, 1989).

El objetivo del presente trabajo consiste en presentar las bondades y desventajas de las prácticas agrícolas más usuales en sorgo y soya en los Llanos Centrales de Venezuela.

MATERIALES Y METODOS

La mayoría de los experimentos descritos en este trabajo fueron realizados en el este del Estado Guárico (Figura 1) que es uno de los de mayor desarrollo agrícola en los Llanos Centrales de Venezuela y el primer productor de sorgo del país. El área de experimentación está ubicada a una latitud 9°20' N y longitud 66° 16 W y 180 msnm. Se trata de suelos Alfisoles (Typic Paleustalf) en

[1]Instituto de Edafología, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Apartado Postal 4579, Aragua, Venezuela. Fax 58-43-453242.

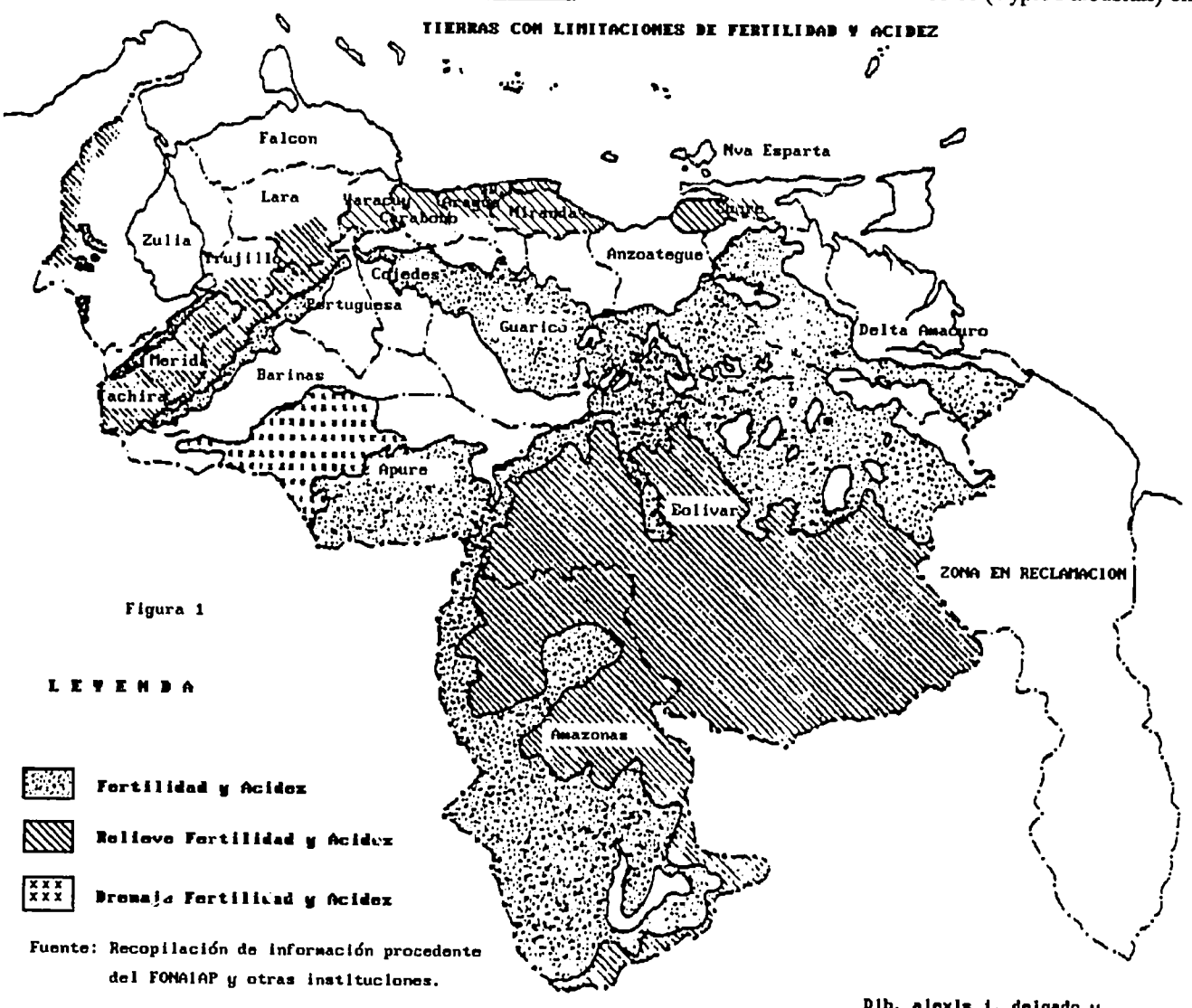


Figura 1. Tierras de Venezuela con limitaciones de fertilidad y acidez. (Fuente: de Brito *et al.*, 1989).

asociaciones con Vertisoles (Entic Chromustert). Las condiciones climatológicas clasifican a la región como semiárida con 800-900mm de precipitación anual (Figura 2) y temperatura promedio de 25.3° C, humedad relativa de 73.6%, radiación (cal/m^2/día) de 381 e insolación (hr/día) de 7.4. La vegetación inicial fue de un bosque semideciduo y una vez eliminado hace aproximadamente 20 años, el suelo ha sido sometido a cultivos permanentes de sorgo, y más recientemente soya, altamente fertilizados. El área permanece bajo vegetación de gramíneas cuando no está bajo cultivo. El relieve es colinoso y susceptible a grandes procesos erosivos. El potencial de adsorción de P de estos suelos se observa en la Figura 3 con las curvas producidas bajo la metodología de isotermas de Langmuir.

Los diseños de experimentos fueron variados dependiendo del objetivo perseguido parcelas de erosión en bloques al azar, tratamientos con fertilizantes en bloques al azar o en parcelas divididas con dosis máximas de N, P y K de 200, 88 y 125 kg/ha, respectivamente. Cada unidad experimental tenía de 20 a 30 m^2 y densidades de siembra de 300.000 y 200.000 plantas/ha en sorgo y soya, respectivamente.

El método de labranza más utilizado es el convencional, labor que se realiza a la entrada de lluvias (junio). El híbrido de sorgo más sembrado en la zona es el Chaguaramas III y DPA-2. Las variedades de soya más usadas por los productores son SJ-4, FP-3 y Soyica P-3.

Muestras compuestas de suelos para caracterización por fertilidad y la descripción de una calicata con fines taxonómicos se realizaron en abril, siembra y fertilización en junio y además se efectuaron muestreos de plantas en estado de crecimiento vegetativo y reproductivo para medir la absorción de nutrimientos y materia seca, acumulación de N, P, K y rendimiento en grano. La cosecha es a los 95-120 días después de la siembra, dependiendo del cultivo y la variedad híbrido sembrado. Los métodos de análisis de suelos y plantas se realizaron de acuerdo a la metodología de Chapman y Pratt (1961).

RESULTADOS

Debido a un relieve colinoso, el uso de la labranza convencional, alta intensidad de lluvias en un período muy corto de tiempo (Figura 2) y cultivos en hileras, las pérdidas de suelos y nutrimientos por erosión son muy altas (Cuadro 1, Casanova *et al.*, 1989). Las ventajas de la mínima o cero labranza han sido demostradas en la reducción del proceso erosivo el cual generalmente elimina la capa superficial del suelo (horizonte A) y expone el horizonte argílico en la superficie reduciendo la capacidad productiva de los suelos y la infiltración del agua por ser este un horizonte compacto. Sin embargo, a pesar de las ventajas de la labranza reducida en el área, su implementación a nivel comercial ha tenido grandes obstáculos poca disponibilidad de equipos en el país, necesidades de adaptaciones a los equipos existentes en función de los suelos y cultivos a sembrar y facilidades de

Cuadro 1. Pérdida de nutrimentos en materiales de suelos erodados en Chaguaramas, Venezuela, en relación a los tratamientos de manejo de suelos.

Trat.	Colector	Mat. Org.	N Tot.	P Aprov.	Intercambiable Ca	Mg	K	Eros. Suelo
		kg/ha						t/ha
Suelo	[1] S.T.	184	17,4	0,70	21,7	4,2	1,0	73,8
Desnudo	1	1313	141,4	2,39	180,6	23,4	14,4	
	2	148	10,8	0,20	8,7	1,2	0,7	
Sorgo	[1] S.T.	2	2,1	0,10	2,5	0,4	1,2	
Lab. Conv.	1	393	36,0	1,39	49,9	8,2	2,5	17,3
Sorgo								
Min. Lab.	1	52	4,7	0,19	5,3	6,0	0,3	2,1
Sorgo	[1] S.T.	2	0,3	0,01	0,3	0,1	0,0	
en Franja	1	5	4,5	0,11	3,4	0,6	0,5	12,0

[1] S.T. = Trampa de sedimentos.

crédito. Una actividad gubernamental del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables e instituciones universitarias y la empresa privada han comenzado un proyecto de "Areas Pilotos de Conservación" siendo los Llanos Centrales la primera zona a trabajar de manera de iniciar un programa que facilite el uso de implementos de mínima labranza y se reduzcan las grandes pérdidas de suelos por erosión. Esta parece ser la única manera de conservar la productividad de estos suelos en el tiempo y que el Estado Guárico siga siendo el primer productor de sorgo del país.

La curva de absorción de P para el suelo típico bajo cultivo de sorgo en el Estado Guárico (Figura 3), refleja la máxima adsorción (b) y la energía relativa de retención (k). El valor de b de 0.59 mg de P/g de suelo y de K de 0.017 demuestran una alta capacidad de fijación de P por estos suelos (1475 kg/ha), fundamentalmente debido a sesquióxidos de hierro. Los valores de K son bajos indicando que hay poco P ligado a alta energía.

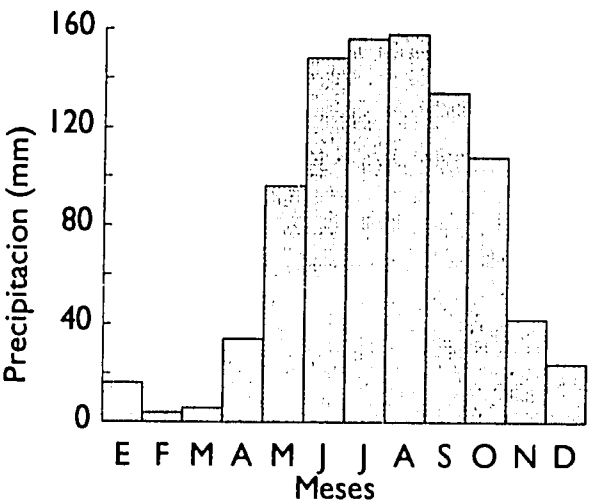


Figura 2. Distribución mensual de lluvias totales, Chaguaramas promedio de 10 años, Llanos Centrales de Venezuela.

Cuadro 2. Categoría de disponibilidad de P a nivel nacional con discriminación por regiones (Fuente: de Brito *et al.*, 1989).

REGION	Criterios De Interpretación Bajo	Medio	Alto
	----------%----------		
Oriental	81,1	9,6	9,3
Central	56,4	21,9	21,7
Llanos Centrales	74,2	15,4	10,4
Llanos Occidentales	36,5	20,9	42,6
Centro Occidente	65,8	16,2	18,0
Andina	36,7	27,7	36,3
Zuliana	40,0	46,9	13,1
T.F. Amazonas	90,0	10,0	0,0
T.F. Delta Amacuro	44,4	0,0	56,6
NIVEL NACIONAL	55,8	19,9	24,3

Características físicas y químicas de un suelo representativo se observan en el anexo 1.

Sorgo

La producción venezolana de sorgo es cercana al 40% de sus necesidades domésticas con una siembra de aproximadamente 300.000 ha y una producción de 450.000 t mayormente ubicadas en los Llanos Centrales de Venezuela. Esto implica que se importa el otro 60% y su consumo es totalmente en la fabricación de alimentos concentrados. Se evidencia la necesidad de aumentar la producción de sorgo en el país en términos de su productividad y la expansión del área sembrada.

Dado que se trata de suelos con limitaciones de fertilidad, la investigación hacia el uso eficiente de los fertilizantes en este cultivo es de gran significación. Fósforo es uno de los elementos nutritivos más deficientes. En el

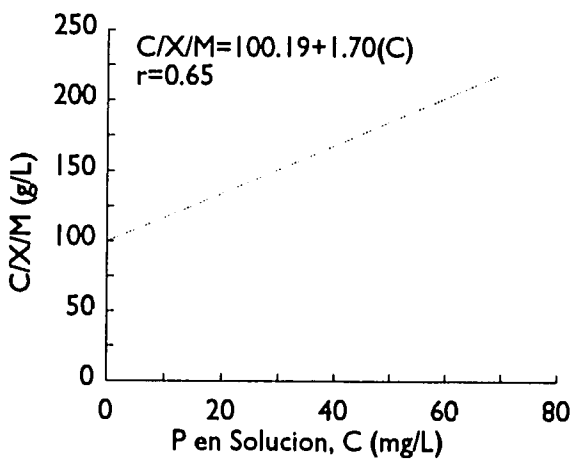


Figura 3. Isoterma de adsorción de Langmuir para P un suelo típico de Chaguaramas (0-15cm), Estado Guárico.

Cuadro 3. Distribución porcentual de diferentes niveles de P en cuatro distritos del estado Guárico a dos profundidades.

Distrito	Rango de P Aprovechable Olsen (mg/kg) Muy Bajo <3,0	Bajo 3,1-7,0	Medio 7,1-14,0	Alto 14,1-30,0	Muy Alto >30,0
	----------%----------				
			0-20 cm		
Infante	27,9	19,1	27,2	22,8	2,8
Ribas	39,2	15,2	33,3	9,8	2,0
Monagas	18,2	18,2	18,2	15,9	29,5
Zaraza	34,8	33,3	24,6	7,3	0
			20-40 cm		
Infante	69,2	20,0	10,8	0	0
Ribas	54,9	21,6	7,8	13,7	2,0
Monagas	33,3	15,2	24,4	9,1	18,2
Zaraza	72,5	18,8	8,7	0	0

Fuente: Amézquita et al., 1985.

Cuadro 2 (de Brito *et al.*, 1989) se observa que las muestras de suelos provenientes de los Llanos Centrales son bajas en P en 74% de los casos; se estima que del consumo nacional de fertilizantes para 1990 (Figura 4) se usan en esta región 29.040 t de P que presenta aproximadamente el 40% del consumo nacional. Sin embargo, el uso continuo de fertilizantes fosfatados en la producción de sorgo en los últimos 20 años ha reflejado un efecto residual, pues suelos que en su condición natural eran muy pobres en P, hoy en día, su nivel de fertilidad no es tan bajo (Cuadro 3, Amézquita *et al.*, 1984). Sin embargo, en el horizonte subsuperficial se observa un claro predominio de valores muy bajos.

Para 1990 se estima una superficie a sembrar con sorgo en el Estado Guárico de aproximadamente 450.000 ha fertilizadas en una relación N:P:K de 2:1:1 (de Brito *et*

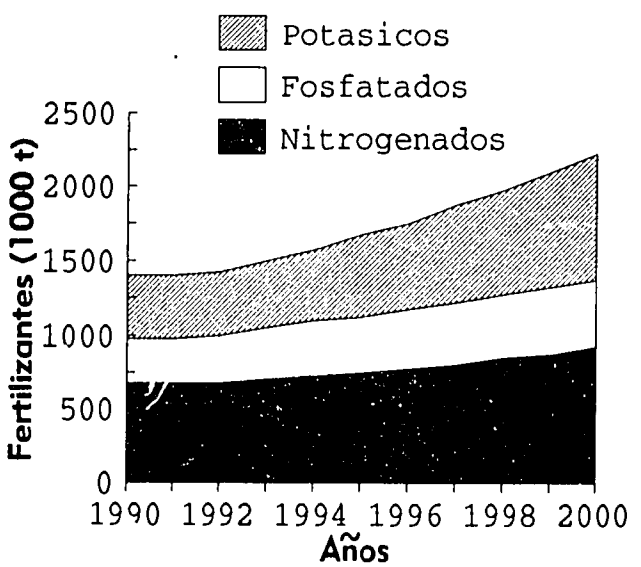


Figura 4. Demanda de fertilizantes en la agricultura Venezolana.

al., 1989). Se concluye que un programa de fertilización para máximos rendimientos en sorgo requiere no sólo de un buen manejo del fertilizante fosforado sino del N y del K. Casanova y Solorzano (1990) han desarrollado una investigación (Cuadro 4) donde demuestran que con la aplicación de 100 kg/ha de N, 33 kg/ha de P y 63 kg/ha de K se aumentaron los rendimientos de sorgo en 1242 kg/ha. Cuando las dosis subieron a 200, 88 y 125 los aumentos en rendimientos fueron de 2042 kg/ha.

Cuadro 4. Respuesta promedio en rendimiento a los tratamientos de N-P-K de un híbrido de sorgo Chaguaramas III en Chaguaramas, Edo. Guárico.

Niveles de Nutrimientos N	P	K	Rend. Prom.	Prueba de Duncan
---------- kg/ha ----------				
0	44	63	5258	lm
0	44	126	5517	jklm
0	88	63	5575	jklm
0	88	126	5375	jklm
100	44	63	6500	defghi
100	44	126	5817	jk
100	88	63	6508	defgh
100	88	126	6683	def
200	44	63	5667	jkl
200	44	126	5917	ij
200	88	63	6533	c
200	88	126	7300	ab

Una práctica común de manejo es el reabono del fertilizante nitrogenado. Casanova (1987) reportó un experimento donde se demuestra la ventaja de esta práctica (Cuadro 5). El peor rendimiento se obtuvo con sólo la aplicación de urea, representando el 53% de los máximos rendimientos. Excelentes rendimientos se presentaron con la aplicación al voleo de 300 kg/ha de 12-24-12 y 100 kg/ha de urea como reabono a los 25 días de emergencia.

Cuadro 5. Rendimiento en grano de sorgo híbrido Chaguaramas III con 3 programas diferentes de fertilización, Estado Guárico.

Programa de Fertilización	Rendimiento
	kg/ha
150 kg/ha de urea antes de la siembra	3684
300 kg/ha de 12-24-12 y 100 kg/ha de urea antes de la siembra, aplicado al voleo e incorporado, sin reabono	5919
300 kg/ha de 12-24-12 antes de la siembra, aplicado al voleo e incorporado y 100 kg/ha de urea como reabono a los 25 días después de la emergencia	6990

Soya

Venezuela importa aproximadamente 1 millón de t de soya anualmente para satisfacer los requerimientos de la alimentación animal especialmente en las aves. En el país se siembran aproximadamente 10000 ha con unos rendimientos de 18000 t. Se han desarrollado un conjunto de genotipos para el trópico que han sido probados en Venezuela, demostrándose su producción rentable. Casanova y Gómez (1989) estudiaron el efecto de la fertilización fosforada y potásica en el suelo del Estado Guárico, donde la variedad Soyica P-31 fue inoculada con *Rhizobium japonicum* y la aplicación de sólo 30 kg/ha de N, para garantizar la suplencia de N a las plántulas antes de que el proceso de fijación simbiótica ocurriera. También se aplicó 300 kg/ha de $CaCO_3$ como fuente de Ca dado los requerimientos de ese cultivo por este nutrimiento. Los máximos rendimientos (Figura 5) de 2155 kg/ha fueron obtenidos con 35 kg/ha de P y 50 kg/ha de K. Este trabajo y uno reportado por Solórzano (1987) son dos de los pocos realizados con soya en el país. Esto evidencia las grandes necesidades de investigación en este cultivo en Venezuela.

$$Y=1616+13.61(P)+11.05(K)-0.0093(PK)-0.1653(P^2)-0.0965(K^2)$$

$$R^2=27\%$$

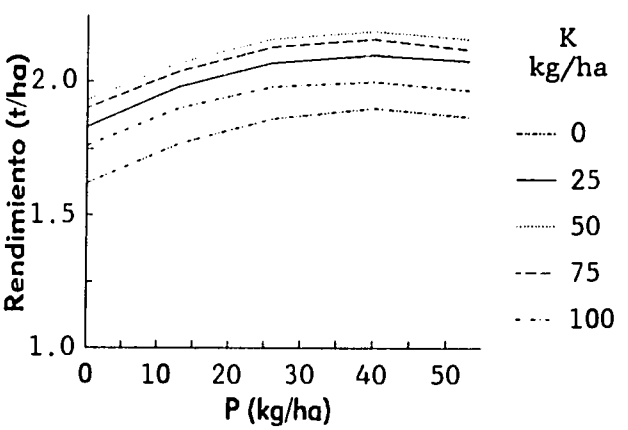


Figura 5. Efecto de la fertilización fosforada y potásica sobre los rendimientos de soya en suelos de Chaguaramas, Estado Guárico. Fuente: Casanova y Gómez, 1989.

PLANES FUTUROS

Los resultados reportados en este trabajo evidencian claramente algunas actividades de investigación aplicada y tecnológica que son necesarias de llevar a cabo en los Llanos Centrales de Venezuela:

a) Adecuación de equipos de mínima y cero labranza para conservar la capacidad productiva de los suelos y

reducir la pérdida de suelos por erosión. Esto implica las adaptaciones de los cambios existentes en función de los suelos y cultivos a sembrar.

b) Dado los niveles de dependencia de Venezuela en la importación del 60% del sorgo y el 95% de la soya necesarios para la nutrición animal, se requiere de investigaciones que conduzcan a una mayor productividad de estos cultivos y que la expansión de la superficie a sembrar sea sobre la base de procesos de zonificación a fin de que estos cultivos puedan desarrollarse en suelos y condiciones climáticas apropiadas.

c) Dentro de los múltiples factores a considerar, la fertilización es muy importante dada las grandes limitaciones de fertilidad que presentan los suelos ácidos de los Llanos Centrales. En la zona existe un manejo inadecuado de los fertilizantes donde se hace más énfasis en una dosificación con alto grado de precisión y con poco criterio sobre el momento oportuno y el lugar adecuado.

LITERATURA CITADA

Amézquita, E., A. Silva y E. Ganzales. 1985. Estado de la fertilidad actual de los suelos del Norte del Estado Guárico en los Llanos Centrales Venezolanos. Fundación Servicio para el Agricultor. Programa PALMAVEN-FUSAGRI, Cagua, Estado Aragua, Venezuela.

Brito, J. de, R. Pérez S., I. López de Rojas, J. Comerma y A. Sánchez. 1989. Necesidades de fósforo de los suelos venezolanos en función de las características de los suelos y requerimientos de los cultivos. Memoria I Seminario de Fósforo en la Agricultura Venezolana. Caracas, 58-75.

Brito, J. de, R. Pérez S. y B. Cid. 1989. Estimación de las necesidades actuales y potenciales de fertilizantes y enmiendas en función de los análisis de suelos. Serie C N° 24. MAC, Fondo Nacional de Investigación Agropecuaria, Maracay.

Casanova, E. 1987. Corn responses to fertilization in acid soils of Venezuela. Better Crops Int. 3(1):10-11.

Casanova, E. 1988. Fertilización de cultivos bajo labranza mínima. Primer Taller Nacional sobre Labranza Mínima. Facultad de Agronomía, U.C.V. Maracay, 22p.

Casanova, E. y N. Gómez. 1990. Nutrición mineral de la soya y su relación con la fertilización fosforada y potásica en un suelo del Estado Guárico. Agronomía Tropical. En Prensa, Maracay.

Casanova, E. y P.R. Solórzano. 1990. Nitrógeno, phosphorus and potassium uptake of two sorghum cultivars in an acid soil of Venezuela. Plant and Soil PLSP-IPNC204, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

Casanova, E., M.L. Paez y O.S. Rodríguez. 1989. Pérdida de nutrimientos por erosión bajo diferentes manejos en dos suelos agrícolas. Rev. Fac. Agron. (Maracay), Alcance 37: 33-43.

Chapman, H.D. y P.F. Pratt. 1961. Methods of analysis for soils, plants, and waters. Div. of Agric. Sci., Univ. California, Davis. 309 p.

Solórzano, P.R. 1987. Potential for producing soybeans in the dry season in Venezuela. Better Crops International 3(6):17-19.

ANEXO 1

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS DEL SUELO DE CHAGUARAMAS. ESTADO GUARICO

	Profundidad Muestras (cm)	
Análisis Físicos	0-15	15-30
% Arena	41,6	33,6
% Limo	36,0	30,0
% Arcilla	22,4	36,4
Textura	Franco	Franco Arcillosa

	Profundidad (cm)		
Análisis Químicos	0-15	15-30	
pH 1:1H_2O	4,85	5,55	Fuerte moder. acidez
C.E. MHSx10^5 1:1 H_2O	38	38	Sin problemas
%M.O	2,30	1,12	Medio-bajo
$NaNO_3$ (mg/kg)*	87	39	Moderado
P (mg/kg)	12	31	Muy bajo-bajo
Ca (mg/kg)	1350	1430	Moderado-alto
K (mg/kg)	224	28	Alto-muy bajo
Na (mg/kg)	31	30	Favorables
Mg (mg/kg)	342	394	Altos
Fe (mg/kg)	7	9	Bajos
Zn (mg/kg)	0,22	0,21	Bajos
Mn (mg/kg)	3,24	1,50	Bajos
Cu (mg/kg)	2,7	2,8	Bajos
Al^{+++} (cmol(+)/kg)	0,00	0,00	Bajos
H^+ (cmol(+)/kg)	0,16	0,19	------
C.I.C. (cmol(+)/kg)	16,04	16,04	Moderadas

Nota: P, Ca, K, Na, Mg, Fe, Zn, y Mn fueron extraídos por Carolina del Norte.

Respuesta de los Cultivos a la Fertilización en Areas de Agricultura Intensiva

Edgar Amézquita[1]

Para que un nutrimento pueda ser absorbido por la planta, se requiere que: a) esté en forma disponible y b) entre en contacto directo con la superficie radicular. El contacto se establece mediante tres fenómenos: intercepción por las raíces, flujo de masa y difusión.

La intercepción por las raíces depende de su distribución y concentración en el volumen de suelo explorado. En agricultura intensiva, la distribución de raíces funcionales de cultivos anuales, guarda estrecha relación con la profundidad de la labranza secundaria y con la intensidad de laboreo o número de pases de rastra, los cuales influyen directa y negativamente en la estructura del suelo especialmente en suelos de baja estabilidad estructural. Es común encontrar, especialmente en Alfisoles, capas compactas a niveles de 5-10 cm de profundidad, encostramiento superficial, baja tasa de difusión de oxígeno y de infiltración, y en general, mal desarrollo de las raíces capaces de establecer contacto con los nutrimentos nativos o incorporarlos como fertilizantes y en absorción de agua.

Dentro de los aspectos de distribución de raíces desde el punto de vista físico, es necesario tener en cuenta que las raíces crecen sin restricciones sólo en poros con diámetro superior o igual al de la cofia si los poros ofrecen muy poca resistencia al alargamiento de las raíces. Los diámetros de las raíces de los cereales son del orden de 200-400 um y los de los poros de un suelo drenado a capacidad de campo, mayores de 50 um. Por lo anterior, se deduce que las raíces sólo crecen en macroporos, los cuales se reducen notablemente por exceso de laboreo. La respuesta de los cultivos a la aplicación de fertilizantes en áreas de laboreo intensivo debe considerar los aspectos de distribución de raíces en relación con la distribución de tamaño de poros del suelo en profundidad.

El proceso de flujo de masa y de transporte de nutrimentos se realiza gracias a la diferencias de potenciales de humedad entre dos puntos dentro del suelo. En este proceso es crítica la relación succión-humedad. El flujo es regido por la diferencia de potenciales hidráulicos y por la conductividad hidráulica del suelo, la cual disminuye drásticamente a medida que el suelo se va secando y es muy influenciada por la distribución de tamaño de los poros.

En agricultura intensiva, las labores excesivas de labranza cambian la distribución de tamaño de poros y tienden, a medida que destruyen la estructura (la cual pasa de agregados a microagregados), a crear un alto volumen de microporos en detrimento de meso y macroporos muy útiles para movimiento y almacenamiento de agua y para crecimiento radicular. En los mesoporos, poros de almacenamiento de agua aprovechable, radica fundamentalmente el flujo de masa. En el proceso de difusión, los iones migran a menor concentración. Dicha migración sólo se realiza si el agua es el medio de transporte. Por ello es afectada por el contenido de humedad y por la distribución de tamaño de poros. El comportamiento de los procesos descritos anteriormente, es negativamente afectado por labores de labranza mal planificadas, las cuales al final afectan las condiciones físicas para: enraizamiento, flujo de masa y difusión.

En general en agricultura se pueden utilizar tres métodos de aplicación de fertilizantes: a) en bandas, b) al voleo y c) voleo-banda. Cada uno de ellos tiene sus implicaciones respecto a la respuesta de la planta y a la capacidad para satisfacer las posiciones de intercambio y fijaciones inherentes del suelo. Las aplicaciones en banda o localizadas actúan más directamente sobre la planta pues el fertilizante, por metodología de aplicación, queda en mejor contacto con las raíces, las cuales una vez que se desarrollen, pueden tomar los nutrientes principalmente por intercepción radicular. Las aplicaciones al voleo cumplen dos funciones: parte de los nutrimentos aplicados son aprovechados por la planta (intercepción radicular, flujo de masa y difusión) y parte son fijadas por el suelo en una intensidad que depende de la avidez o capacidad del suelo para fijarlos. Las aplicaciones que combinan los métodos anteriores, voleo-banda, cumplen con dar un buen suministro nutritivo a la planta y con satisfacer parte de la capacidad de fijación del suelo.

En el Cuadro 1, se presentan las diferencias en respuesta del maíz a la aplicación de niveles crecientes de

Cuadro 1. Respuesta del maíz a la aplicación de fosfato diamónico y urea, bajo dos sistemas de aplicación, banda y voleo, en los Llanos Centrales de Venezuela[1].

Fosfato Diamonico	Urea	Banda	RENDIMIENTO Relat.	Voleo	Relat.
------kg/ha------		t/ha	%	t/ha	%
100	150 (s)	5.05	299	3.09	202
100	75(s)-75(r)	4.59	272	3.11	204
100	150 (s)	4.67	277	3.10	202
200	150 (s)	4.53	268	4.76	311
200	75(s)-75(r)	3.78	224	3.86	252
200	150 (r)	3.91	232	3.81	249
400	150 (s)	5.01	297	4.53	296
400	75(s)-75(r)	5.27	312	4.24	283
400	150 (r)	4.28	253	4.27	279
Testigo		1.69	100	1.53	100
	Promedio	4.28		3.64	
	sd	1.02		0.96	

[1] Todos los tratamientos incluyeron la aplicación de 100 kg/ha de KCl.
s = Aplicación al momento de la siembra.
r = Aplicación 30 días después de la siembra.

[1]Programa de Recursos Naturales, Manejo de Suelos. ICA, Tibaitatá, A.A. 151123, El Dorado, Bogotá.

fosfato diamónico, en presencia de dosis similares de urea (150 kg/ha, fraccionado o sin fraccionar) y de KCl (100 kg/ha) en alfisoles de los Llanos Centrales de Venezuela, cuando se comparaban dos métodos de aplicación de fertilizantes, banda y voleo.

Uso de Sistemas de Apoyo-Decisión para Hacer Recomendaciones de Cal y Fósforo

R. Yost[1], T. J. Smyth[2], S. Itoga[3] y Zhi-Cheng Li[1]

¿QUÉ SON EL SISTEMA DE APOYO A LA DECISIÓN DE LA ACIDEZ DEL SUELO (SADA) Y EL SISTEMA DE APOYO A LA DECISIÓN DE FOSFORO (SADF)?

El Sistema de Apoyo a la Decisión de la Acidez del Suelo (SADA), y el Sistema de Apoyo a la Decisión de Fósforo (SADF) son programas de computadora diseñados para implementar el conocimiento existente en lo que se refiere a cultivos y suelos como herramientas que puedan ser usadas para diagnosticar y evaluar el impacto de la acidez del suelo o de la deficiencia de P en un terreno o lugar específico del agricultor, las medidas correctivas necesarias y las consecuencias económicas aproximadas de estas elecciones.

El SADA, (antiguamente llamado ACID4) fue inicialmente desarrollado para uso del Centro para la Investigación de Suelos en Bogor, Indonesia, como un socio colaborador del proyecto TropSoils/Indonesia. El SADA implementa la ecuación de Cochrane (Cochrane et al., 1980) como una forma de determinar la cantidad de aluminio (Al) que necesita ser neutralizado por cal con la finalidad de reducir la toxicidad de Al, de tal manera que los cultivos seleccionados puedan producir cerca de su máximo rendimiento. La cantidad de cal necesaria para neutralizar el Al es, por lo tanto, influenciada por la tolerancia del cultivo a Al, la profundidad de incorporación, la calidad de la cal a utilizarse y la cantidad de material orgánico adicionado. Se realiza también un análisis económico, que compara los beneficios de un probable aumento de rendimiento por la aplicación de la cal, con los costos de la cal, su transporte, distribución e incorporación. El SADA está disponible en idioma inglés pero existe la esperanza de que pronto sea traducido al español.

El SADF está diseñado para determinar si una deficiencia de P es probable y si ocurre, estimar la cantidad de fertilizante fosfatado que debe ser adicionado para corregir esta deficiencia. El diagnóstico es hecho comparando los niveles de P extractable del suelo en muestras de campo, con valores críticos estimados para suelos con textura y mineralogía similares. El sistema de fósforo está actualmente siendo desarrollado, pero su terminación depende de una financiación continua la que al presente es incierta. La esperanza está en preparar eventualmente la documentación y también la versión en español del programa.

¿COMO TRABAJAN EL SISTEMA DE APOYO A LA DECISION DE LA ACIDEZ DEL SUELO Y EL SISTEMA DE APOYO A LA DECISION DE FOSFORO?

El SADA y el SADF son un tipo de programa en computación que en el pasado fueron llamados 'sistemas expertos'. Este término fue a menudo mal entendido como una demanda ambiciosa a la excelencia. Mediante sistemas basados en el conocimiento, usando terminología más correcta, se intenta emular un comportamiento experto en la diagnosis de problemas, sugiriendo soluciones y evaluando alternativas. Los sistemas de apoyo a la decisión son típicamente programas de computación, tan generales y simples como una pequeña lista de datos, o tan complejos como un sistema combinado basado en el conocimiento y en un modelo de simulación matemática. Los sistemas basados en el conocimiento, de por sí, no pueden nunca ser tan 'expertos' como los humanos. Por otro lado, estos sistemas pueden hacer algunas cosas que los humanos no pueden hacer. Por ejemplo, tales sistemas pueden llevar a cabo cálculos matemáticos con velocidad, exactitud y con casi perfecta repetibilidad. La habilidad para rehacer rápida y confiablemente cálculos complejos facilita la evaluación de muchas alternativas de manejo, proporcionando uno de los beneficios útiles de los sistemas de apoyo a la decisión--*evaluar alternativas*. La evaluación de alternativas es una de las más importantes funciones de los sistemas y ha conducido al término 'apoyo a la decisión', porque las decisiones pueden ahora ser hechas eligiendo la más deseable de muchas posibles consecuencias, tal como fueron predichas por el sistema de computación. Debe enfatizarse que el humano es quien hace la decisión y que la computadora es la herramienta--no viceversa.

ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE APOYO A LA DECISION DE LA ACIDEZ DEL SUELO Y DEL SISTEMA DE APOYO A LA DECISION DE FOSFORO

La estructura general del SADA comprende los siguientes módulos: Datos del suelo, requerimientos del cultivo, alternativas de manejo y análisis económico. Debido a que el propósito de este documento es el de discutir los criterios usados en la diagnosis y en las recomendaciones en este artículo no se trabajará en estos módulos.

La estructura del SADA es primeramente un conjunto de reglas enlazadas de una manera similar a la usada cuando se razona en forma lógica. Las reglas son secuencias de frases SI y ENTONCES, las que operan en un intento de satisfacer las condiciones SI. Si las frases en la parte SI de la regla pueden ser satisfechas, entonces, las

[1]Departamento de Agronomía y Suelos, Universidad de Hawaii, Honolulu, Hawaii 96822, USA.
[2]Departamento de Ciencia de Suelo, Programa de Suelos Tropicales, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695-7619, USA.
[3]Departamento de Informática, Universidad de Hawaii, Honolulu, Hawaii 96822, USA.

conclusiones y las acciones listadas en la parte ENTONCES de la regla son consideradas verdaderas, y son ya mostradas al usuario como conclusiones, o son causa para ejecutar otro programa de computadora o para que ocurran otras acciones. El programa funciona mirando todas las posibles conclusiones y utiliza cuatro métodos para determinar si las reglas son verdaderas o falsas: 1) usando datos ya ingresados, 2) usando conclusiones ya inferidas, 3) usando reglas enlazadas, (por ejemplo, SI "a" ENTONCES "b", SI "b" ENTONCES "c", SI "c" ENTONCES "d", SI "d" ENTONCES "e") para inferir de los datos ya ingresados o de las conclusiones ya hechas o 4) como último recurso, preguntando directamente al usuario. Para usar reglas enlazadas, el programa intenta determinar si las condiciones de la parte SI de las reglas son verdaderas o falsas. Después de que el programa examina todas las reglas y determina cuáles son verdaderas y cuáles falsas, las conclusiones son reunidas y mostradas al usuario. Más detalles en lo concerniente a sistemas basados en reglas, redes semánticas o marcos orientados a objetivos, están disponibles en los siguientes textos Waterman (1986); Barrett y Jones (1990).

Métodos de inferencia más nuevos están siendo intensamente estudiados y están disponibles en algunos sistemas (redes semánticas, estructuras orientadas a objetivos, lenguajes para programar lógica y redes neutrales). Otros métodos están siendo explorados para desarrollar reglas para un conjunto dado de ejemplos.

Criterios usados por el SADA

Tal como se sugirió anteriormente, la ecuación de Cochrane es utilizada como un camino para estimar la cantidad de cal necesaria para neutralizar el Al extractable y de esta manera reducir la toxicidad a niveles tolerables por una planta específica. La ecuación es originalmente escrita como sigue:

$$RC = 1.5\,[Al\ Ext. - ((SCA/100 \times CICE)] \qquad (1)$$

en donde RC es el requerimiento de cal, Al Ext. es el Al extractable (determinado usando KCl 1N), SCA es la saturación crítica de aluminio (la saturación de Al en el suelo a 95% del rendimiento relativo) y CICE es la capacidad de intercambio de cationes efectiva.

El factor 1.5 fue determinado empíricamente de experimentos de campo (Wade et al., 1986, 1988) y es similar al obtenido de otros experimentos. El factor incluye las influencias de a) neutralización de Al no intercambiable (Kamprath, 1984) y b) correcciones peso/volumen para ajustar a una profundidad de incorporación de 15 cm.

Se han añadido algunos términos a la ecuación que expresan otros factores usados por el SADA para modificar los requerimientos de cal. Estos factores adicionales incluyen:

1. Profundidad de incorporación: si la cal va a ser incorporada a una profundidad diferente a 15 cm, debe de haber un término tal como (Profundidad/15) en donde 'Profundidad' es la profundidad a la que se intenta incorporar.

2. Densidad aparente: debido a que existe una conversión de peso a peso (cmol(+) Al/kg o meq/100g) para peso por volumen (t/ha), la conversión de peso a volumen es necesaria. En análisis de suelos reportados en peso/volumen, este factor no necesita ser considerado.

3. Calidad de la cal: la recomendación básica para encalar, asume una cal de alta calidad, tanto física (100% más pequeña que una malla 60) como química (100% de $CaCO_3$ equivalente). La recomendación final es modificada para reflejar la calidad de la cal a ser usada. Recientemente se está considerando el contenido de Ca y Mg en la cal como un paso para estimar el nivel de Ca y Mg que podría resultar en el suelo después de que la cal aplicada reaccione con el suelo.

Análisis económico por el SADA

Las consecuencias económicas de la aplicación de cal es estimada usando el análisis parcial del presupuesto. Este análisis compara los costos de la cal y su aplicación, con los beneficios esperados. Los costos considerados en el análisis incluyen el costo de la cal, el costo de transporte, la aplicación, la incorporación y los costos asociados necesarios para alquilar mano de obra.

Los beneficios son aquellos asociados con el aumento en el rendimiento producto de la neutralización de Al y de la reducción de la saturación de Al. Los aumentos en rendimiento ocurren debido a que otros beneficios del encalado no son corrientemente incluidos.

Uno de los aspectos más útiles en el análisis económico ha sido la inclusión de los efectos residuales del encalado. Estos efectos han sido enfatizados como un componente importante en la evaluación económica de las aplicaciones de cal (González, *et al.*, 1979; Sánchez and Salinas, 1981). Los procedimientos para incluir los efectos residuales en el análisis económico no han estado disponibles para los agrónomos. En un intento para describir matemáticamente los efectos residuales en una forma que puedan ser utilizados en un análisis económico, se ha adoptado el siguiente algoritmo en SADA. El alcance representado en el algoritmo es preliminar, sin embargo, los valores de los efectos residuales pueden ser cambiados para reflejar diferencias regionales en caso de que los datos estén disponibles.

Los beneficios del encalado podrían ser aprovechados por algunos años en tanto la cal continúe neutralizando el Al del suelo. La opción de costo del encalado PRORRATEADO reduce el costo del encalado para el año corriente en proporción al efecto residual esperado.

La otra opción (COSTO TOTAL), cambia todos los costos corrientes a la actual estación de cultivos. La última opción reflejaría la situación de subsistencia del agricultor--dinero disponible muy limitado para invertir en cal.

El "COSTO PRORRATEADO" es calculado sumando la efectividad del encalado durante cada año sucesivo por 5 años. La efectividad es expresada en términos de la cantidad de cal que sería necesaria para reducir la saturación de Al+H al "valor observado". El "valor observado" fue tomado del Proyecto de Suelos Tropicales, Indonesia, para cal molida y de Yurimaguas, Perú, para cal apagada (Dr. M. Wade, comunicación personal). El "COSTO PRORRATEADO" también toma en consideración el interés del costo en hacer la inversión inicial en cal pero sin recibir los beneficios hasta 5 años después. El cómputo del "COSTO PRORRATEADO" es como sigue:

$$PT = 1 / (1 + 0.67 w + 0.45 w^2 + 0.30 w^3 + 0.20 w^4) \quad (2)$$

en donde PT es la proporción del COSTO PRORRATEADO al COSTO TOTAL. El COSTO TOTAL es el costo total del encalado en el primer año. Los términos w, w^2, w^3 y w^4 son expresiones de interés calculadas como sigue:

$$w = 1 / (1 + \text{interés} / \text{costo}), \quad (3)$$

en donde interés es la cantidad del interés, y costo es el costo del encalado. Los términos w^2, w^3 y w^4 son w*w, w*w*w y w*w*w*w, respectivamente.

La expresión anterior para PT es válida para cal molida y refleja el "estimado" de que la efectividad del encalado no parece disminuir marcadamente hasta el cuarto y quinto años. Los datos usados para este estimado son sólo de tres años de tal forma que no estamos seguros de las aproximaciones del 4to y 5to año y, consecuentemente estas estimaciones son más bien conservadoras.

La cal apagada parece tener un valor residual más corto y se calcula como sigue:

$$PT = 1 / (1 + w + w^2 + 0.50 w^3 + 0.25 w^4) \quad (4)$$

en donde las "w" son las mismas que en la anterior ecuación. Esta expresión refleja la observación de que cerca de 1/3 se pierde cada año (Dr. M. Wade, comunicación personal, 1985).

Modificaciones que están siendo consideradas para el SADA

1. Una asunción de la ecuación de Cochrane es que existe una relación en línea recta entre la cal aplicada y el Al neutralizado. Esto es representado en la Figura 1. Sin embargo, los datos colectados en Indonesia sugieren que algo del Al extractable es retenido más estrechamente, particularmente los últimos incrementos en el complejo de intercambio (Wade et al., 1988). El Al retenido en el complejo de intercambio en esta manera probablemente varíe con las varias fuentes de carga negativa y probablemente con las fuentes de Al + H removido en la extracción con KCl. Gilman y Sumner (1986) han descrito algunas porciones del Al extractable que son más difícilmente intercambiables que otras usando el método del intercambio compulsivo.

2. Otra asunción seria en nuestra utilización de la ecuación de Cochrane es que existe una respuesta en línea recta del valor crítico al rendimiento relativo cero al nivel de 100% de saturación de Al (Figura 2). Mientras que la asunción de la línea recta no afecta las recomendaciones del encalado, sí afecta el incremento esperado de rendimiento debido al la reducción de la toxicidad de Al un factor importante en el análisis económico de beneficios. Muchos datos no muestran este tipo de respuesta. A menudo, existe una disminución en el rendimiento a niveles de saturación de Al más grandes que la saturación crítica de Al, pero donde hay datos suficientes, los rendimientos relativos disminuyen más lentamente que los asumidos en la ecuación inicial (también mostrado en la Figura 2 de Wade et al., 1988). Tal como se indicó en la Figura 2, una extrapolación de la curva para el rendimiento relativo de frijol mungo alcanzará el nivel 0% relativo ligeramente antes del 60% --mucho antes del 100% de saturación de Al. Consecuentemente, el uso del estimado de la línea recta podría subestimar la respuesta al encalado. Para arroz, sin embargo, la interpolación de la línea recta entre la saturación crítica de Al y el punto 0% del rendimiento relativo y el 100% de la saturación de Al tenderá a

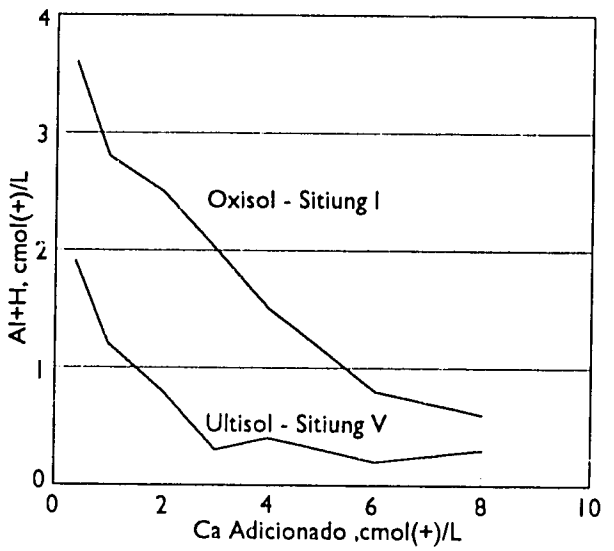


Figura 1. Relación entre Al + H intercambiable y Ca añadido a dos suelos en Sitiung, Indonesia.

sobreestimar la respuesta al encalado. Una representación más precisa de estas respuestas es necesaria, particularmente porque el sesgo de la curva de respuesta a los niveles de saturación de Al sobre el nivel crítico, es crítico al estimar incrementos de rendimiento debidos al encalado para el análisis económico. Una sugerencia para incluir tal información podría ser la de tratar de obtener la saturación de Al a no solamente al 95% del rendimiento relativo sino también al 50% (Figura 2). El punto adicional en la curva permitiría sustancialmente una predicción más exacta de los aumentos de rendimiento.

3. Eventualmente sería provechoso incluir procesos del Al más fundamentales, tales como el asesoramiento directo de la disponibilidad de Ca en la solución suelo y la interacción con P, disponibilidad de agua debida al enraizamiento restringido así como el reducido acceso al N del subsuelo (Souza y Ritchey, 1985).

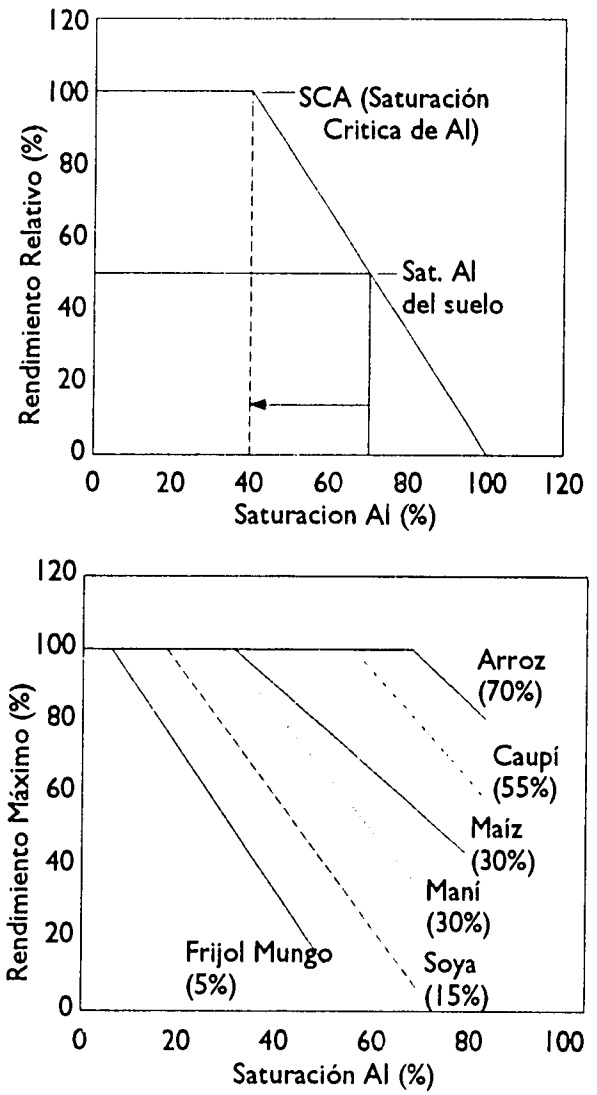


Figura 2. Relación conceptual entre rendimiento relativo, saturación de Al, saturación crítica de Al y valores omitidos y usados por SADA para tolerancia a la acidez relativa entre cultivos.

4. En Brasil, el uso del método del Al extractable para estimar el requerimiento de cal ha sido extendido a suelos con menos del 20% y con más del 60% de arcilla (Souza et al., 1989). Ha habido una tendencia del método del Al extractable por KCl de sobre-recomendar el encalamiento en suelos con menos del 20% de arcilla y el subestimar el requerimiento de cal en suelos con contenidos de arcilla de más del 60%. Resultados de este método han sido comparados con otro método llamado el "método de saturación de bases" (Quaggio, 1983). De acuerdo con este último, se busca determinar la cantidad de bases que debería ser añadida para proveer cerca del 50% de saturación (basado en una CIC medida a pH 7.0) (Souza et al., 1989). Este método da estimados más bajos de requerimientos de cal que el método del Al extractable en suelos con menos del 20% de arcilla y estimados más altos en suelos con más del 60% de arcilla. Para estos extremos en textura, el requerimiento de cal estimado de las curvas de respuesta del cultivo de estudios en el campo se compara más favorablemente con el método de saturación de bases que con el método del Al extractable. Para texturas intermedias los dos métodos dan requerimientos de cal similares (Souza et al., 1989). Estos resultados necesitan ser comparados sobre un amplio grupo de texturas y mineralogías del suelo.

Se especula que con suelos de textura menores de 20% de arcilla la proporción de KCl a Al extractable es mucho más alta que la que ocurre con suelos de textura intermedia y por lo tanto se extrae más Al. A porcentajes altos de arcilla, más del 60%, se podría especular similarmente que la proporción del KCl a la superficie de Al sería menor que a texturas intermedias y por consiguiente, el procedimiento no extraería todo el Al que podría eventualmente reaccionar con la cal añadida. Modificaciones en SADA no están siendo prontamente anticipadas en respuesta a estas preguntas, por lo que es necesario un mejor entendimiento. Existen numerosas situaciones en donde la cal es requerida para beneficios diferentes a los de neutralizar el Al extractable. Claramente, el "síndrome del suelo ácido" incluye un rango amplio de factores, tales como toxicidad de Al, toxicidad de Mn, disponibilidad de P en suelos altos en Al extractable, constancia en el abastecimiento de Ca y micronutrientes. La importancia en la constancia del abastecimiento de Ca ha sido sugerida mediante revisiones (Hanson, 1984).

Fox et al. (1990), sugiere que muchos suelos ácidos no contienen cantidades grandes de Al extractable. En tales situaciones, se debe estimar los requerimientos de cal por medios alternativos. La pregunta que sigue es: Cuando se determina el Al extractable y el valor medido es cero, cómo se sabe si el Al ha sido ya neutralizado o si el suelo no contiene Al debido a una excesiva edafización? Se podría desafiar a los colegas que trabajan en suelos volcánicos a reflexionar y a investigar esta pregunta. Tal vez el uso de procedimientos de extracción de Al con fluoruro de sodio u oxalato de amonio serían mediciones

adicionales útiles.

No obstante, parece existir la necesidad de considerar más directamente el Ca necesario para que la raíz de la planta pueda contrarrestar los efectos de la toxicidad de Al así como también el efecto en el aumento del pH por el carbonato presente en el material encalante. Métodos proceso-reflejo más exactos son necesarios para usarlos en programas nuevos de apoyo-decisión para el manejo de suelos ácidos.

Criterios usados en el SADF

El Sistema de Apoyo a la Decisión de Fósforo, en contraste, está conceptualmente menos definido. El alcance que está siendo considerado a este estado de desarrollo es una combinación de diagnosis y de recomendación basado en análisis de suelos.

Diagnosis: La etapa de diagnosis es primeramente una en la que se comparan valores críticos de análisis de suelos para varios cultivos con valores medidos en un terreno específico del agricultor. Otra fuente de información para el diagnóstico a menudo más disponible pero menos confiable es la información regional, así existe, la posibilidad de tener una deficiencia en la región, en los suelos o bajo esquemas de cultivo. Por ejemplo, en Niger, si el campo no ha sido cultivado previamente, se podría predecir una deficiencia de P, aunque con menos confianza que con los análisis de suelo (Manu et al., 1989).

Los niveles críticos son tomados de valores tabulados por Souza (1989), los que han sido determinados para suelos del Cerrado Brasileño. Al presente, los niveles críticos estimados para Mehlich 1, influenciados por el % de arcilla, están dados en el Cuadro 1.

Los estimados de los niveles críticos son también dados para el extractante Bray 1. Se han hecho intentos para determinar la equivalencia entre varios extractantes. Desafortunadamente, la mayoría de estudios en donde se comparan extractantes no proveen suficientes datos de caracterización para establecer el rango del área superficial y la reactividad superficial necesaria para agrupar los suelos con respecto a sus propiedades de adsorción. Además, la mayoría son estudios de comparaciones de métodos que no consideran las propiedades del sistema coloidal de los suelos estudiados, ni incluyen estudios o resultados de campo. Datos que provean estimados de valores críticos para un rango de texturas y mineralogías del suelo, son claramente necesarios para el desarrollo de las relaciones de regresión apropiadas, de tal manera que se pueda interpolar los valores críticos a suelos en los que no se hayan determinado estos valores. Esta tabulación del nivel crítico, con el % de arcilla en un eje y con la CICE/100 g de arcilla en el otro, en donde la CICE es determinada mediante acetato de amonio a pH 7, ayudaría grandemente en nuestros esfuerzos para extrapolar y generalizar resultados de una localidad a otra (Figura 3).

Recomendación: Si se diagnostica una deficiencia de P, entonces, datos adicionales del suelo serán necesarios para estimar dos coeficientes: 1) la cantidad de fertilizante fosfatado necesario para aumentar los valores de P del análisis de suelo al nivel crítico y 2) la cantidad de P necesario para mantener el nivel crítico en el caso en que los suelos no puedan ser analizados cada año.

Cuadro 1. Interpretación de los resultados de análisis de suelos por el método de Mehlich. (Souza, 1989).

Arcilla	Muy Bajo	Bajo	Medio	Bueno
%	-------P en el Suelo (MEHLICH, mg/kg)--------			
61-80	0-1	1.1-2.0	2.1-3.0	>3.0
41-60	0-3	3.1-6.0	6.1-8.0	>8.0
21-40	0-5	5.1-10.0	10.1-14.0	>14.0
<20	0-6	6.1-12.0	12.1-18.0	>18.0

Valores similares de Kang y Osiname (1979) para Mali y Niger y de Wade y Widjaja-adhi (1988) para Indonesia son también incluidos.

Si el SADF concluye que existe una deficiencia de P, pedirá la textura del suelo representada por el % de arcilla y cualquiera de los extractantes, Mehlich 1 ó 3 o Bray 1. Esta elección del extractante refleja las elecciones hechas por Lins y Cox (1989) en su investigación. La ecuación que predice el requerimiento de P basada en el % de arcilla y en el valor del análisis del suelo es luego usada para estimar el requerimiento básico de P. En poco tiempo se añadirá la opción mediante la cual el usuario especifica el tipo de material fosfatado que está disponible en la región, de tal manera que la recomendación sería dada en las unidades convenientes. Muchos otros aspectos quedan para ser organizados y lógicamente enlazados en este continuo esfuerzo de desarrollo.

Uno de los mayores problemas en el ensamblaje de datos de P ha sido que mientras los estimados de los valores críticos son similares para el mismo cultivo y el mismo extractante, es difícil ejecutar el siguiente paso y predecir la cantidad de P necesaria para restaurar o aumentar los niveles del análisis del suelo, usando los valores de P del análisis de suelos y la relación entre el P adicionado y el valor crítico. Este problema está claramente reflejado en los métodos de diagnóstico para interpretar los datos del análisis del suelo. En el método Cate-Nelson, por ejemplo, el intento es primeramente el de proveer un sí o un no como respuesta--si existe o no una deficiencia. La adsorción de los fertilizantes fosfatados por el suelo es un tema crucial y la predicción de las reacciones con el suelo es central para estimar exitosamente el requerimiento de P. Se está tratando de considerar la adsorción de P como compuesta de dos procesos: 1) un factor relacionado a la superficie disponible para la adsorción y 2) la reactividad de la superficie con el P adicionado:

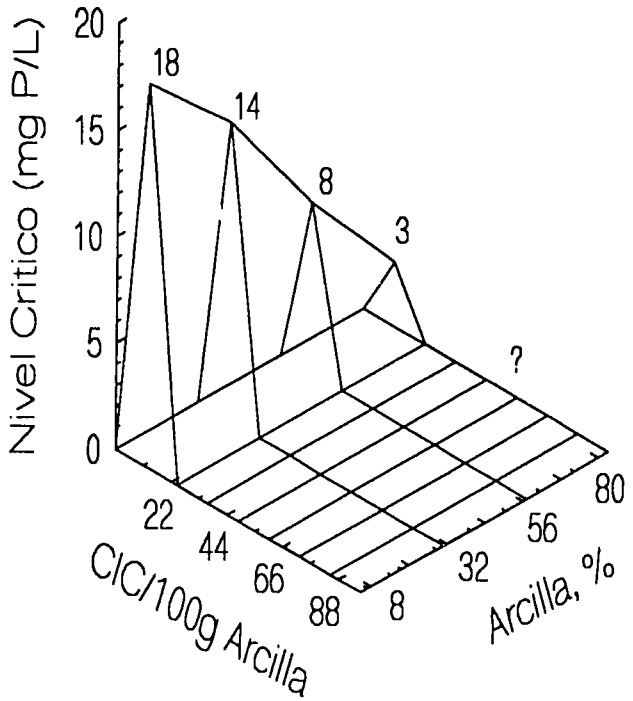


Figura 3. Relación entre niveles críticos de P en el suelo y la cantidad de arcilla (%) y actividad (CICE/ 100 g arcilla). El signo de interrogación ilustra el limitado conocimiento y variabilidad de la relación a lo largo de un rango de condiciones con actividad de arcilla y clases texturales variables.

Absorción de P (reactividad de P) = área (m^2) x reactividad (mg P/m^2) (5)
(reactividad a corto plazo contra reactividad a largo plazo)

El dato comúnmente más disponible que relaciona el área superficial es el % de arcilla. Considerando el procedimiento para determinar el tamaño de partícula y la usual correlación negativa alta entre el % de arena y el de arcilla, tal vez el % de arena podría ser también una alternativa útil.

El segundo factor, o sea la reactividad de la superficie, debe ser un reflejo de la mineralogía. Para estimar este factor se considera un índice ampliamente usado en Taxonomía de Suelos, la actividad de la arcilla (capacidad efectiva de intercambio de cationes por 100 g de arcilla), representada por CIC/100 g de arcilla (Soil Taxonomy, 1975). Otras medidas tales como el pH en NaF o el Al y Fe extractables por oxalato necesitan también ser considerados, con la finalidad de indicar la cantidad de minerales de corto rango (Alvarado y Buol, 1985). En algunos casos, la capacidad tampón de P podría ser una medida más directa y útil. La elección y posible uso de este índice está altamente influenciado por la probabilidad de tener disponibles estos datos del suelo. Hay que enfatizar que los datos para este índice necesitan estar disponibles para los campos experimentales en donde las respuestas a P están siendo medidas, así como para nuevos lugares para los que se busca hacer las recomendaciones.

De esta descripción breve de los dos sistemas de apoyo a la decisión, está claro que el marco conceptual para el sistema de P está menos desarrollado matemáticamente que el del sistema de acidez. Las razones probablemente reflejan el hecho de que los requerimientos de fertilizantes fosfatados, al menos inicialmente, reflejan la variación en la adsorción de P por los suelos. La cantidad de datos requeridos para describir adecuadamente la adsorción de P por el suelo para recomendaciones específicas en cada lugar es alta.

EJEMPLOS EN EL USO DE SADA Y SADF

Los sistemas basados en el conocimiento o sistema de apoyo a la decisión pueden ser usados en las siguientes circunstancias:

Diagnosis y recomendación: 1) cuando el usuario no está familiarizado con los factores involucrados en hacer una diagnosis de las condiciones limitantes para el crecimiento o para la producción, 2) cuando el usuario no conoce la cantidad de enmienda que es necesaria para resolver un problema, 3) cuando el usuario no está advertido de las limitaciones o de las precauciones especiales que debería de realizar cuando interviene en aplicaciones o en medidas de control, 4) cuando el usuario no está advertido de los mayores cuidados que debería tener en interpretar observaciones o datos de campo, 5) en el caso del SADA, cuando el usuario desea evaluar el beneficio de encalar un suelo ácido, los efectos de usar materiales encalantes de diferente calidad, el impacto de la selección de cultivos o el impacto de diferentes tipos de suelo.

Planeamiento: Los sistemas de apoyo a la decisión pueden ser útiles para planear el manejo de suelos y de cultivos debido a que permiten hacer recomendaciones específicas para cada lugar. Estas recomendaciones requieren no solamente del sistema de apoyo a la decisión sino también de observaciones en el lugar y datos locales, necesarios para manejar las ayudas en la decisión.

Tal como se indica arriba, para un buen planeamiento se necesita tener las alternativas identificadas y sus probables consecuencias completamente descritas. Los sistemas de apoyo a la decisión son una manera de hacer esto.

Evaluación de alternativas: Un estudio reciente en la Universidad de Purdue indicó que usuarios de sistemas expertos evaluaron más alternativas cuando usaron ayudas en la decisión basadas en computación que cuando consultaron a una persona experta. Los productores consideraron las ayudas en la decisión más accesibles que la persona experta. Los productores también reportaron algunas veces más confianza en la ayuda en la decisión debido a que ellos percibieron que las tendencias del

personal experto habían sido eliminadas del proceso de decisión (Smith, 1988).

La creciente evaluación de alternativas enfatiza uno de los mayores beneficios de los sistemas de apoyo a la decisión -- *se exploran las implicaciones de diferentes manejos de suelo y de cultivo, de diferentes condiciones económicas*. Explorando estas alternativas, los agricultores y los planificadores pueden estar preparados para actuar rápidamente cuando ciertos eventos ocurren en vez de perder oportunidades o no estar preparados para una rápida acción. La agricultura ha estado siempre asociada al riesgo; estos sistemas permiten trabajar con consejo experto a través de la presentación y análisis de las consecuencias de varias situaciones de manejo, y por lo tanto al hacerlo por anticipado puedan cambiar la agricultura de un juego a una elección entre alternativas completamente estudiadas.

Mejorando la calidad de la investigación en suelos: Ayudas a la decisión bien diseñadas pueden también mejorar el proceso de la investigación (Rauscher, 1987). Si se ensambla la información necesaria para la mejor diagnosis y recomendación posibles, ello identificará enlaces débiles en el razonamiento. Los enlaces débiles podrían incluir: 1) conocimiento inadecuado de los factores responsables de la reducción en el rendimiento, 2) inadecuado algoritmo para relacionar los factores identificados, 3) mediciones empíricas que son específicas del lugar y no pueden ser generalizadas y 4) datos insuficientes debido al alto costo de las mediciones o a la infraestructura inadecuada.

MANERAS EN QUE LOS MIEMBROS DE LA RED PODRÍAN UTILIZAR LAS AYUDAS EN LA DECISIÓN

Los miembros de la red, por sí mismos, pueden determinar los posibles beneficios del uso de las ayudas en la decisión. Ciertamente, una comparación de las diagnosis y de las consecuentes recomendaciones de las ayudas en la decisión aquí descritas podrían ser hechas con los ensayos en red y los resultados de campo. Alentamos tales comparaciones y estaríamos especialmente agradecidos en discutir los resultados, particularmente cuando las predicciones de las ayudas en la decisión no estén de acuerdo con los resultados de campo. Las ayudas en la decisión están incompletas y detalles adicionales o cambios en el método serían necesarios. Un momento ideal para discutir las adiciones necesarias podría ser durante las visitas regulares de la red. Los artículos podrían también ser publicados en el boletín de la red para compartirlos con otros miembros.

En algunos casos, las condiciones y las situaciones locales no pueden ser ingresadas en el programa de ayuda en la decisión debido a ciertas asunciones relacionadas a los sistemas de cultivo o a tipos de agricultura. Si éste es el caso, entonces a nosotros, de nuevo, nos gustaría discutir estos problemas y trataríamos de modificar el programa para reducir tales dificultades para el futuro.

Datos específicos que podrían realzar los sistemas de apoyo a la decisión, SADA y SADF:

1. Acidez del suelo: Evaluar ambos, el Al extractable por KCl y el método de incubación para estimar los requerimientos de cal en suelos con cantidades variables de minerales amorfos. Estimar la Saturación Crítica de Aluminio para cultivos o cultivares no caracterizados previamente.

2. Fósforo del suelo: Determinar los niveles críticos para suelos de contenido de arcilla y mineralogía variables (CIC/100 g de arcilla). Datos seguros que relacionen la cantidad de fertilizante fosfatado necesaria para aumentar el P del suelo analizado al nivel crítico, afectado por el % de arcilla y la mineralogía (expresado como CIC/100 g de arcilla). Examinar la posibilidad de analizar los minerales que forman enlaces secundarios con P a través de los análisis, tales como el pH en NaF.

LITERATURA CITADA

Alvarado, R. y S.W. Buol. 1985. Field estimation of phosphate retention by Andepts. Soil Sci. Soc. Am. J. 49:911-914.

Barber, S.A. 1984. Liming materials and practices. En F. Adams (ed.) Soil Acidity and Liming, 2nd Edition, pp. 185.

Barrett, J.R. y D.D. Jones. 1989. Knowledge engineering in agriculture. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan.

Cochrane, T.T., J.G. Salinas y P.A. Sanchez. 1980. An equation for liming acid mineral soils to compensate crop aluminum tolerance. Tropical Agriculture 57:133-140.

EMGOPA, 1988. Recomendacoes de cerretivos e fertilizantes para Goiás, 5a aproximacao. Convenio Universidade Federal de Goiás. Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuaria. Informativo Técnico No 1.

Friesen, D.K., A.S.R. Juo y M.H. Miller. 1982. Residual value of lime and leaching of calcium in a kaolinitic Ultisol in the high rainfall tropics. Soil Sci. Soc. Amer. J. 46:1184-1189.

Fox, R.L., N.V. Hue, R.C. Jones y R.S. Yost. 1990. Plant-soil interactions associated with acid, weathered soils. Plant and Soil (por publicar).

Gillman, G.P. y E.A. Sumner. 1986. Surface charge characteristics and lime requirements of soils derived from basaltic, granitic, and metamorphic rocks in high rainfall tropical Queensland. Australian Journal of Soil Research 24: 173-192.

Gonzalez, E., E.J. Kamprath, G.C. Naderman y W.V. Soares. 1979. Effect of depth of lime incorporation on the growth of corn on an Oxisol of Central Brazil. Soil Science Society of America Journal 43: 1155-1158.

Hanson, J.B. 1984. The function of calcium in plant nutrition. Adv. in Plant Nutrition 1:149-2'8. Praeger Publishing, NY.

Janssen, B.H., D.J. Lathwell y J. Wolf. 1987. Modeling long-term crop response in fertilizer phosphorus. II. Comparison with field results. Agron. J. 79: 452-458.

Quaggio, J.A. 1983. Metodos de laboratorio para determinacao de calagem em solo. E.M. Van Raij, O.C. Bataglia y N.M. da Silva, coordinadores. Acidez e Clagem no Brasil, Simposio, Campinas, Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo.

Kamprath, E.J. 1984. Crop response to lime on soils in the tropics. En F. Adams (ed.), Soil Acidity and Liming, 2nd Edition, American

Society of Agronomy.

Kang, B.T. y O.A. Osiname. 1979. Phosphorus response on maize grown in Alfisols of southern Nigeria. Agron. J. 71: 873-877.

Lins, I.D.G., F.R. Cox y J.J. Nicholaides, III. 1985. Optimizing phosphorus fertilization rates for soybeans grown on Oxisols and associated Entisols. Soil Sci. Soc. Am. J. 49: 1457-1460.

Lins, I.D.G. y F.R. Cox.1989. Effect of extractant and selected soil properties on predicting the correct phosphorus fertilization of soybeans. Soil Sci. Soc. Am. J. 53: 813-816.

Lins, I.D.G. y F.R. Cox. 1989. Effect of extractant and selected soil properties on predicting the optimum phosphorus fertilizer rate for growing soybeans under field conditions. Commun. in Soil Sci. and Plant Anal. 30: 319-333.

Manu, A., A. Bationo y S.C. Geiger. 1989. The phosphorus status of millet producing West African soils. (en preparación).

Rauscher, H.M. 1987. Increasing scientific productivity through better knowledge management. AI Applications in Natural Resource Management 1: 21-31.

Ritchey, K.D., J.E. Silva y U.F. Costa. 1982. Calcium deficiency in clayey B horizons of savannah Oxisols. Soil Sci. 133: 378-382.

Sanchez, P.A. y J.G. Salinas. 1981. Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in Tropical America. Adv. Agron. 34:279-406.

Sharpley, A.N., U. Sinhg, G. Uehara y J. Kimble. 1989. Modeling soil and plant phosphorus dynamics in calcareous and highly weathered soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 53: 153-158.

Smith, O.R. III. 1988. Sources and uses of information and their implication for the acceptance od knowledge-based decision-support systems in agriculture. Purdue University.

Soil Survey. 1975. Soil Taxonomy. Soil Conservation Service Technical Bulletin No. 435.

Souza, D.M.G. 1989. Calagem e adubacao da soja no Cerrado. Deagro. Depto. Agronómico/Adubos Trevo.

Souza, D.M.G. de, L.N. de Miranda, E. Lobato y L.H.R. Castro. 1989. Metodos para determinar as necessidades de calagem em solos de Cerrado. Revista Brasileira da Ciencia do Solo 13(2), (por publicar).

Souza, D.M.G. y K.D. Ritchey. 1985. Uso de gesso no solo de Cerrado. (Trabajo presentado en el 'Seminario sobre o uso de Fosfogesso na Agricultura', Brasilia, DF, 1985).

Sudjadi, M., I.P.G. Widjaja Adhi y S. Adiningsih. 1989. Constraints to utilization of acid soils in Indonesia. En J.L. Demetrio y B. De Guzman (eds.). III International Soil Management Workshop: Management and Utilization of Acid Soils in Oceania. Belau, Feb. 2-6, 1987.

TropSoils Annual Report. 1985. TropSoils Management Entity. North Carolina State University. Raleigh, N.C.

Wade, M.K. y I.P.G. Widjaja-Adhi. 1989. Phosphorus fertilizer management and P availability on a high sorption tropical soil. Pemberitaan Penelitian Tanah Dan Pupuk 8: 7-13.

Wade, M.K., D.W. Gill, H. Subagio, M. Sudjadi y P.A. Sanchez. 1988. Overcoming Soil Fertility Constraints in a Transmigration Area of Indonesia. TropSoils Project and Centre for Soils Research, Bogor, Indonesia.

Wade, M.K., M. Al-Jabri y M. Sudjadi. 1986. The effect of liming on soybean yield and soil acidity paramenters of three Red-Yellow Podzolic soils of West Sumatra. Pemberitaan Penelitian Tnah dan Pupuk 6: 1-9.

Waterman, D.A. 1986. A Guide to Expert Systems.

Widjaja-Adhi, I.P.G. y J.A. Silva. 1986. Calibration of soil phosphorus tests for maize on Typic Paleudults and Tropeptic Eutrustox. Pemberitaan Penelitian Tanah Dan Pupuk 6: 32-39.

Wolf, J., C.T. de Wit, B.H. Janssen y D.J. Lathwell. 1987. Modeling long-term crop response to fertilizer phosphorus. I. The Model. Agron. J. 79: 445-451.

APENDICE I

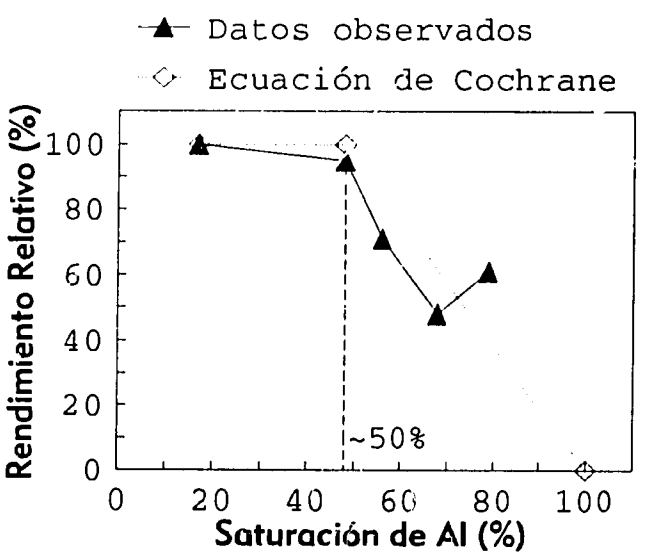
Una ilustración del estimado de la saturación crítica de Al (SCA) de experimentos de encalamiento en campo. Ejemplo tomado de datos en maní (var. Tatu Vermelho) en EMBRAPA-CPAA, Manaus, Brasil (T.J. Smyth, comunicación personal).

Datos de Campo:

Tratamiento De Encalado	Rendimiento Relativo[1]	Saturación De Al[2]
----------%----------		
1	61	79
2	48	68
3	71	56
4	95	48
5	100	17

[1] Rendimiento relativo = (rendimiento de un tratamiento/ rendimiento máximo en el experimento) x 100
[2] % Sat. Al = [Al / (Al + Ca + Mg + K + Na)] x 100

Notar en la presentación gráfica que la ecuación de Cochrane obliga al rendimiento relativo a pasar por cero a 100% de saturación de Al. Tal como se menciona en el texto, podría no ser verdadero para todos los casos. El ajuste de Cochrane para los datos se podría obtener mediante una inspección visual de los mismos en caso de que una rutina de ajuste no lineal tal como NLIN in SAS no esté disponible. Sería preferible, si está disponible, la rutina estadística de ajuste.



APENDICE II

Sugerencias para adicionar su propio archivo dBASE III en el SADA DB: Notar que en esta descripción las letras mayúsculas se refieren a cualquiera de los programas o variables en dBASE III.

1. Para adicionar sus propios archivos dBASE III en el SADA III sin cambiar el enlazamiento entre el sistema experto y los archivos DB, los nuevos archivos DB deben seguir el mismo formato de los archivos existentes. Usando el comando COPY STRUCTURE en dBASE III, usted puede fácilmente organizar un nuevo archivo de datos, es decir, ABCDE.DBF, de cualquiera de los archivos DB existentes EXCEPTO el archivo SMAP3.DBF.

El siguiente paso es el de ingresar los datos en ABCDE.DBF. En SADA DB, cada pedón tiene no más de tres capas, las profundidades correspondientes a 0-15, 15-30 y 30-45 cm, respectivamente. Todos los datos numéricos deben ser normalizados en profundidad (quiere decir, un valor promedio calculado para cada 15 cm). Cada pedón debe tener un nombre único: IDPED (usado como dato "clave"). Los SSNAME son los nombres de las Series de Suelos los que han sido mostrados para indicar la localidad. Usted puede asignar sus propios nombres a este campo dBASE. Los TXOSGG son los códigos taxonómicos del Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de los Estados Unidos de Norteamérica (ver TX.DAT para la lista). Usted puede llenar el campo con la palabra "blank" si no tiene el código.

Para los datos numéricos, valores de "-3" o "3.0" indican datos extraviados. El nombramiento de todos los campos sigue exactamente los convenidos por el SCS. Entre otros datos, SNCFIP?, OC, N, P, PHSP, PSORB, IDSAM, pueden ser "blanks" si no hay tales datos disponibles.

2. Crear un archivo ASCII ABCDE.CAT con el SSNAME y los valores IDPED ya especificados en ABCDE.DBF. Una línea por pedón. Este archivo, como todos los otros archivos .CAT, sirve como el catálogo del archivo.

3. Encuentre el archivo log CAT.DAT. Adicione la siguiente línea en el archivo:

"3 Continent $1 New Country/Area Name $b:abcde.dbf $b:abcde.cat$"

Usted puede usar sus propias palabras o descripciones para "Continent", "New Country/Area Name", mientras que B:abcde.dbf le dice al sistema dónde está guardado el archivo de datos de suelo y el nombre del archivo. Esté seguro de que los campos esten separados por $.

4. Corra el sistema completo.

Resumen General de Articulos Sobre Altos Insumos

Edgar Amézquita[1]

Los principales factores limitantes para el logro de una agricultura sostenible en áreas tropicales están relacionados con:

-La agresividad y distribución de las lluvias.

-La baja estabilidad estructural de algunos suelos, lo cual los hace susceptibles a pérdida de la estructura por la agresividad de las lluvias y por la utilización inapropiada de implementos de labranza.

-La susceptibilidad intrínseca de los suelos a erosión (erodabilidad).

-La pérdida acelerada de la materia orgánica, que conlleva a la disminución de la población microbial benéfica, con consecuencias negativas en la disponibilidad de nutrimentos, en la estabilidad estructural de los suelos y en la susceptibilidad de los suelos a la erosión.

-La baja fertilidad natural de los suelos asociada con la pérdida de materia orgánica y con la escasa capacidad de los materiales parentales para liberar nutrimentos.

-La alta presencia de elementos tóxicos, especialmente de Al, Mn y Fe.

-El escaso espesor del horizonte superficial y la presencia de limitantes químicos (Al, Mn, Fe) y físicos (compactación natural) en el horizonte subyacente.

Para vencer estos limitantes los trabajos presentados en la sección de agricultura intensiva estuvieron centrados en investigaciones sobre:

-Métodos de labranza (L-cero) para luchar contra la erosión y el deterioro estructural de los suelos.

-Métodos de cincelado para controlar el efecto negativo de la presencia de capas compactadas subsuperficiales.

-Desarrollo de tecnologías de uso de "mulch" superficial para controlar la erosión.

-El uso de enmiendas para controlar los efectos nocivos de elementos tóxicos.

-El uso de fuentes fosforadas para conseguir una suplencia adecuada de este nutriente, evitar su fijación y desarrollar tecnologías que permitan un uso más eficiente de las rocas fosfóricas.

Para complementar las necesidades de investigación se requiere:

-Cuantificar la energía cinética de las lluvias (erosividad) para diferentes ambientes agroecológicos.

-Realizar estudios de balances hídricos para los diferentes ambientes agroecológicos.

-Realizar, para esos ambientes, estudios sobre erodabilidad de suelos.

-Incrementar los estudios para resolver los problemas de nutrición de los cultivos, tanto a nivel de enmiendas como de utilización y uso eficiente de macro, meso y micronutrimentos.

-Incrementar los estudios sobre microbiología de suelos desde los puntos de vista de descomposición de la materia orgánica, generación de estructura y de fijación biológica al N.

-Incrementar los estudios sobre materiales genéticos resistentes a estrés nutricional, hídrico, etc.

-Iniciar estudios de zonificación de áreas homogéneas por factores limitantes y por potencialidades para producción sostenible.

La unión de los resultados de los trabajos presentados muestra que, mediante un uso adecuado de suelos que integre dentro de una condición climática homogénea, las soluciones que brindan los resultados obtenidos en fertilidad de suelos, en física de suelos, en microbiología y en conservación de suelos, es posible desarrollar también, integradamente, sistemas de manejo de suelos y de cultivos que lleven al desarrollo de una agricultura intensiva, sostenible y productiva en el trópico húmedo. Para lograr lo anterior, es necesario que las líneas de investigación sean multidisciplinarias y que involucren los factores que regulan la producción agrícola: clima-suelo-planta-hombre (manejo).

[1]Programa de Recursos Naturales, Manejo de Suelos, ICA, Tibaitatá, A.A. 151123, El Dorado, Bogotá.

Recomendaciones del Grupo de Trabajo en Cultivos Continuos

Elaboración de Manual de Laboratorio de Suelos

Justificación:

Debido a que en la actualidad la metodología seguida por los diferentes laboratorios no es uniforme, se dificulta la interpretación de los análisis. Por esta razon, se hace necesario elaborar un manual de procedimientos de análisis. Como se ha observado la carencia de laboratorios en algunos países, se hace indispensable elaborar un manual que sirva de guía para la implementación de los mismos.

Objetivos:

1. Estandarizar procedimientos para llevar a cabo análisis de suelos y plantas, con las diferentes soluciones extractoras, adaptadas a las necesidades de cada país.
2. Fortalecer los laboratorios de suelos de los diferentes países.

Planes Experimentales:

Realizar estudios de calibración y correlación de soluciones extractoras, por grupo de suelos según el sistema FCC.

Metodologias:

Análisis de laboratorio:

Suelos- físicos y químicos
Plantas
Pruebas de invernadero
Pruebas de campo y análisis económico

Logros Esperados:

-Proporcionar una guía práctica para la implementación de laboratorios de análisis.

-Facilitar el intercambio de resultados entre los diferentes países.

-Apoyar la investigación de los diferentes campos de acción de las redes.

-Integrar los diferentes laboratorios a través del intercambio de información entre ellos.

Responsables:

Universidad de Costa Rica
CIMMYT
NCSU

Leguminosas Intercaladas a la Siembra del Maíz en Ladera

Cobertura geográfica: Centro América, el Caribe y Suramérica

Justificación:

Las pérdidas de suelo en cultivos limpios como el maíz en ladera ocurre en gran medida por la desprotección de la superficie del suelo durante los estadios iniciales del cultivo. El mantenimiento de una cobertura viva contribuye a la disminución de la erosión y el aumento de la productividad del sistema a largo plazo.

Objetivos:

1. Identificar leguminosas que se adapten a las condiciones intercaladas a la siembra con el maíz, que afecte poco el rendimiento del maíz y que proporcione una cobertura adecuada que disminuya la erosión y la incidencia de malezas en suelos de ladera.
2. Incrementar la productividad del sistema mediante el aumento de la fertilidad del suelo (M.O. y N) y en algunos casos con la utilización de leguminosas comestibles.
3. Promover la inoculación de las leguminosas intercaladas con especies apropiadas de *Rhizobium*.

Materiales Y Métodos:

Evaluar un mínimo de tres especies de leguminosas por ensayo y compararlas con el maíz no intercalado, en lo posible mediante ensayos bajo labranza de conservación en ladera. Se puede incluir más de una variedad por especie.

Diseño experimental- Bloques completos al azar con 3-4 repeticiones y quizá otros tratamientos para obtener al menos 12 grados de libertad para determinación del error experimental.

Tamaño de parcela- $25m^2$

Densidad de siembra del maíz- 40-50 mil/ha

La densidad de siembra de las leguminosas se obtendrá de la experiencia regional. En ensayos adicionales pequeños se reproducirá la semilla para obtener cantidades adecuadas para ensayos futuros.

Las especies de leguminosas incluyen:

Vigna unguiculata
Cannavalia ensiformis
Stizolobium deeringianum
Desmodium sp.
Centrosema sp.

En lo posible se asegurará que exista la especie de *Rhizobium* específica para cada leguminosa inoculada.

Determinaciones/Ensayo:

-Caracterización inicial del sitio por el sistema FCC

-Rendimiento del maíz y sus componentes

-Evaluación de la tolerancia de la leguminosa a la sombra del maíz

-Biomasa de la leguminosa al momento de máxima cobertura

-Evolución de la cobertura a través del tiempo
-Evaluación del control de malezas.

Logros Esperados:

-Con el uso de leguminosas intercaladas, se disminuirá la competencia de las malezas en el cultivo del maíz.

-Se reducirán las pérdidas del recurso suelo, garantizando la estabilidad de los rendimientos a través del tiempo.

-La identificación de leguminosas comestibles incrementará la productividad y las posibilidades de adopción del sistema.

Responsables:

Coordinador de Ensayos de Siembras Intercaladas, Programa Regional para Centro América y El Caribe, Ing. Gustavo López.

Participantes del Grupo de Trabajo

Román Gordon (líder)- IDIAP, Panamá
Héctor Barreto- CIMMYT, Guatemala
Julio Alegre- NCSU, Perú
Edgar Amézquita- ICA, Colombia
Eduardo Casanova- UCV, Venezuela
Francisco Corella- MAG, Costa Rica
José Espinosa- INPOFOS, Ecuador
Benjamín Name- IDIAP, Panamá
William Raun- CIMMYT, Guatemala
Gustavo Sain- CIMMYT, Costa Rica
Eduardo Uribe- Caja Agraria, Colombia
José Luis Zea- ICTA, Guatemala

SISTEMAS DE ARROZ BAJO RIEGO

Manejo de Solo de Várzea para Arroz Irrigado na Amazônia Brasileira Central

M.S. Cravo[1] e T.J. Smyth[2]

INTRODUÇÃO

O Estado do Amazonas possui cerca de 24,8 milhões ha de várzea distribuidos ao longo dos seus inúmeros cursos de água, notadamente às margens do Rio Solimões e seus afluentes principais. Estas áreas são consideradas ápatas para exploração com culturas anuais (BRASIL, 1979). São áreas anualmente sujeitas a inundações por períodos mais ou menos curtos, através das quais são registrados novos aportes de material sedimentar, particularmente nos chamados rios de "água barrenta", a exemplo do Solimões. São diferenciados dois tipos de várzea de acordo com a respectiva posição em relação à calha do rio: várzeas altas, também chamadas de "restingas", localizadas mais proóximas às margens do curso d'água, e várzeas baixas, situadas mais afastadas das margens. As primeiras apresentam melhor drenagem e são cultivadas com mais intensidade com culturas anuais. Quanto às várzeas baixas, apresentam problemas de drenagem, sendo menos utilizadas. O regime de enchentes dos rios é anual e as cotas mais elevadas ocorrem, normalmente, de abril a agosto (Figura 1). Ainda assim, permite o cultivo dessas terras durante oito meses. Contudo, em muitos anos, a enchente não atinge as várzeas altas, prolongando-se o período de cultivo. Isso normalmente ocorre, na região próxima de Manaus, quando a cota da enchente não ultrapassa 27 metros.

Os principais solos encontrados nas áreas de várzea são os Aluviais, além do Gley Húmico e Gley Pouco Húmico, eutróficos ou distróficos (Cochrane & Sanchez, 1982; Correa & Bastos, 1982). Traços marcantes desses solos são o seu hidromorfismo e sua melhor fertilidade. As características hidromórficas decorrem dos períodos relativamente longos de permanência sob condições próximas da saturação com água, decorrentes não só de sua posição relativa na paisagem como também das suas características físicas como textura argilosa, ou franca, estrutura fraca, alta capacidade de retenção de água e baixa permeabilidade. Essas características são favoráveis ao sistema de irrigação por inundação, com alta eficiência de uso de água, significando economia de energia para irrigação. Acrescente-se a isto um relevo geralmente plano, significando uma menor demanda de investimentos para a sistematização do terreno.

A fertilidade natural dos solos de várzea é, em geral, superior a dos solos de terra firme. Estudos realizados por Correa & Bastos (1982) mostraram valores de saturação de bases que variavam de médios a altos, baixa saturação de Al e elevados teores de P e K. Mais recentemente, análises dos solos de várzea do Rio Solimões demonstraram haver altos teores de P, K, Ca e Mg e baixos teores de Al e N total (Cravo & Smyth, 1986), sendo, contudo, propícios para cultivos anuais. Semelhantes características foram identificadas em várzeas de Yurimaguas, Peru (Arevalo, 1986) onde vem sendo desenvolvido o programa de arroz irrigado pelo INIAA para a Amazônia Peruana. Através desse programa vem sendo confirmada a preconização feito por Sanchez & Benites (1983) de que a opção mais atrativa para uso desses solos é com arroz irrigado, com possibilidades de serem obtidas duas ou mais colheitas por ano, com produtividade média de 5 t/ha/colheita.

No Estado do Amazonas a atividade arrozeira é quase que exclusivamente no sistema de sequeiro, tanto em terra firme como em várzea, embora as várzeas apresentam solos com boas características físicas e químicas e de haver grandes mananciais de água para irrigação. No Estado do Pará existem estudos com arroz irrigado, porém, devido ao regime de inundação ser diferente naquela região, os resultados não podem ser extrapolados, em seu todo, para o Estado do Amazonas.

De acordo com Arevalo (1986), existem duas alternativas para aumentar a produção de arroz no Peru: a) incorporar novas áreas ao processo produtivo e b) aumentar a produtividade, através do uso de tecnologia existente no país, para o sistema de cultivo do arroz com irrigação. Este ponto de vista é perfeitamente aplicável para as condições do Estado do Amazonas, considerando a extensão e qualidade dos solos das várzeas que possui. Devido a inexistência de tecnologia apropriada para uso desse sitema no Amazonas, a produtividade média de arroz no Estado gira em torno de 3,5 a 4 t/ha, em várzeas sem irrigação, não permitindo mais de um cultivo ao ano (EMBRAPA, 1981, 1984). O objetivo deste estudo foi

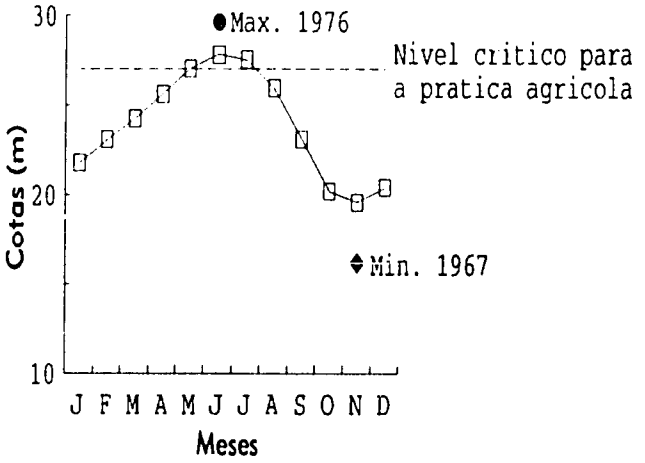


Figura 1. Médias mensais de cotas de enchente do Rio Negro, no porto de Manaus - periodo de 1966-1989 (Fonte: PORTOBRAS, dados não publicados).

[1] Pesquisador da EMBRAPA-CPAA, Caixa Postal 455, 69.000, Manaus, Amazonas, Brasil.
[2] Professor do Departamento de Ciência do Solo, Universidade Estadual de Carolina do Norte (USA), Raleigh, NC 27695-7619.

Tabela 1. Caracteríticas físicas de um perfil de Aluvial Eutrófico onde foi instalado o experimento.

Profundidade	Argila	Silte	Areia	Densidade Apar.	Densidade Real	Porosidade Micro	Porosidade Macro
cm	-------%-------			--g/cm³-		----%---	
0-8	23	66	11	0,93	2,67	41	31
8-24	19	62	19	1,47	2,54	44	12
24-41	17	57	26	1,59	2,55	45	7
41-81	13	53	34	1,65	2,51	41	8
81-120	13	59	28	1,50	2,46	42	12

obter informações básicas sobre a cultura do arroz irrigado por inundação, para as áreas de várzeas do Estado do Amazonas, com ênfase sobre a definição de sistemas de manejo do solo, da água de irrigação e da cultura em si que permitam a obtenção de maiores produtividades de grãos.

MATERIAIS E MÉTODOS

As atividades de campo deste trabalho tiveram início em março de 1987 com a escolha da área e descrição do perfil do solo (Tabelas 1 e 2). O solo foi classificado como Aluvial Eutrófico, franco siltoso. A área do experimento fica localizada no Campo Experimental do Caldeirão, da EMBRAPA-CPAA, à margem esquerda do Rio Solimões, a 50 km a oeste de Manaus. O clima foi classificado como Afi, tropical, quente e úmido (Goes Ribeiro, 1976). A média anual de precipitação é de 2.460 mm e a temperatura média anual é de 25,7° C (EMBRAPA, 1987).

O desmatamento foi feito manualmente seguido da queima e retirada dos restos vegetais. O destocamento foi feito com trator de rodas equipado com lâmina frontal. Devido ao declive da área e para facilitar o nivelamento, fez-se a divisão em três patamares paralelos ao leito do rio. As taipas ou camalcões foram erguidos com arado de disco passado em dois sentidos e complementados manualmente. O nivelamento das parcelas foi feito manualmente com enxada.

O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram aplicados em parcelas subdivididas. Nas parcelas foram aplicados os tratamentos de sistema de cultivo: a) sequeiro, b) irrigado sem enlameamento e c) irrigado com enlameamento. No tratamento sequeiro o solo foi preparado somente com rotovator. No tratamento sem enlameamento o preparo foi feito com rotovator a uma profundidade de 15cm e, depois de plantado, recebeu irrigação com uma lâmina d'água de 15cm. No tratamento com enlameamento, após a rotovação a seco, colocou-se água até a completa saturação e, por mais três vezes passou-se o rotovator a uma profundidade de 15cm, para destorramento do solo e formação de lama, a fim de diminuir a perde de água por infiltração. Após o plantio esse tratamento recebeu uma lâmina d'água de 15cm.

Tabela 2. Capacidade de retenção de água no perfil de Aluvial Eutrófico onde foi instalado o experimento.

Profundidade	Tensao (bars) 0,1-0,3	0,3-1,0	1,0-2,0	2,0-10,0	Total
cm	----------retenção de água, mm----------				
0-15	24	11	10	11	56
15-30	28	13	12	12	65
30-45	33	13	12	12	70
45-60	37	12	12	10	71
Total	122	49	46	45	262

Nas subparcelas (6x3m), no primeiro cultivo, estudou-se alternativas de semeio: a) a lanço com densidades de 100 e 150 kg de sementes/ha, b) com espeque nos espaçamentos de 20x20 e 30x30cm, e c) transplantio com os mesmos espaçamentos. Em virtude da impraticabilidade do transplantio no tratamento sequeiro, bem como dos demais tratamentos de semeio nos tratamentos com irrigação, decidiu-se modificar os subtratamentos para o segundo cultivo visando comparar densidades de semeio. Assim no tratamento de sequeiro estudou-se o plantio com espeque nos espaçamentos de 20x20 e 30x30cm. Nos tratamentos com irrigação estudou-se o método de transplantio, nos mesmos espaçamentos. Nesse cultivo foi aplicada uma dose de 100 kg de N/ha, aos 49 dias após o plantio, em todoas as parcelas. No terceiro cultivo decidiu-se utilizar, como subtratamento, somente o espaçamento de 20x20cm com cinco níveis de N (0, 20, 40, 60, 80 e 100 kg/ha) aplicados a lanço, como uréia ao transplantio, nos tratamentos com irrigação e aos 30 dias após o plantio, no tratamento de sequeiro. No tratamento sequeiro fez-se o plantio com espeque e, nos tratamentos irrigados, fez-se o transplantio.

Em todos os plantios utilizou-se sementes pré-germinadas da variedade BR IRGA 409, amplamente usada no Rio Grande do Sul. No sequeiro o plantio foi feito por ocasiao do semeio da sementeira. O transplantio nos dois cultivos iniciais foi realizado entre 20 e 30 dias após o semeio na sementeira, utilizando-se 4-6 plantas por cova. No terceiro cultivo fez-se o transplantio aos 30 dias, no tratamento sem enlameamento e aos 45 dias após o semeio da sementeira, no tratamento com enlameamento. Nos três cultivos o fornecimento de água aos tratamentos com irrigação era feito quando notava-se o nível cair a 5cm. A irrigação foi suspensa por cinco dias no período de perfilhamento e cinco dias antes da colheita.

Número de perfilhos, número de panículas e peso de grãos das panículas foram medidos no segundo e terceiro cultivos em duas áreas de 1 m², tomadas ao acaso, dentro de cada subparcela. Em todos os cultivos foram tomadas amostras de solo (0-20cm) e de folhas no período de lançamento de panículas. Utilizou-se o extrator Mehlich 1, na proporção de 1:10 solo-solução e 5 minutos de agitação, para a extração de P, K, Mn, Zn e Cu do solo.

Cálcio, Mg e Al trocáveis foram extraídos com KCl 1N. As amostras foliares foram digeridas por uma mistura de H_2SO_4 e H_2O_2. Potássio foi determinado por fotômetro de chama, P por colorimetria, Al por titulação e Ca, Mg, Cu, Mn e Zn por absorção atômica. Na colheita foram tomados pesos de grãos a 13% de umidade, peso de restos culturais e subamostras para análise dos teores de nutrientes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Rendimento de Grãos

Os dados de produção de grãos do primeiro cultivo encontram-se na Tabela 3. Em todos os sistemas de cultivo e métodos de plantio as produtividades foram inferiores às obtidas na Amazônia Peruana (Arevalo, 1986). Contudo, esses dados mostram que houve uma consistente vantagem ao uso de alta população de plantas em todos os sistemas de cultivo, tal como observado no Peru (Sanchez, 1972). Entre os métodos de plantio observa-se, também, que o transplantio foi o menos produtivo em todos os sistemas de cultivo e pode estar ligado aos seguintes fatos:

a. No sistema de sequeiro, um atraso no desevolvimento das plantas e um baixo numero de perfilhos.

Tabela 3. Produção de grãos e análise foliar de arroz em função de efeitos médios do sistema de cultivo e método de plantio no primeiro cultivo do experimento - 1988.

		Rend. Graos	Analise Foliar N	P	K	Mn
		t/ha	--%--			mg/kg
Sistemas De Cultivo	Sequeiro	2.3	2.89	0.24	1.28	248
	Irrig. e Enlameado	2.3	2.34	0.24	0.99	839
	Irrig. sem Enlamear	2.7	2.34	0.24	0.96	646
DMS 0,05		0.3	0.35	NS	0.14	283
Metodos De Plantio	Lanço 100	2.3	2.24	0.24	0.95	640
	Lanço 150	2.6	2.19	0.22	0.93	773
	Transplantio 20x20	2.1	2.58	0.24	1.25	373
	Transplantio 30x30	1.8	2.94	0.26	1.33	392
	Espeque 20x20	3.2	2.34	0.21	0.92	781
	Espeque 30x30	2.6	2.61	0.26	1.06	552
DMS 0,05		0.6	0.28	0.03	0.10	186

Tabela 4. Dados de produção e características de crescimento de arroz no segundo plantio do experimento - 1989.

Sistema De Cultivo	Espaçamento	Rendimento Graos	Palha	Perfilhos	Paniculas	Perf. Produt.
	cm	t/ha		--numero/m^2---		%
Sequeiro	20x20	2.0	5.0	227	134	59
	30x30	4.1	6.3	212	148	70
Media		2.9	5.6	220	140	64
Irrigado com Enlameamento	20x20	4.2	6.0	249	181	73
	30x30	3.7	7.6	191	151	79
Media		3.9	6.8	220	166	75
Irrigado sem Enlamear	20x20	4.0	5.9	179	120	67
	30x30	3.6	4.5	189	125	66
Media		3.8	5.1	184	122	66
		Média por Espaçamento				
	20x20	3.4	5.6	218	145	67
	30x30	3.7	6.1	196	141	72
DMS 0,05						
Sistema de Cultivo		NS	NS	NS	16	
Espaçamento		NS	NS	NS	NS	
Sist.x Espaçamento		1.0	NS	NS	NS	

b. Nos sistemas irrigados, sintomas visuais de carência de N para as plantas. Esses sintomas não foram observados no sistema de sequeiro e ocorreu em menor intensidade nos outros métodos de plantio.

A menor incidência de deficiência de N nos métodos de semeio a lanço e espeque pode ter sido em consequência das irrigações terem iniciado oito dias após o semeio. Essas irrigações eram feitas na parcela principal, incluindo subparcelas para o transplantio. No momento do transplantio já haviam 12 dias de irrigações e as plantas transplantadas possivelmente sofreram maior carência de N do que as do semeio a lanço e espeque.

Em todos os sistemas de cultivo a maior produção foi obtida com o plantio por espeque. Esse método de plantio supera o semeio a lanço por assegurar melhor distribuição de plantas e evitar perdas de sementes por fortes chuvas e animais. Entre os sistemas de cultivo, o menos produtivo foi o sequeiro, devido principalmente a baixa produtividade com o transplantio. Entre os sistemas de cultivo com irrigação, a menor produção com enlameamento do que sem enlameamento pode estar relacionado ao processo de enlameamento não ter sido completo. Consequentemente, não serviu para reter água, mas pode ter restringido o sistema radicular. Durante os oito dias iniciais sem irrigação, as parcelas com enlameamento formaram uma crosta na superfície do solo, apresentando fendilhamento.

Os dados de produção do segundo cultivo encontram-se na Tabela 4. O sistema de cultivo de sequeiro continuou sendo o menos produtivo. A maior produção para o sistema irrigado com enlameamento está relacionado com maior número de panículas. Contudo não houve diferença significativa entre sistemas de cultivo ou espaçamento para rendimento de grãos. Obteve-se maiores rendimentos no segundo que no primeiro cultivo.

Tabela 5. Produção e características de crescimento de arroz no terceiro cultivo do experimento (1990) em Manaus.

		Rend. Graos	Per- Filhos	Pani- Culas	Graos/ Panic.
		t/ha	--no./m^2--		g
Sistema	Sequeiro	2.8	217	183	1.8
De	Irrig. & Enlameado	3.0	233	152	2.3
Cultivo	Irrig. s/Enlamear	1.9	147	134	1.7
DMS 0,05		NS	31	21	
Contrastes	Seq. x Irrig.	NS	NS	*	
	Sem enlamear x outros	*	**	**	
Nivel	0	2.2	174	142	1.8
De N	20	2.4	194	155	1.9
(kg N/ha)	40	2.6	184	153	2.0
	60	2.5	204	157	1.9
	80	2.9	220	165	1.9
	100	3.0	218	165	2.0
DMS 0,05		NS	NS	NS	
Contrastes	0N x outros	*	*	NS	
	20x40,60,80,100	NS	NS	NS	
	40x60,80,100	NS	*	NS	
	60x80,100	NS	NS	NS	
	80x100	NS	NS	NS	

Essa melhoria pode estar relacionado ao uso de 100 kg de N/ha no segundo plantio.

Os rendimentos no terceiro cultivo, quando comparados com os obtidos no Peru (Arevalo, 1986), continuam inferiores (Tabela 5). Observou-se efeito significativo entre os sistemas de cultivo para número de perfilhos e panículas. A análise de contrastes indicou que o número de perfilhos, panículas e o rendimento de grãos para o sistema irrigado e sem enlameamento foi inferior aos demais sistemas de cultivo. Entre os tratamentos de N detectou-se um aumento no número de perfilhos com a aplicação de N, não havendo resposta a doses maiores que 60 kg de N/ha.

Embora não tenha havido resposta em rendimento ao N pode-se observar algumas tendências entre os sistemas de cultivo (Figura 2). Com 20 kg de N/ha, a produção no sistema irrigado com enlameamento aumentou em mais de 1 t/ha em relação ao nível zero de N. Com níveis mais altos de N, os aumentos em produção foram muito pequenos. Por outro lado, os acréscimos em rendimento entre cada incremento de N aplicado no sistema irrigado sem enlameamento foram menores, com uma resposta máxima de 0,8 t/ha entre os níveis de 0 e 100 kg de N/ha. Esses resultados sugerem que o enlameamento melhorou a eficiência do uso de fertilizante nitrogenado, em sistemas de cultivo com irrigação. Talvez esteja relacionado com a redução do N perdido por lixiviação.

Análise de Solo e Planta

Na Tabela 6 são comparadas algumas características

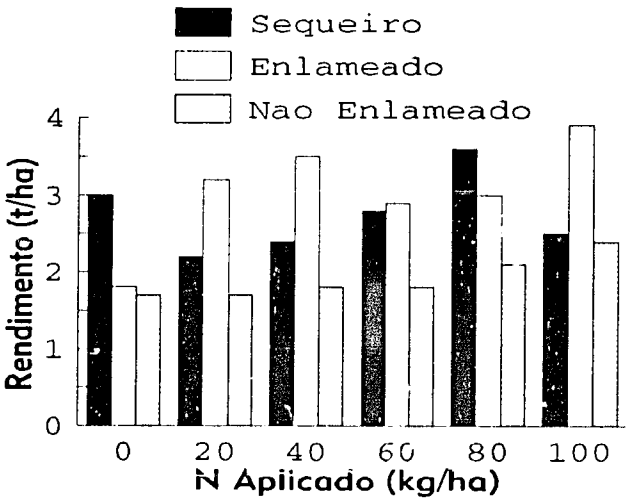


Figura 2. Rendimento de grãos de arroz em função de níveis de N e sistemas de cultivo. Terceiro plantio do experimento (1990).

químicas do solo em amostras tomadas antes do desmatamento, na época de plantio do primeiro cultivo e no estágio de floração do primeiro cultivo. São incluídas somente as médias das 72 parcelas porque não houve diferença entre tratamentos. Constata-se que os valores de K e P diminuiram enquanto que o Mn aumentou com o tempo após o desmatamento. A diminuição em K pode estar relacionado com perdas por lixiviação após a aração, gradagem, exposição às chuvas, enlameamento e inundação. Era de se esperar uma reação oposta para o P, uma vez que a inundação e redução do solo aumenta a disponibilidade deste elemento (Moraes, 1973; De Datta, 1981). O aumento do Mn era esperado, uma vez que, com a inundação ocorre a redução de Mn^{+4} à forma Mn^{+2} que é mais solúvel (De Datta, 1981).

Os dados de análise foliar do primeiro cultivo (Tabela 3) sugerem que a lixiviação de nutrientes pode ter ocorrido com a irrigação. Embora os rendimentos com irrigação tenham sido superiores aos de sequeiro, os teores de N e K nos tratamentos com irrigação foram inferiores aos observados no tratamento de sequeiro. Os menores níveis de N e K nas folhas nos tratamentos irrigados podem ter sido ocasionados pela alta frequência de irrigação no primeiro cultivo (mais de uma vez na maioria dos dias), havendo suficiente percolação para lixiviar o N e manter o K em baixos níveis na solução do solo. Esses resultados reforçam a importância de melhorar o preparo do solo para receber irrigação, a fim de evitar a percolação da água e, consequentemente a perda de nutrientes.

PLANOS PARA O FUTURO

Devido aos problemas enfrentados e à falta de experiência da equipe para tais trabalhos na Amazônia Central, será solicitada uma prorrogação deste projeto por mais três anos. Objetiva-se refinar a tecnologia com

Tabela 6. Análise de solo (0-20cm) antes do desmatamento comparado com amostras na época de plantio e floração do primeiro cultivo de arroz.

Época	pH	Ca	Mg	K	Al	P	Cu	Mn	Zn
		----- cmol(+)/L----				-------- mg/kg-------			
Antes	6.0	7.6	2.3	0.27	0.2	135	5	44	6
Plantio	5.6	8.2	2.3	0.19	0.2	82	7	104	10
Floração	5.6	8.2	2.3	0.21	0.2	74	7	103	11

adaptações à região. Devese conciliar a sequência de plantios com os períodos de enchentes, a fim de aumentar a eficiência de utilização da terra e a produção/ha/ano. A média de plantios neste experimento ainda não passou de 1,5/ano, enquento que no Peru já atinge uma média de 2,5 plantios/ano (Arevalo, 1986). A cultivar BR IRGA 409, em uso atual no experimento, foi desenvolvida no sul do país. Será efetuado uma seleção de cultivares adaptáveis à região buscando maior produtividade. Tem-se observado que o uso de enlameamento aumenta a eficiência de uso de água e diminui as perdas de N por lixiviação. A implantação de um experimento com maior dimensão permitirá melhor manuseio do trator, buscando melhorar o processo de enlameamento.

Um dos problemas verificado na várzea é a alta incidência de ervas daninhas. O controle manual consome mão-de-obra e é prejudicial ao sistema radicular das plantas. Com o uso de herbicidas ficam algumas interrogações quanto aos seus produtos, onde vão e quais os seus efeitos quando se incorporam ao ecosistema local. Atualmente não existe, na EMBRAPA em Manaus, pesquisador com conhecimentos sobre este assunto.

LITERATURA CITADA

Arevalo, L. Manual de Producción de Arroz Bajo Riego Para La Selva Baja del Peru - Trabalho apresentado no "I Taller Latinoamericano sobre Manejo de Suelos Tropicales" realizado em Yurimaguas - Peru, no período de 31 de Agosto a 21 de Setembro de 1986. Mimeografado, 45p. 1986, s.n.t.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Secretaria Nacional de Planejamento Agrícola. Aptidão Agrícola das Terras do Amazonas, Brasília, BINAGRI, 1979. 142p. (BINAGRI. Estudos Básicos para Planejamento Agrícola das Terras, 12).

Cochrane, T.T. & Sanchez, P.A. Land resources, soil and their management in the Amazon region: a state of knowledge report. En HECHT, S.B. (ed.) Amazonia - agriculture and land use research. Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT. Cali, Colômbia. 1982. p.137-209.

Correa, J.C. & Bastos, J.B. Os solos das várzeas do Paraná dos Ramos (município de Barreirinha - AM) e sua fertilidade. Manaus, EMBRAPA-UEPAE de Manaus, 1982. 26p. (EMBRAPA-UEPAE de Manaus, Boletim de Pesquisa, 1).

Cravo, M.S. & Smyth, T.J. Adubação nitrogenada para milho em várzeas do rio Solimões - Estado do Amazonas. In XVII Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo - Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Resumos. p.51, 1986.

De Datta, S.K. Principles and practices of rice production. John Wiley & Sons, Inc. New York, N.Y., 618p., 1981.

Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Relatório Técnico Anual da Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Manaus. 1980. Manaus. EMBRAPA-UEPAE de Manaus. 1981. 377p.

Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. Relatório Técnico Bienal da Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Manaus - 1982-83. 1984. Manaus. EMBRAPA-UEPAE de Manaus. 1981. 360p.

Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária.- Unidade De Execução De Pesquisa De Âmbito Estadual De Manaus, AM. Boletim Agrometeorológico 1985. 25p. (EMBRAPA-UEPAE de Manaus. Boletim Agrometeoroógico, 6), 1987.

Goes Ribeiro, M.N. Aspectos climatológicos de Manaus. Acta Amazônica 6:229-233, 1976.

Moraes, J.F.V. Efeitos da inundação do solo, I - influência sobre o pH, o potencial de óxido redução e a disponibilidade de fósforo no solo. Pesq. Agropec. bras. Ser. Agron. 8:93-101. 1973.

Sanchez, P.A. Tecnicas agronomicas para otimizar el potencial productivo de las nuevas variedades de arroz en America Latina. Reimpresso de la publicación: Politicas Arroceras en America Latina. CIAT-Cali, Colombia, p.26-43, 1972.

Sanchez, P.A. & Benites, J.R. Opciones tecnologicas para el manejo racional de suelos en la Selva Peruana. Instituto Nacional de Investigacion y Promocion Agropecuaria/ North Carolina State University - CIPA XVI - Estacion Experimental de Yurimaguas - Programa de Suelos Tropicales - Serie de Separatas nº 6, 68p. 1983.

La Fertilización del Cultivo del Arroz Bajo Riego en Costa Rica

Alvaro Cordero[1]

INTRODUCCION

El arroz constituye un alimento básico en la dieta de la población costarricense, que consume actualmente 46 kg *per cápita* anual de arroz oro. Su cultivo genera importantes volúmenes de ocupación tanto permanente como ocasional, siendo por ello de gran importancia desde el punto de vista social y económico para el país. Aunque en Costa Rica hace escasos años la producción nacional abastecía la demanda y se habían obtenido importantes excedentes, recientemente la situación cambió hacia un país deficitario (Figura 1). Esta situación deficitaria, ha hecho que se revisen las acciones para orientar los planes nacionales hacia la autosuficiencia.

Entre la medidas adoptadas se contempla el desarrollo de tecnologías para el cultivo del arroz bajo riego, nuevas variedades, manejo agronómico del cultivo, y políticas crediticias y de comercialización, que le den a los productores mayor estabilidad.

En general, en Costa Rica el cultivo del arroz se siembra bajo 2 modalidades predominantes a saber: a) secano favorecido y b) riego. Estos 2 sistemas son intensivos y altamente tecnificados, y en ellos se hace uso de altos insumos, para obtener altos rendimientos. A pesar de que en el país se ha sembrado el arroz con riego desde hace más de 30 años, no es sino hasta en los últimos 5 años que se le ha dado la importancia que se merece a este sistema de cultivo.

Dentro del uso de insumos en el cultivo del arroz en nuestro medio, la fertilización constituye un renglón importante en la obtención de altos rendimientos y en forma sostenida. De acuerdo con estudios de costos de producción en el cultivo del arroz bajo riego (Comisión Interinstitucional, 1988), se estima que el uso de los fertilizantes y su manejo representan un 18.74% del total del costo de producción del cultivo (Cordero, 1989).

Por otra parte, el mismo autor manifiesta que la respuesta del cultivo a los fertilizantes, principalmente en lo que se refiere al N, depende de la variedad; de la fertilidad natural de los suelos; del factor ambiente, y el manejo del cultivo, dentro del que destaca el uso del agua, y el control de plagas y enfermedades. Todos los aspectos anteriores, son dignos de considerar por el alto costo de los fertilizantes, cuyo uso en Costa Rica, en el cultivo del arroz, se incrementó con el advenimiento de la "revolución verde" (Cordero, 1978; 1984).

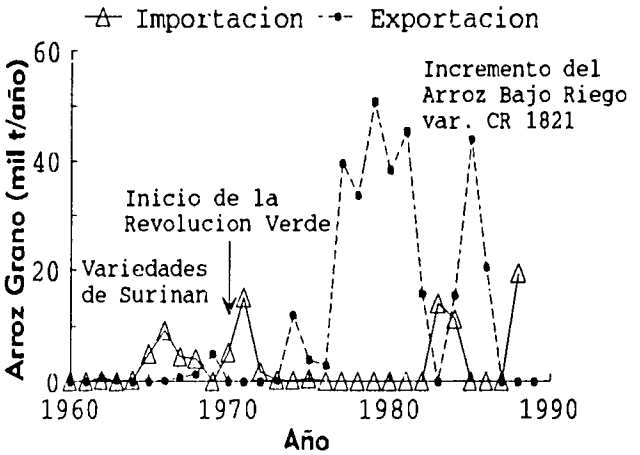


Figura 1. Importación y exportación de arroz en Costa Rica entre los años 1960-1989. Fuente: Censos agropecuarios 1963, 1973; Banco Central de Costa Rica, Oficina de Comercio Exterior, MAG, SEPSA, OFIARROZ.

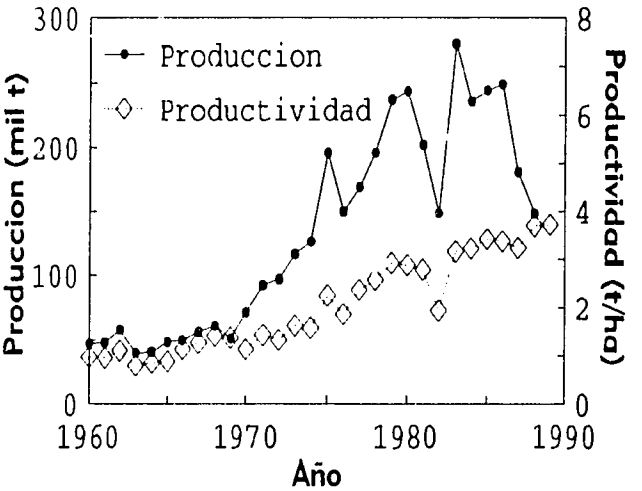


Figura 2. Producción y productividad de arroz en Costa Rica entre los años 1960-1989. Fuente: Censos agropecuarios 1963, 1973; Banco Central de Costa Rica, Oficina de Comercio Exterior, MAG, SEPSA, OFIARROZ.

Esta "revolución", que se inició a finales de la década de los sesenta y repercutió claramente en la de los sesenta, dio como resultado el incremento sostenido de las cosechas de este cereal (Figura 2). Consistió en la introducción de las variedades enanas de alto rendimiento, y de alta respuesta al N, como IR8 proveniente de las Filipinas, la cual vino a sustituir a las variedades hasta entonces cultivadas en el país como Bluebonnet-50, y el grupo de variedades de Surinan (Tapuripa, Alupi, Dima, Apura), cuya productividad a niveles comerciales escasamente alcanzó 1.5 t/ha (Figura 2).

Posteriormente, vinieron nuevas variedades tales como CR 1113, CR 5272, CR 201, CR 1707 y finalmente CR 1821, que con su alto potencial de rendimiento

[1] Investigador del Convenio MAG-UCR. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola, Ministerio de Agricultura y Ganadería, y Centro de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

incrementaron la productividad de 3 a 3.7 t/ha (Figura 2). Todas estas variedades fueron desarrolladas por el Programa Nacional de Arroz, para las diferentes modalidades del cultivo en Costa Rica. Aunque estas variedades de porte bajo y alta capacidad de producción responden muy bien a la fertilización nitrogenada y se adaptan a la modalidad de cultivo de altos insumos, también tienen la capacidad de producir buenos rendimientos en suelos altamente fértiles, sin la adición de fertilizantes nitrogenados.

El Programa de Arroz del MAG, previendo la escasez de tecnologías en el cultivo del arroz bajo riego, ha trabajado y está trabajando intensamente en el desarrollo de nuevas variedades, que como la CR 1821 y las líneas promisorias CR 8341 y CR 8334 tienen alto potencial de rendimiento para las condiciones de riego. Sin embargo, para maximizar ese potencial de rendimiento, es necesario conocer al detalle su manejo y fertilización. Estos criterios sugieren la inminente importancia de determinar en estas variedades, las cantidades óptimas agronómicas y económicas de la fertilización nitrogenada, su eficiencia y su relación con otros nutrimentos y su extracción y factores edáficos adversos al desarrollo del cultivo, principalmente por deficiencias o excesos de nutrimentos.

En vista de lo anterior un pequeño grupo de investigadores del Programa de Arroz de la Subdirección de Investigaciones Agrícolas del MAG, y del Centro de Investigaciones Aagronómicas de la UCR, mediante el Convenio UCR-MAG, se propusieron las siguientes metas a corto y mediano plazo.

-Incrementar la productividad del arroz cultivado en los sistemas de siembra bajo riego y secano favorecido, haciendo uso de nuevas tecnologías o ajustando las actuales en lo referente al manejo de la fertilización nitrogenada, su eficiencia y su relación con otros nutrimentos.

-Incrementar la productividad de arroz, no sólo desde el punto de vista agronómico sino también económico, Este nivel se define donde las dosis de fertilizantes alcanzan los rendimientos máximos, tomando en consideración no solo los beneficios sino también los costos, y su eficiencia.

-Desarrolar tecnologías en la fertilización nitrogenada para materiales promisorios como las líneas de arroz CR 8334 y CR 8341.

-Determinar la absorción de nutrimentos en la variedad CR 1821 y en las líneas promisorias CR 8341 y CR 8334.

-Ajustar las recomendaciones de la fertilización del cultivo del arroz inundado, haciendo uso de los análisis de suelos.

MATERIALES Y METODOS

Para cumplir con las metas anteriores fue necesario montar una serie de estudios iniciados en 1985. En el presente trabajo se presentan los resultados más sobresalientes de 10 ensayos que se realizaron a nivel de campo, en los 3 órdenes de suelos en los cuales se siembra el arroz en Costa Rica, a saber: Inceptisoles, Mollisoles y Vertisoles. La principal región donde se realizó la investigación de campo, se clasifica como bosque seco tropical y presenta 2 estaciones climáticas bien definidas: una seca, que corresponde a la época de verano, que se inicia a partir del 15 de noviembre y finaliza el 15 de mayo. La temporada lluviosa o época de invierno se inicia el 15 de mayo y finaliza el 15 de noviembre. A mitad del período (15 de junio a 15 de agosto) se presenta una disminución de las lluvias denominada canícula o veranillo de San Juan. En esta temporada, se efectúa la mayor parte de la preparación de suelos y es la época de siembra de invierniz de esta gran región en la Provincia del Guanacaste, que es la principal área arrocera de Costa Rica (Cordero, 1989).

Los 10 experimentos de campo estuvieron relacionados en alguna forma con los estudios de N, o de extracción de nutrimentos, utilizando la variedad CR 1821 y 2 líneas promisorias, la CR 8334 y CR8341, que serán lanzadas por el MAG durante 1990 o inicios de 1991.

Ocho de los estudios se realizaron con arroz inundado. El tamaño de la parcela experimental empleada en cada uno de esos estudios fue de 3m de frente por 5m de largo, para una parcela total de 15m^2. La parcela útil fue de 2,5 x 4m, para una área útil de 10m^2. Las parcelas estuvieron separadas entre sí, siendo la distancia miníma entre parcelas de 0,5m.

El diseño experimental predominante fue el de parcelas divididas; donde la parcela grande fue utilizada por el factor dosis de N, principalmente cuando los estudios fueron bajo condiciones de riego. Cada dosis de N utilizó un solo bancal con su canal de riego y drenaje independientes, y dentro de ellas la parcela pequeña era empleada por variedades u otros factores cuantitativos como densidad de siembra o uso de inhibidores de la nitrificación o de la ureasa o factores cualitativos como variedad o fuentes de N. En algunos casos por la índole del estudio y los cuidados pertinentes en el manejo y movimiento del N, se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial y por tal motivo las parcelas eran individuales y cada una tenía su canal de riego y drenaje independientes.

Dos de los 10 experimentos se realizaron bajo condiciones semicomerciales, uno de ellos con riego y otro bajo condiciones de secano favorecido.

Dependiendo de los objetivos específicos de los estudios bajo arroz inundado, se utilizaron 2 sitemas de siembra, a saber: a) siembra directa y luego adicionando el riego con lámina estática y permanente posterior al estado de plántula, y b) siembra de transplante, el cual incluía la preparación de un almacigal y después de 3 semanas de edad las plántulas de arroz se transplantaron; posterior a éste, venía el riego con lámina también estática y permanente.

En los estudios con N, aún cuando los suelos son altamente fértiles principalmente los Mollisoles e Inceptisoles de la Estación Experimental Enrique Jiménez N. del MAG, se puso una fertilización base de acuerdo al análisis de suelo y a las sugerencias de Cordero (1989).

En todos los casos para determinar la variable rendimiento se utilizó la parcela útil, o sean 10m². Para la absorción de nutrimentos tanto de la paja como del grano se utilizaron dentro de la parcela útil 8 submuestras de 0.25 m².

RESULTADOS Y DISCUSION

Determinación de Dosis de N Optima Agronómica y Económica del Arroz Bajo Riego

Variedad CR 1821 La variedad CR 1821 fue seleccionada por el Programa de Arroz del MAG del cruzamiento IR22/F1(IR930-147-8/Col 1), el cual había dado origen a la variedad Cica 7 desarrollada en Colombia y a las variedades CR 201 y CR 1707 desarrolladas en Costa Rica al inicio de los ochenta. Esta variedad se caracteriza por tener una duración de 130-135 días de siembra a cosecha, paja corta, con 0,8m de altura al nudo ciliar, hojas erectas, tallos muy fuertes, alta capacidad de macollamiento, resistencia al acame, tolerancia a las principales enfermedades que atacan al cultivo del arroz excepto *Helminthosporium orizae*, resistencia al ataque de la plaga *Sogatodes oryzicola*, es de excelente calidad molinera y, además, tiene una alta respuesta a la fertilización nitrogenada. Su potencial de rendimiento es de 9,5 a 11 t/ha de grano. Se adapta excelente bajo las condiciones de riego y en secano favorecido con abundancia de agua. Esta variedad fue liberada por el MAG en 1985 exclusivamente para esas 2 condiciones de siembra del cultivo.

Para la determinación de las dosis de N se utilizaron los resultados de 8 estudios realizados en los últimos 3 años, 1987, 1988 y 1989, los que se juntaron con otros resultados encontrados por el MAG en años anteriores. El conjunto de esos datos, dieron base para obtener y desarrollar nuevas curvas de respuesta de la variedad CR 1821. Todas estas curvas se sintetizan en una curva promedio de 288 observaciones, que se presenta en la Figura 3, en las que predomina el sistema de arroz inundado bajo condiciones experimentales y también semicomerciales en campos de productores, y de secano, pero con datos de ensayos de campo.

En la misma Figura 3, esa curva de respuesta de la variedad CR 1821 se compara con la obtenida en 1972, 1973 y 1974 para la variedad Cica 4, bajo condiciones de secano.

Las curvas muestran 2 diferencias muy importantes; la primera es que los rendimientos para la CR 1821 son superiores que para la Cica 4. Esto se debe a que el potencial de rendimiento de la CR 1821 es superior tanto

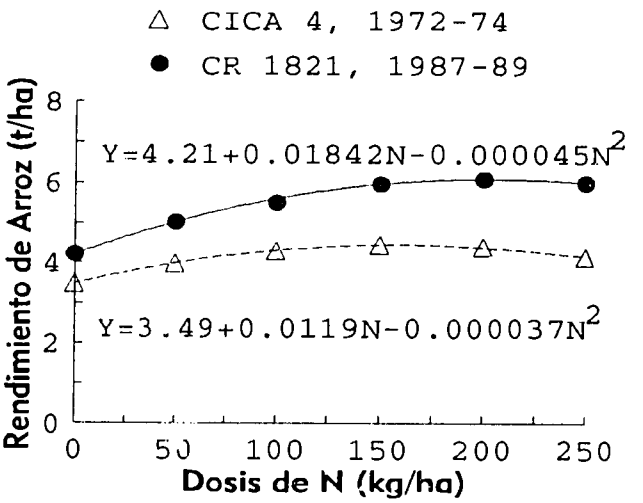


Figura 3. Respuesta generalizada del arroz a las aplicaciones de N durante dos epocas de estudio, 1972-74 y 1987-89.

bajo riego como en secano. La segunda gran diferencia es en relación con el máximo rendimiento agronómico; la CR 1821 lo obtiene cerca de los 180 kg de N/ha, mientras que la Cica 4 lo alcanza con una dosis cercana a los 150 kg de N/ha, aún cuando la dosis óptima económica en esa oportunidad fue alcanzada con 120 kg N/ha (Figura 3).

Lo más sobresaliente de los estudios de respuesta de la CR 1821 a las aplicaciones nitrogenadas, fue la definición de la dosis de N máxima económica. Para determinar esa dosis se partió de la curva de respuesta expresada en la Figura 3, los costos de N a $0,48/kg, y un precio que se le paga al productor por el grano seco (14% de humedad) y limpio de $0.26/kg. Se hizo una interpretación gráfica del estudio económico, tomando en consideración tanto los beneficios como los costos, cuya representación se presenta en la Figura 4. En esta figura se nota claramente que la ganancia neta máxima se obtiene con la dosis de 180 kg de N /ha.

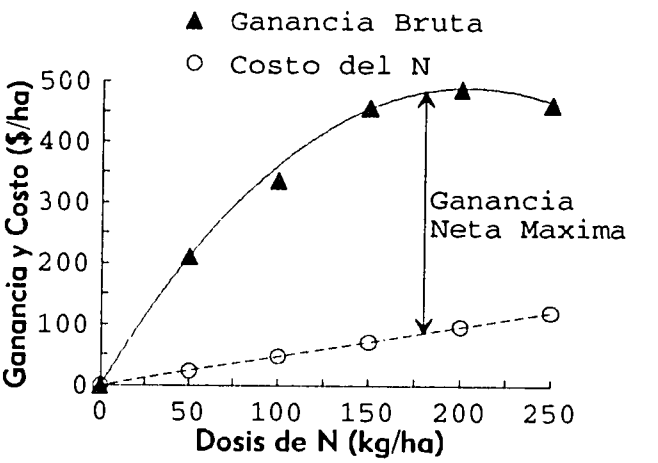


Figura 4. Representación gráfica de la dosis de N máxima economica del arroz, var. CR 1821 en Costa Rica durante 1987-88 y 1988-89.

Cuadro 1. Presupuesto parcial de los estudios con fertilización nitrogenada en la variedad CR 1821 bajo riego, en la E.E.E.J.N. durante 1988 y 1989.

Variables	Dosis De N (kg/ha) 0	60	120	180	240
Rend. promedio[a] (kg/ha)	5423	6256	6904	7367	7644
Rend. ajustado[b] (kg/ha)	4881	5631	6214	6631	6880
Beneficio bruto[c] ($/ha)	1269	1464	1616	1724	1788
Costo del N[d] ($/ha)	0	28.8	57.6	86.4	11.5
Costo aplicacion ($/ha)	0	3.3	6.6	9.9	13.2
Costos variables[e] ($/ha)	0	32.1	64.2	96.3	128.2
Beneficio neto ($/ha)	1269	1432	1552	1628	1660

[a] Cada valor en la dosis de 0 kg N/ha es promedio de 20 observaciones, mientras que para las dosis de 60-240 kg N/ha, el valor es promedio de 12 observaciones.
[b] Ajuste al rendimiento = 10% menos.
[c] Precio del kg de arroz granza = $0.26.
[d] Precio del kg de N = $0.48.
[e] No se incluyen otros costos variables como los de cosecha y transporte.

De los 8 estudios que sirvieron de base a la curva de respuesta de la Figura 3, se seleccionaron 3 estudios realizados en la EEEJN del MAG durante 1988 y 1989 en un Vertic Ustropept. Estos estudios fueron escogidos ya que en ellos se realizaron estudios específicos para el manejo del N en la variedad CR 1821 bajo riego. La respuesta promedio de estos 3 estudios se presentan en la Figura 5.

Esta respuesta de la variedad CR 1821 pone nuevamente de manifiesto el alto potencial de rendimiento, inclusive con ausencia de fertilización nitrogenada, ya que con este tratamiento se obtiene un rendimiento de 5,4 t/ha y un máximo agronómico con 240 kg de N/ha, la dosis máxima estudiada, que difiere sutancialmente de la dosis óptima económica que fue de 180 kg de N/ha, según la metodología del CIMMYT (1988). Este análisis económico se realizó partiendo de un presupuesto parcial, el cual se presenta en el Cuadro 1. Los datos de de retorno marginal se presentan en el Cuadro 2 y la representación de estos datos aparece en la Figura 6.

Esta Figura 6 muestra la curva de los beneficios netos en función de los costos variables para la variedad CR 1821 a las aplicaciones de N, bajo arroz inundado en Costa Rica. La tasa de retorno marginal al cambiar de 0 kg N/ha a 60 kg N/ha es de 508%, muy superior del 100% que es la mínima utilizada en este estudio. La tasa de retorno marginal al cambiar de 60 a 120 es de 374%, y lo mismo

Cuadro 2. Análisis marginal de los estudios con fertilización nitrogenada en la variedad CR 1821 bajo riego en la E.E.E.J.N. durante 1988-89.

Dosis De N	Costos Var.	Costos Margin.	Benef. Netos	Ben. Netos Margin.	Tasa De Ret. Marg.
kg/ha		---------$/ha---------			%
0	0		1269		
60	32.1	32.1	1432	163	508
120	64.2	32.1	1552	120	374
180	96.3	32.1	1628	76	237
240	128.3	32.1	1660	32	99

Nota: La tasa de retorno marginal mínima en el estudio = 100%.

ocurre al pasar de 120 a 180, cuya tasa correspondió a 237%. Después de esta última dosis de N, el tratar de incrementar los rendimientos con 60 kg más o sea un total de 240 kg N/ha, tiene una tasa de retorno marginal inferior al mínimo. Por lo tanto, la dosis óptima económica para los estudios con la variedad CR 1821 bajo condiciones de riego es de 180 kg N/ha.

Líneas promisorias CR 8334 y CR 8341 En vista que estas líneas promisorias están próximas a ser liberadas como 2 nuevas variedades, se realizaron en la EEEJN 2 estudios de campo, bajo riego, durante 1988 y 1989 y uno adicional bajo condiciones de secano favorecido, en 1988. El objetivo principal de esos ensayos era el de determinar las dosis de N óptimas agronómicas, para esas 2 líneas, bajo condiciones experimentales. En la Figura 7 se presentan las curvas de respuesta promedio de riego y secano favorecido, de estas 2 líneas promisorias.

El adelanto en esas investigaciones muestra claramente el alto potencial de rendimiento de esas variedades aún con ausencia de fertilizacion nitrogenada en Inceptisoles de alta fertilidad. Incrementos en el

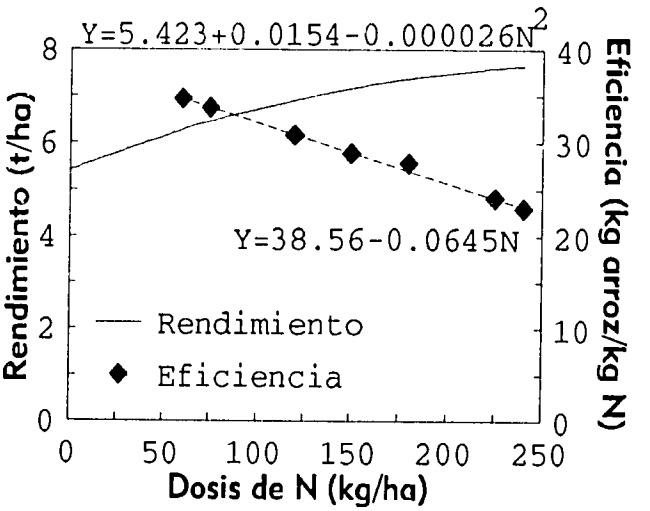


Figura 5. Rendimiento y eficiencia fisiologica de arroz var. CR 1821 en función de dosis de N bajo riego en la E.E.E.J.N., 1988-89.

rendimiento se efectúan con aumentos en las dosis de N, las cuales van disminuyendo conforme se superan los 180 kg de N/ha. Por otra parte, parece ser que el potencial de rendimiento de la CR 8341 es superior a la CR 8334 para cualquier nivel de N. Estudios adicionales de las características agronómicas de esos 2 materiales, demuestran que la relación grano/paja de la CR 8341 es de 0,92 a diferencia de la CR 8334 que es de 0,86.

Otros estudios muestran que las líneas promisorias tienen más adaptabilidad bajo condiciones de secano, que la CR 1821, que es muy exigente en cuanto a condiciones edáficas. Esta última se recomienda en secano favorecido, sólo si existen áreas bajas donde es corriente tener una humedad casi permanete durante el desarrollo del cultivo.

Determinación de la Eficiencia de la Fertilización Nitrogenada del Arroz Bajo Riego en Costa Rica

La agricultura moderna incluyendo el cultivo del arroz, exige una definición exacta, de las cantidades de fertilizantes que se deben adicionar al cultivo, tal y como ya fue definido en el punto anterior. A su vez estos conceptos deberán estar amarrados con un desarrollo sostenido de la productividad sin deterioro del ambiente. Las pérdidas del N provenientes de la fertilización nitrogenada en el cultivo del arroz, fueron estimadas en un 67%, bajo condiciones de arroz de secano (Cordero, 1984). Debido a las pérdidas tan grandes que ocurren en el sistema de arroz bajo riego y desconociendo en nuestro medio algún índice que indique esas pérdidas, se decidió complementar los estudios de N, con la evaluación indirecta de la eficiencia de la fertilización nitrogenada. Por este motivo se utilizaron como base 3 excelentes estudios de la respuesta del arroz variedad CR 1821 a las aplicaciones de N bajo riego y cuya respuesta al N había sido presentada en la Figura 5.

Cuadro 3. Eficiencia del uso de N en la variedad CR 1821 en función de la fertilización nitrogenada, bajo condiciones de riego.

Dosis De N[a]	Abs. De N[b]	Rend. Arroz[c]	Recup. Apar.	Eficiencia Fisiol.	Eficiencia Fertiliz.
	--------kg/ha--------		%	---kg/kg---	
0[d]	113.6[e]	5423[d]			
60	138.1	6256	40	34.7	13.9
75	144.2	6436	40	33.7	13.5
120	162.3	6904	40	30.8	12.3
150	174.3	7159	40	28.9	11.6
180	186.3	7367	40	27.0	10.8
225	204.0	7592	40	24.1	9.6
240	209.9	7644	40	23.0	9.2

[a] = dNi; [b] = aNi; [c] = Ri; [d] = dNo; [e] = aNo;
Recuperación aparente = ((aNi-aNo)/dNi)100.
Efic. fisiologica = (Ri-Ro)/(aNi-aNo).
Efic. fertilización = (Ri-Ro)/dNi.
Nota: todos los valores correspondientes a la dosis No es un promedio de 20 valores y el resto de las dosis son promedio de 12 valores.

Para calcular la eficiencia de la fertilización se determinó la absorción total de N en cada una de las dosis de N empleadas en los 3 experimentos, y con estos resultados y los datos de rendimiento previamente presentados, se confeccionó el Cuadro 3, siguiendo los principios usados por Bock (1984). En el Cuadro 3 se detallan los valores de: a) la recuperación aparente de N (%), b) la eficiencia fisiológica de las aplicaciones de N (kg de arroz producidos por kg de N absorbido tanto del suelo como el proveniente de la fertilización nitrogenada) y c) la eficiencia de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento (kg de arroz producidos por kg de N

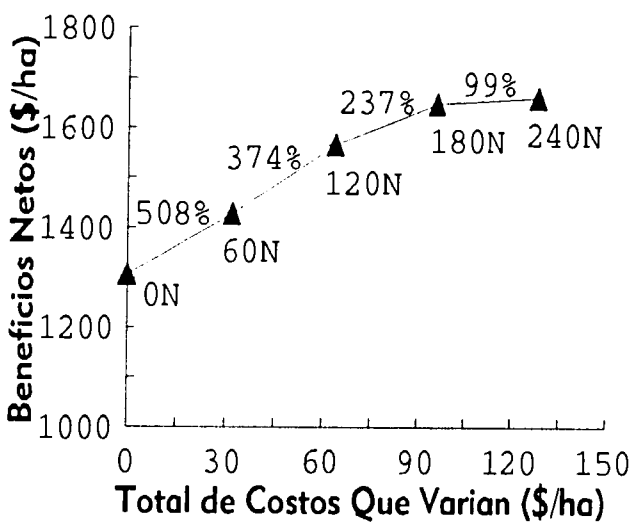


Figura 6. Curva de los beneficios netos de estudios sobre el N en la variedad CR 1821 bajo riego en la E.E.E.J.N., 1988-89.

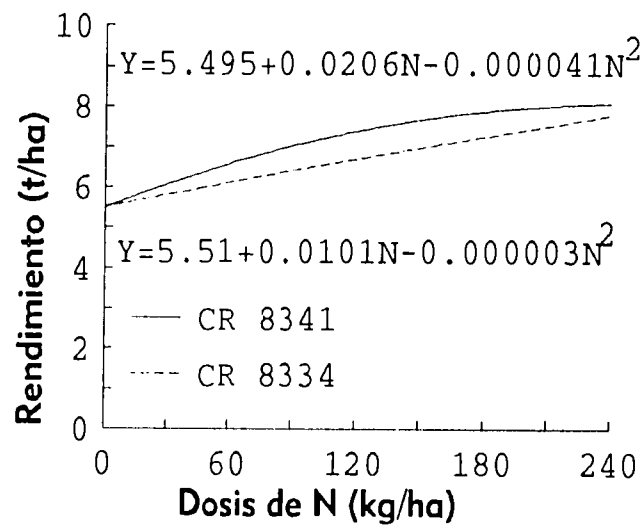


Figura 7. Respuesta promedio de las líneas CR 8334 y CR 8341 (promisorias) a las dosis de N bajo riego y secano durante 1988-89.

adicionado como fertilizante).

La recuperación aparente de N para las distintas dosis estudiadas alcanzó el orden del 40%, valor superior en 7% a los valores dados por Cordero (1984) bajo condiciones de secano. El valor encontrado está dentro del orden de los estudios para arroz bajo riego, ya que en este sistema, dependiendo de las caracteristicas climáticas, edáficas y de manejo, se pueden tener pérdidas por volatilización, escorrentía, lixiviación y denitrificación (IRRI, 1979).

La segunda variable de eficiencia evaluada, fue la fisiológica. De acuerdo con los valores encontrados la eficiencia fisiológica oscila entre 35 a 23 kg de arroz producidos por kg de N absorbido. Como se nota en la Figura 5, conforme se incrementa la dosis de N se disminuye la eficiencia fisiológica. Es digno de destacar que, con la dosis de 180 kg N/ha que fue la dosis óptima agronómica y económica encontrada, la eficiencia fisiológica correspondió a 27 kg de arroz granza por cada kg de N absorbido.

La tercera variable, la eficiencia de la fertilización sobre el rendimiento, presentó valores entre 13.9 y 9.2 kg de arroz/kg de N adicionado. Al igual que la variable anterior, el valor disminuye conforme se incrementa la fertilización nitrogenada al cultivo (Figura 8). Para la dosis de 180 kg de N/ha, es de esperar que por cada uno de esos kg de N aplicados se obtengan aproximadamente 11 kg de arroz granza. Estos valores son muy inferiores a los obtenidos por Tinoco *et al.* (1989), para la misma variedad CR 1821 (21 kg de arroz/kg de N). Hay que destacar que los estudios de Tinoco fueron realizados en otros sitios, donde el aporte del N del suelo fue muy pobre., y no como en estos estudios, en que el tratamiento de 0 N/ha produjo un rendimiento de 5400 kg/ha (Figura 8).

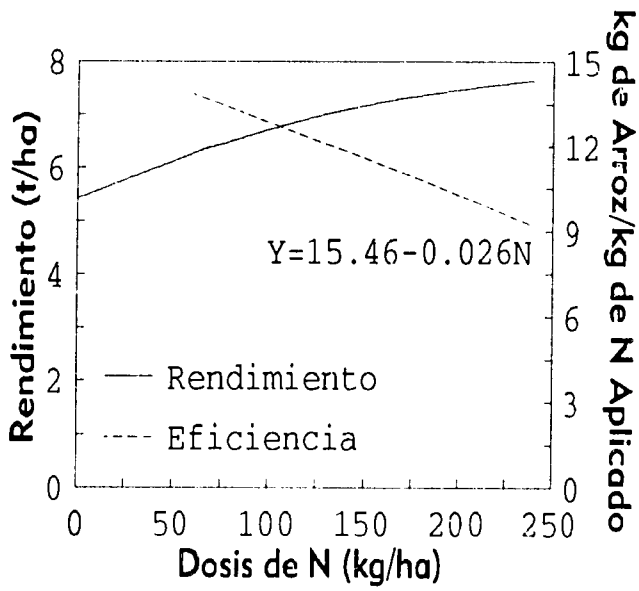


Figura 8. Rendimiento de arroz variedad CR 1821 versus eficiencia de la fertilización con N expresada en kg de arroz/kg de N.

Efecto de la Fertilización Nitrogenada sobre el Acame de la var. CR 1821

Una de las características agronómicas favorables de la var. CR 1821 es su resistencia al acame, la cual fue demostrada mediante un experimento de campo, bajo arroz inundado, con condiciones controladas de agua, donde se estudió el efecto de aplicaciones masivas de N, a saber: 0, 150, 250, 350, 450, 550, y 650 kg N/ha. En este estudio el N se fraccionó en 40% al macollaje y 60% al inicio del desarrollo del primordio floral.

En la Figura 9 se observa la respuesta de la var. CR 1821 a las aplicaciones de N. A partir de los 200 kg N/ha, los rendimientos son decrecientes y se expresan según el modelo de raiz cuadrada.

El anterior tipo de respuesta antagoniza con el volcamiento de las plantas en el sentido que los rendimientos disminuyen conforme se incrementa el volcamiento que está asociado a altas dosis de N. En la Figura 9 se observa que con el uso de 150 kg N/ha no hay ningún tipo de volcamiento, ya que tiene un valor de 1, según la escala internacional, que corresponde a plantas con tallos fuertes y sin acame. Un volcamiento muy ligero, con valor 2 de acuerdo con la escala internacional, se manifieta para las dosis de de 250 y 350 kg N/ha, confirmando el estudio la resistencia al acame que posee la variedad CR 1821. Cuando la dosis de N se aumenta a 450 kg el acame sube al valor de 3 y se incrementa fuertemente a partir de 550 kg N/ha hasta alcanzar el máximo volcamiento de 100% cuando se emplean 650 kg N/ha y que coincide con los rendimientos de arroz más bajos encontrados en el estudio. Los anteriores resultados permiten corroborar, que las dosis óptimas agronómicas a razón de 180 kg N/ha encontradas con los otros estudios eran las correctas.

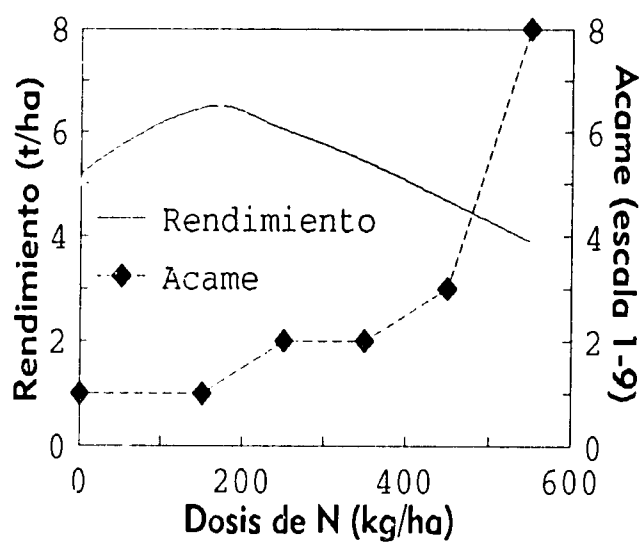


Figura 9. Efecto antagonico del acame sobre el rendimiento de arroz variedad CR 1821 debido a dosis masivas de N.

Remoción de Nutrimentos por la var. de Arroz CR 1821 y las Líneas Promisorias CR 8341 y CR 8334

La cantidad de nutrimentos removidos del suelo por una cosecha de arroz varía con el cultivar, la producción de biomasa, el suelo, el clima y el manejo. De esta forma se pueden encontrar diferencias muy grandes de extracción de nutrimentos por el arroz en diferentes partes del mundo.

En 1985, con el lanzamiento de la variedad CR 1821 a los productores se les aportó una detallada descripción varietal junto con otras características agronómicas, dentro de las que se incluyó la remoción de nutrimentos por ese cultivar, creciendo en Mollisoles de alta fertilidad de la EEEJN del MAG bajo condiciones de riego y transplante (Cordero y Murillo, 1985).

En la Figura 10 se dan los valores de absorción de macronutrimentos correspondientes al grano, a la paja y al total. Es de destacar en esta figura 3 situaciones interesantes. La primera de ellas es que el grano extrae 125 kg de N/ha y 30 kg de P/ha, mientras que la paja remueve del suelo 242 kg de K/ha. Estos valores de extracción de nutrimentos, son otro factor muy importante de tomar en cuenta para realizar las prácticas de abonamiento en el cultivo del arroz. Con los datos de la Figura 10, se puede ver que el grano remueve el 62% del N, el 73% del P, y sólo el 9% del K. Lo anterior tiene aspectos de importancia práctica ya que si el productor extrae del sistema tanto el grano como la paja, la remoción de K es alta y en pocos años a pesar de la fertilidad de los suelos, se pueden agotar las reservas del K nativo, si éste no es considerado en las prácticas de fertilización. En otras palabras, la var. CR 1821 es altamente extractora de K y para obtener rendimientos máximos debe crecer en un sustrato con buena disponibilidad de K, bien sea por el aporte del K del suelo o por el suplido como fertilizante.

Con el objeto de complementar las tecnologías de las 2 líneas promisorias, CR 8334 y CR 8341, se realizó una investigación durante 2 años, 1988 y 1989, similar a la realizada con la CR 1821 (Cordero y Murillo, 1985) en relación con la extracción de macro y micronutrimentos. En esta oportunidad se presentan sólo los resultados de los macronutrimentos en las Figuras 11 y 12 para las líneas promisorias en mención.

La producción de materia seca total (MS) fue muy similar entre las 2 líneas. La CR 8341 produjo 18,8 t/ha de MS (9 t/ha de grano + 9,8 t/ha de paja) y la CR 8334 produjo 18.6 t/ha de MS (8,6 t/ha de grano + 10 t/ha de paja). Sin embargo, las 2 líneas difieren estadísticamente (P = 0,05) en la distribución de esa materia seca. La línea CR 8334 agronómicamente es más hojosa y produce más paja por grano formado, que la CR 8341. Esta última tiene una relación grano paja de 0,92, mientras que la CR 8334 guarda una relación de grano entre paja de 0,86. Lo anterior quiere decir que la CR 8341 tiene un índice mayor de cosecha.

Con base en los resultados de las Figuras 11 y 12 se puede decir que cuantitativamente la extracción de P y Mg es muy parecida en las 2 líneas estudiadas. En cuanto a cantidades totales entre nutrimentos, el K es el elemento que las 2 líneas extraen en mayor proporción aunque cuantitativamente esos valores son inferiores a la extracción de K por la CR 1821. Comparativamente, la línea CR 8341 extrae más K que que la CR 8334 y las diferencias se deben principalmente a lo removido por la paja.

En cuanto al N, la remoción total es ligeramente diferente entre una y otra línea. La CR 8334 extrae 198 kg de N/ha, 18 kg de N/ha más que la CR 8341; 11 de esos 18 kg/ha los extrae la paja de la CR 8334.

La otra diferencia de extracción es con el Ca, la CR 8334 es más exigente también con ese nutrimento, ya que ésta remueve 107 kg de Ca/ha, en comparación con 91 kg de Ca/ha para la CR 8341. Igual al N, la paja de la CR 8334 extrae más Ca.

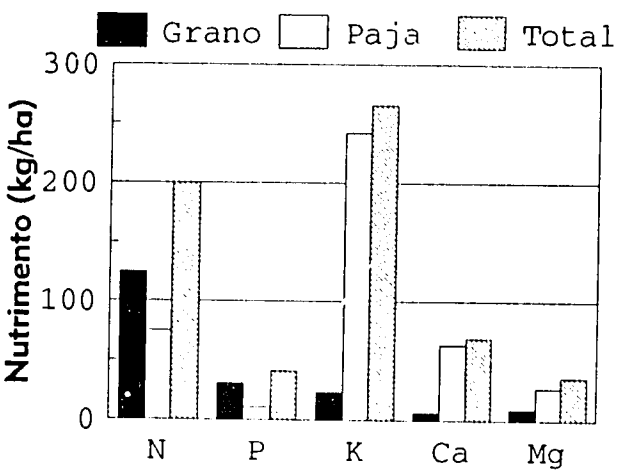


Figura 10. Remoción de macronutrimentos de la variedad de arroz CR 1821 con un rendimiento total de 20.3 t ha^{-1} de materia seca.

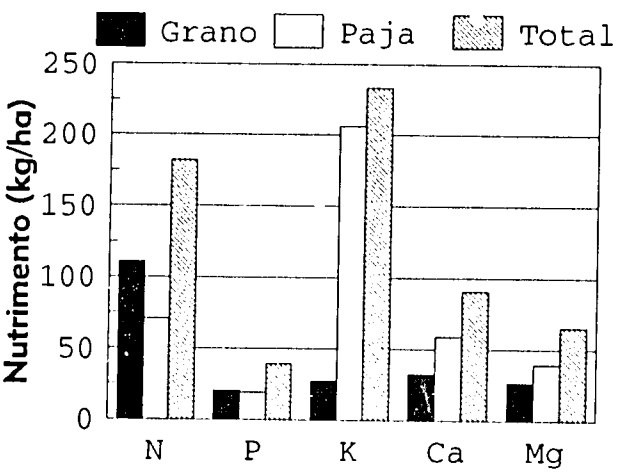


Figura 11. Remoción de macronutrimentos de la variedad de arroz CR 8341 con un rendimiento total de 18.8 t ha^{-1} de materia seca.

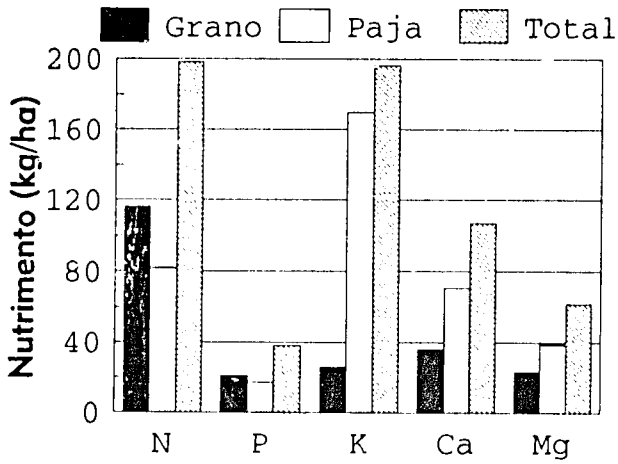


Figura 12. Remoción de macronutrimentos de la variedad de arroz CR 8334 con un rendimiento total de 18.6 t ha^{-1} de materia seca.

En general si se compara la absorción de cationes de los materiales promisorios con la CR 1821, se concluye que ésta última extrae más K, pero menos Ca y Mg que los nuevos materiales. Estas diferencias encontradas podrían ser de importancia en el comportamiento de enfermedades como *Helminthosporium oryzae*, que están asociadas a la nutrición potásica. Como se había dicho anteriormente la CR 1821 es muy susceptible a *Helminthosporium* y su incidencia se incrementa en suelos bajos en K o bajo condiciones de secano. Esta susceptibilidad no se ha presentado hasta el momento con las líneas promisorias.

Cuantitativamente,los 3 materiales genéticos extraen los macronutrimentos en el siguiente orden: K > N > Ca > Mg > P.

Ajuste en las Recomendaciones para Fertilizar el Arroz Bajo Riego en Costa Rica

Con lo obtenido y representado en la Figuras 3, 4, 5 y 6, existió base para ajustar la recomendación de la fertilización nitrogenada en la variedad CR 1821, ue aparece en el Cuadro 4 junto con las recomendaciones para otras variedades.

En Costa Rica, las recomedaciones de la fertilización en el cultivo del arroz se hacen con base en el análisis de suelos, después de las investigaciones de Cordero y Miner (1975). Para hacer las recomendaciones de estos elementos en el sistema de arroz inundado, fue necesario hacer los ajustes del caso, ya que como se sabe la CR 1821 es altamente extractora de K. Por esta razón, en los Cuadros 5 y 6, se dan los niveles críticos de P y K y las recomendaciones de P_2O_5 y K_2O a adicionar al cultivo del arroz, variedad CR 1821, ajustadas al sistema de siembra (Cordero, 1989). Como se puede notar, se dan 3 rangos de valores tanto para el P como para el K, categorizados como bajo medio y alto. Para cada uno de estos rangos se dan recomedaciones de las cantidades de P y K a adicionar al cultivo, con la diferencia que en el caso del K la recomendación es diferencial dependiendo de la variedad.

Tomando como base los conceptos presentados en los puntos anteriores y que se resumen en las Figuras 3, 4, 5, 6 y Cuadros 4, 5 y 6, se confeccionó el Cuadro 7, que sirve como base para dar sugerencias de fertilización para la variedad de arroz CR 1821, bajo riego y con un

Cuadro 4. Recomendación de la fertilización nitrogenada en el cultivo del arroz en Costa Rica.

Variedad	Sistema De Cultivo	
	Secano Favorecido	Riego
	------kg de N/ha---	
CR 1113	80-120	120
CR 5272	80	100
CR 201	120	120
CR 1707	120	120
CR 1821[a]	120	180
CR 8341[b]	150	180
CR 8334[b]	150	180

[a] La variedad se recomienda en secano favorecido para áreas bajas, donde es corriente tener una humedad casi permanente para el desarollo del cultivo.
[b] La dosis recomendada en realidad son sugerencias ya que todabía se está en el proceso de validación de las investigaciones.

Cuadro 5. Niveles críticos de P en los suelos arroceros de Costa Rica y las recomendaciones de P al cultivo de arroz.

Nivel Critico[a] Categoria	Recomendación Valor	P_2O_5
	mg/L	kg/ha
Bajo	0-5	60
Medio	6-10	30
Alto	>10	0

[a] Niveles críticos para P extraídos con solución de Olsen Modificado (bicarbonato de sodio + EDTA).

Cuadro 6. Niveles críticos de K en los suelos arroceros de Costa Rica y las recomendaciones de K al cultivo de arroz.

Nivel Critico Categoria	Recomendación De K_2O Valor	CR 1821	Otros[a]
	cmol(+)/L	------kg/ha------	
Bajo	0-0.1	50-60	30
Medio	0.11-0.2	25-30	15
Alto	>0.2	0	0

[a] Variedades CR 1113, CR 5272, CR 201 y CR 1707.

Cuadro 7. Sugerencias para fertilizar la variedad de arroz CR 1821 bajo condiciones de riego y segun el analisis de suelos. Rendimiento mínimo esperado de 6.5 t/ha de grano.

Valor De P	Valor De K: Bajo	Medio	Alto
	kg/ha de N-P_2O_5-K_2O		
Bajo	180-60-60	180-60-30	180-60-0
	a) 250 de 12-24-12	250 de 12-24-12	130 de 0-46-0
	b) 150 de 20-0-20	65 de urea	98 de urea
	c) 65 de urea	65 de urea	98 de urea
	d) 196 de urea	196 de urea	196 de urea
Medio	180-30-60	180-30-30	180-30-0
	a) 125 de 12-24-12	200 de 15-15-15	65 de 0-46-0
	b) 225 de 20-0-20	65 de urea	98 de urea
	c) 65 de urea	65 de urea	98 de urea
	d) 196 de urea	196 de urea	196 de urea
Alto	180-0-60	180-0-30	180-0-0
	a) 100 de 0-0-60	50 de 0-0-60	ningun abono
	b) 98 de urea	98 de urea	98 de urea
	c) 98 de urea	98 de urea	98 de urea
	d) 196 de urea	196 de urea	196 de urea

rendimiento mínimo de 6,5 t/ha de grano, utilizando los resultados del análisis de suelo.

En dicho cuadro se dan 9 diferentes posibilidades de fertilizar la variedad CR 1821 según las cantidades de P y K del suelo y para un rendimiento esperado. Las 9 diferentes sugerencias, son el producto de 3 categorías de P (alta, media, baja) por 3 categorías de K (alta, media, baja) para cada una de ellas, según el análisis químico de suelo. Las sugerencias presentadas en el Cuadro 7, son el producto final de las investigaciones realizadas a corto y mediano plazo, en el desarrollo de una tecnología de gran aplicabilidad práctica para los productores de arroz inundado en Costa Rica. Esta tecnología sirve de guía para fertilizar sus campos de arroz, haciendo uso de los análisis de suelos.

Epocas de abonamiento: a) a la siembra; b) al inicio del macollaje (estado de plántula); c) durante el desarollo de los hijos (macollos); d) al inicio de la panícula.

Fuentes de fertilizantes: en lugar de las fórmulas sugeridas, se pueden emplear otras similares. La urea también se puede substituir por otras fuentes amoniacales, ej. sulfato de amonio.

CONCLUSIONES

-La respuesta generalizada de la variedad CR 1821 a las aplicaciones de N tanto desde el punto de vista agronómico como económico, alcanzó la dosis de 180 kg N/ha.

-Tomando sólo en consideración el punto de vista experimental y bajo condiciones controladas de excelente manejo del agua, la dosis óptima agronómica y económica se alcanzó también con la dosis de 180 kg N/ha.

-La eficiencia de la fertilización nitrogenada cuando se aplican 180 kg N/ha, bajo condiciones de riego, alcanzó una recuperación aparente de 40%, con una eficiencia fisiológica de 27 kg de grano de arroz/kg de N absorbido y una eficiencia de la fertilización sobre el rendimiento de 11 kg de grano/kg de N aplicado.

-Se comprobó que la variedad CR 1821 es de tallos muy fuertes y no sufre volcamiento a la dosis óptima agronómica encontrada (180 kg N/ha); se necesitan aplicar más de 400 kg N/ha para que los tallos pierdan su fortaleza y la mayoría de las plantas (más del 59 %) presenten tendencia al volcamiento.

-Las líneas promisorias CR 8334 y CR 8341 alcanzan sus rendimientos óptimos desde el punto de vista agronómico con 180 kg N/ha.

-La extracción de nutrimentos realizada por la var. CR 1821 y las líneas promisorias CR 8334 y CR 8341 es de 200, 182 y 198 kg de N/ha, respectivamente.

-La extracción de K fue alta para los 3 materiales genéticos. La CR 1821 removió 265 kg N/ha, siguiéndole la CR 8341 con 233 kg de K/ha y la CR 8334 con 196 kg de K/ha.

-Cuantitativamente, el orden de remoción de nutrimentos por la CR 1821 y las líneas promisorias es el siguiente: K > N > Ca > Mg > P

-Con base en la determinación de las dosis de N a emplear en el cultivo de arroz inundado con estudios previos a este trabajo con los nutrimentos P y K, se ajustó la fertilización del arroz bajo ese sistema, haciendo uso del análisis de suelos para P y K extraído con la solución de Olsen modificada.

-Para valores de análisis de suelos, que entran en la categoría de medio en K y P y para un rendimiento esperado de 6,5 t/ha de grano, la recomendación de la fertilización sería de 180-30-30 kg/ha para N-P_2O_5-K_2O, utilizando la hoja guía de fertilización del cultivo del arroz presentado en este estudio.

LITERATURA CITADA

Bock, B.R. 1984. Efficient use of nitrogen in cropping system. En Nitrogen in crop production. Ed. por R.D. Hauck. Madison, Wis., American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America. p. 263-294.

CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluaciones económicas. Mexico. D.F., CIMMYT. 79 p.

Comisión Interinstitucional. 1988. Análisis de costos para los diferentes sistemas de arroz con riego, Oficina del Arroz. San José, Costa Rica. 31 p.

Cordero, A. et al. 1974. Nitrogen management for rice in Costa Rica. En Agronomy Abstracts, 66th. Annual Meeting. Madison, Wis., American Society of Agronomy. p. 147.

Cordero, A.; Miner, G.S. 1975. Programa de calibraciòn de análisis de suelo para la fertilizaciòn de arroz y maíz en Costa Rica. En Seminario sobre manejo de suelos y el proceso de desarrollo en América Tropical (1974, Cali, Colombia). Manejo de suelos en la América Tropical. San José, Costa Rica. p. 533-[illegible]8.

Cordero, A. 1978. La influencia de los abonos en la revolución verde del cultivo del arroz en Costa Rica. En Conferencia Latinoamericana sobre la Producción de Alimentos, San José, Costa Rica (19., 1978). San José, Costa Rica.

Cordero, A. 1984. Clasificación de los suelos arroceros en Costa Rica y en el resto del mundo según la taxonomía de suelos. Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Departamento de Producción Vegetal. p. 73-116. (Informe técnico no. 432)

Cordero, A. y Murillo, J.I. 1985. Remociòn de nutrimentos por el nuevo cultivar de arroz CR 1821. Saan José, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Direcciòn General de Investigaciòn y Extensiòn Agrícola, Subdirecciòn de Investigaciones Agrícolas. 11 p.

Cordero, A. 1989. Manual sobre la fertilización y la nutrición mineral del cultivo del arroz en Costa Rica. San José, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola, Sudirección de Investigaciones Agrícolas-Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, Centro de Investigaciones Agronómicas. 76 p.

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. 1977. Estudio detallado de suelos y clasificaciòn de tierras según su aptitud de riego: Programa de Investigaciòn, Capacitaciòn y Diseños finales de riego en la Estaciòn Experimental Enrique Jiménez Núñez, San José, Costa Rica. 117 p. (Informe final no. 1)

IRRI. 1979. Nitrogen and rice. Los Baños, Laguna, Philippines, International Rice Research Institute. 449 p.

Jiménez, F.T. 1972. Génesis, clasificaciòn y capacidad de uso de algunos suelos de la regiòn atlántica de Costa Rica. Tésis Ing.Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. 118 p.

Tinoco, R., Murillo, J.I.; Cordero, A. 1989. Respuesta de la variedad de arroz CR 1821 a diferentes densidades de siembra y a dosis crecientes de N bajo condiciones de riego en Costa Rica. En Reunión anual del PCCMCA (34., 1988, San José, Costa Rica). Resumenes. San José,Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería. p. 4.

Vásquez, A. 1978. Estudio semidetallado de suelos: I Etapa: cuenca baja del rio Tempisque. San José, Costa Rica, S.N.E.-MAG.

Respuesta del Arroz a la Fertilización Bajo Condiciones de Suelos Inundados

Luis A. Arévalo[1]

INTRODUCCION

El arroz, fuente de alimento primario de la población, es uno de los granos más cultivados en el mundo y su consumo tiende a incrementarse contínuamente. Por estas razones es indispensable aumentar su producción.

El mayor o menor rendimiento del cultivo de arroz está determinado por factores genéticos, ecológicos y fisiológicos. Los factores genéticos están asociados con el tipo de planta; mientras que los factores ecológicos están relacionados con la temperatura, humedad, nubosidad y radiación solar. Los factores fisiológicos más importantes en la producción de grano, son la fotosíntesis y la respiración. Estas funciones están influenciadas directa o indirectamente por el contenido y disponibilidad de nutrientes en el suelo para la planta. Por lo tanto, los fertilizantes constituyen uno de los insumos más eficientes y con un uso adecuado de ellos puede alcanzarse rendimientos unitarios elevados.

En 1980 la Misión Carolina del Norte firmó un convenio con la CORDELOR, para iniciar los trabajos de arroz bajo riego en la E.E. San Ramón de Yurimaguas. Hasta esa fecha toda la investigación en arroz en la Selva peruana, estuvo orientada al sistema de secano. En vista de que no existía ningún tipo de investigación sobre el comportamiento del arroz bajo condiciones de inundación permanente y su respuesta a la fertilización nitrogenada (N), fosfatada (P), y potásica (K), se establecieron dichos ensayos, con el objetivo general de determinar cuándo un agricultor necesitará aplicar en la forma correcta, la fuente, cantidad y épocas de aplicación, de fertilizantes para mantener máximos rendimientos de arroz grano.

Los objetivos específicos de cada ensayo se describen a continuación:

Experimento Nitrógeno:

a) Determinar la dosis y el tiempo de aplicación de N adecuados para obtener máximos rendimientos.
b) Comparar la eficiencia del N con 2 técnicas de preparación de suelos: fangueo y no fangueo.

Experimento Fósforo:

a) Estudiar la disponibilidad de P de tres fuentes diferentes bajo condiciones de suelos inundados.
b) Determinar la dosis óptima de P para cada una de las fuentes y sus efectos residuales.

Experimento Potasio:

a) Determinar la dosis óptima de K para obtener máximos rendimientos de arroz, en condiciones de suelos inundados.

Cuadro 1. Resultados del análisis químico del suelo, de muestras tomadas previo a la instalación de ensayos.

		INTERCAMBIABLES										
PROF.	pH	Al	Ca	Mg	K	CIC	P	Zn	Mn	Fe	Cu	C.O.
cm		---cmol(+)/ L------					---------mg/kg---------%					
0-15	5.3	0.4	37.4	8.9	0.4	44.7	6	7	61	87	2.3	1.3
15-30	5.2	1.0	33.9	9.3	0.3	44.5	6	10	55	103	3.0	0.5

METODOLOGIA

Como los tres ensayos fueron conducidos en una misma área y en forma simultánea, se describirá las acciones desarrolladas en un sólo ensayo, considerándolas válido por los tres; las diferencias entre ellos se indicarán oportunamente.

Descripción del Area

Los ensayos se iniciaron en agosto de 1981, en la Estación Experimental San Ramón, Yurimaguas-Perú, ubicado a 5°56' latitud Sur y 76°05' longitud Oeste, con una altitud de 184 msnm. El clima es húmedo tropical, con una temperatura anual de 26° C y la radiación solar promedio anual es de 330 langleys/día, con una precipitación anual de 2100mm. Existe una estación seca marcada entre julio a septiembre, con alrededor de 100mm mensuales de precipitación.

En julio de 1980 se cortó y quemó una purma de alrededor de 15 a 20 años de edad, sembrándose luego arroz y maíz en el sistema de secano tradicional durante un año. El suelo del lugar esta clasificado tentativamente como Typic Tropaqualf (Bandy y Benítes, 1983). Previo a la instalación de los tratamientos se tomaron muestras de suelo a dos profundidades, 0-15 y 15-30cm. Los resultados del análisis de suelos se presentan en el Cuadro 1. Este suelo es de moderada fertilidad, sin problemas de toxicidad de Al y alto en Ca, Mg, K y P disponible, con 90% de saturación de bases, de textura arcillosa.

Preparación de los almácigos

Esto es una práctica común en arroz bajo riego, con las mismas características para los 3 ensayos y que se realiza campaña a campaña. La preparación de los almácigos fue realizada en forma manual y en suelo húmedo; después de voltear el suelo con lampas, se

[1]Ing. Agr., Ms. Sc., Especialista en Fertilidad de Suelos. INIAA, Estación Experimental San Ramón, Yurimaguas, Loreto-Perú.

inundó el área con una lámina de agua por espacio de 48 horas, las partes altas expuestas por esta lámina fueron trasladados a las partes bajas con la ayuda de palas y el tablón jalados por tres hombres, hasta conseguir una buena nivelación.

El fangueo se realizó después, con una película de agua de 10-15cm de profundidad hasta conseguir formar un lodo uniforme. La última práctica realizada fue el planchado, que consistió en alisar la superficie del suelo frangueo lo cual se consiguió jalando un tronco redondo y pesado por los bordes. Finalizado el proceso del planchado se introdujo una lámina de agua de 10cm y se dejó por espacio de 24 horas permitiendo la decantación de las partículas de arcilla. Trascurrido este período el agua estuvo transparente y fue el momento de sembrar el almácigo. Diez días después de la siembra del almácigo, se aplicó 25 kg de N/ha para obtener mayor vigor de las plántulas de arroz. Después de 25 días de la siembra las plántulas fueron transplantadas al campo definitivo. Las fechas de siembra y cosecha, así como las variedades sembradas se presentan en el Cuadro 2.

Tratamientos

Experimento Nitrógeno - 1 En este ensayo se probaron 4 niveles de N como urea (0, 50, 100 y 200 kg/ha) por 4 épocas de aplicación: 1) Todo al transplante, 2) mitad al transplante y mitad al inicio de la panoja, 3) mitad al macollamiento y mitad al inicio de panoja y 4) un tercio al transplante, un tercio al macollamiento y un tercio al inicio de panoja. Todos los tratamientos fueron probados en dos sistemas de preparación del suelo: 1) fangueado y 2) no fangueado (arado en seco). En el primer método de preparación de suelo, se realizaron las mismas operaciones que los descritos para la preparación de los almácigos, con la excepción de que no se realiza el planchado. En el segundo caso, el suelo sólo fue arado (volteado) con lampas y palas, después se colocó una lámina de agua y la poza quedó lista para ser transplantada.

Los niveles de N fueron aplicados al voleo y por cada cultivo. Para la aplicación del fertilizante nitrogenado, las pozas se drenaban un día antes de la aplicación, un día después se volvía a regar, manteniendo la lámina de agua constante hasta 20 días antes de la cosecha. Dosis de mantenimiento de P y K de 20 y 50 kg/ha respectivamente fueron aplicados al voleo e incorporados al momento de la preparación del suelo. El diseño estadístico empleado fue el de parcelas subdivididas con 4 repeticiones, siendo el método de preparación del suelo, la parcela principal, las dosis de N las subparcelas, y las épocas de aplicación las subparcelas. El transplante se realizaba cuando las plántulas del almácigo tenía 25 días de edad, utilizando 3 plántulas por golpe, con distanciamiento de 25 x 25cm, el área de cada parcela fue de 10 m^2.

Cuadro 2. Variedades sembradas. fechas de siembra y cosecha en los tres ensayos. Yurimaguas, 1981-1984.

Experimentos	Variedad	Fecha De Siembra	Fecha De Cosecha
N-P	INTI	08/81	12/81
N-P-K	IR4-2	02/82	06/82
N-P-K	IR4-2	08/82	12/82
N-P-K	IR4-2	01/83	04/82
N-P-K	IR4-2	05/63	09/82
N-P-K	IR4-2	10/83	02/84
N-P-K	IR4-2	02/84	06/84
N-P-K	IR4-2	07/84	11/84

Experimento Nitrógeno - 2 Este ensayo se inició en junio de 1988, en una chacra desmontada con buldozer en octubre de 1983. Desde enero de 1984 hasta abril de 1988 se venía cultivando arroz bajo riego en suelo fangueado y con aplicaciones anuales de dosis de mantenimiento de P y K a razón de 20 y 50 kg/ha /año, respectivamente. Las mismas cantidades se volvieron a aplicar en 1988 y 1989, en igual forma que para el ensayo N-1.

Se están probando 4 dosis de N como urea (0,80, 120 y 160 kg/ha) y tres variedades de arroz. En 1988 se sembraron las variedades San Martín, El Porvenir e IR4-2. Después de la cosecha, la variedad San Martín fue descartada por ser tardía y reemplazada en 1989 por la variedad P4522, cuyo comportamiento es bastante promisorio. Por lo tanto, las tres variedades probadas en 1989 tienen el mismo período, el cual está alrededor de 130 a 135 días.

En el año 88, las pozas fueron fangueadas y la siembra fue realizada mediante transplante, pero las pozas se mantuvieron sin agua hasta 70 días después de la siembra. En el año 89, las pozas no fueron fangueadas, la siembra se realizó con tacarpo a un distanciamiento de 25 x 25cm, las pozas no recibieron riego suplementario, creciendo las plantas sólo con agua de lluvia. En ambos años se realizó una sola campaña. En 1988, el total de cada dosis de N fue aplicado cuando las plantas de arroz estaban en punto de algodón (70 dds); mientras que en 1989 las dosis de N fueron divididas en dos fracciones aplicándose la primera mitad 30 dds y la segunda 70 dds. En ambos ensayos el N se aplicó al voleo. El diseño experimental utilizado fue el de parcelas divididas, colocando los niveles de N en la parcela principal y las variedades en las subparcelas.

Experimento Fósforo Tres fuentes de P (superfosfato simple, superfosfato triple y roca fosfatada de Sechura) a cuatro niveles de P (0, 11, 22 y 44 kg/ha) fueron probados en este estudio. Tanto las dosis como las fuentes fueron aplicadas al inicio de la primera campaña, al voleo e incorporado al momento de la preparación del suelo (arado). En los siguientes cultivos se evaluó el efecto residual tanto de las fuentes como de las dosis. Aplicaciones de N y K a razón de 50-50 kg/ha fueron realizados. El K fue aplicado de igual manera que en el experimento de N, mientras que el N fue fraccionado en dos partes. La primera mitad fue aplicado 8 días después del transplante y la segunda mitad al inicio de la formación de panícula.

El área de la parcela fue de 14m^2. El transplante fue realizado de igual manera que para el ensayo de N. El diseño estadístico fue de bloques completos al azar en arreglo factorial con 4 repeticiones.

Experimento Potasio Seis niveles de K como KCl (0, 30, 60, 90, 120 y 180 kg/ha) y su efecto residual a través del tiempo fueron probados en este ensayo. Las dosis de K fueron aplicados al inicio del ensayo al voleo e incorporado al momento de preparar el suelo (febrero 1982). En las siguientes campañas se evaluó su efecto residual. Dosis de N y P fueron también aplicadas a razón de 50 y 20 kg/ha respectivamente. El N fue aplicado como en el experimento de P y el P fue aplicado como en el experimento de N. El transplante se realizó de igual manera que en los experimentos de N y P. El área de parcela fue de 10m^2. El diseño estadístico empleado fue de bloques completos azar con 4 repeticiones.

Evaluaciones

Una semana antes de la cosecha se evaluaba macollos y panojas por m^2 por conteo unitario. Al mismo tiempo se registraba altura de planta, la cual se define como el espacio entre la superficie de la tierra y el término de la panoja. El área neta de cosecha para los ensayos de N y K fue de 3m^2 mientras que para el ensayo de P fue de 5m^2.

La cosecha fue manual y con hoz, cortando al ras del suelo y removiendo la paja más el grano fuera del campo. La trilla se realizó panoja por panoja, luego el grano fue pesado y se determinó su humedad. El rastrojo fue pesado sacándose una submuestra que fue colocada en una estufa de aire caliente, a una temperatura promedio de 70° C por espacio de 72 horas. Después fueron molidos y enviados al laboratorio para su análisis. En las pozas se mantuvo en forma constante una lámina de agua de 10-15cm de profundidad, desde el transplante hasta 20 días antes de la cosecha, para acelerar la madurez fisiológica del grano. Para cada evaluación, el efecto de los tratamientos sobre macollos, panojas, altura de planta y rendimiento se probó usando el procedimiento de ANOVA.

RESULTADOS Y DISCUSION

Debido a que no se establecieron diferencias estadísticas significativas para macollos, panojas, altura de planta y materia seca, sólo se discutirán los resultados de rendimiento en grano expresado a 14% de humedad.

Experimento Nitrógeno - 1

En el Cuadro 3 se presentan, los rendimientos del arroz grano y de materia seca a través de 6 campañas consecutivas de arroz bajo riego. Se aprecia que en las primeras 5 cosechas, los rendimientos de arroz grano, son mayores en el suelo fangueado que en el suelo preparado en seco. Pero entre la sexta y la octava cosecha los rendimientos son similares para ambos métodos de preparación de suelo. En lo que respecta a la producción de materia seca no se ha establecido diferencias estadísticas significativas para ninguna cosecha, es decir que el método de preparación del suelo no influencia sobre la producción de materia seca, el cual estaría más relacionado a las características fisiológicas propias de las plantas de arroz.

Las diferencias en rendimientos de grano, encontrados en las primeras 5 cosechas estarían relacionados a los efectos benéficos del fangueo (Pandy y Singh, 1969; Sánchez, 1973; De Datta y Kerin, 1974) debido a que disminuye el movimiento de agua a través del suelo, lo cual puede aumentar significativamente la eficiencia del N aplicado, debido a menores pérdidas por lixiviación (Sánchez, 1976). Asímismo, promueve la mineralización del N del suelo e incrementa el potencial de N que puede suministrar (Dei y Yamasaki, 1979; Patnaik y Rao, 1979). En suelos no fangueados se consigue menores rendimientos con o sin N, por la falta además, de un buen asentamiento y buena nivelación de las pozas.

Con el tiempo, en un ambiente con 2,100mm de precipitación anual y con cultivos consecutivos de arroz bajo inundación permanente, el perfil del suelo casi nunca está seco, se convierte en un suelo parcialmente nivelado y fangueado, observándose su efecto cuando los rendimientos en grano se equilibran y en algunos casos superan al tratamiento de fangueo, como se puede apreciar en el Cuadro 3.

Los Cuadros 4 y 5, presentan los rendimientos de arroz grano, como resultado del método de preparación de suelo, de las dosis y épocas de aplicación del N. Se encontró respuesta de tendencia negativa, en la primera cosecha. La aplicación de dosis altas de N disminuyó los rendimientos debido a que provocó tumbamiento de las plantas y al ataque severo de *Pyricularia*. Cabe hacer notar, que la variedad de arroz sembrada en la primera campaña fue el INTI, mientras que entre la 3 y la 8 campaña la variedad sembrada fue el IR4-2 (Cuadro 2). No se presenta los rendimientos de la segunda cosecha,

Cuadro 3. Respuesta del arroz en grano (expresado a 14% de humedad), y materia seca a través del tiempo en función al método de preparación de suelo en el sistema de arroz bajo riego. Yurimaguas, 1981-1984.

Prep. Suelo	Numero De Cosechas 1	3	4	5	6	7	8	Total
	----------t/ha----------							
				Grano				
Fangueo	5.5	6.6	6.7	5.9	5.6	4.9	5.6	36
Seco	4.6	5.6	5.6	5.3	5.4	5.3	5.6	34
	*	*	*	*	NS	NS	NS	
				Materia Seca				
Fangueo	---	8.3	6.1	4.9	5.9	4.4	4.1	34
Seco	---	7.6	5.2	4.5	5.0	4.5	4.4	32
	NS	NS	NS	NS	NS	NS		

Cuadro 4. Efecto del método de preparación del suelo y de las dosis de N sobre rendimiento de arroz grano a través de 7 cosechas consecutivos arroz bajo riego. Yurimaguas, 1981-1984.

Niveles De N	Numero De Cosechas 1 F[1]	1 NF	3 F	3 NF	4 F	4 NF	5 F	5 NF	6 F	6 NF	7 F	7 NF	8 F	8 NF	Promedio F	Promedio NF
kg ha^{-1}	---t/ha---															
0	6.6	6.7	6.2	5.6	6.4	5.3	5.6	4.5	4.5	4.5	4.5	5.2	5.5	4.5	5.6	5.1
50	5.7	6.2	6.3	5.6	7.0	6.0	6.1	5.5	6.0	5.6	5.0	5.6	5.6	5.8	6.1	5.6
100	4.6	3.3	7.0	6.7	6.7	6.2	5.6	6.0	6.4	5.7	5.0	5.5	6.6	7.0	6.2	6,2
200	5.0	2.3	6.5	5.1	6.4	4.5	6.0	5.1	5.0	5.3	4.6	4.9	6.1	6.2	5.6	5.3
EFECTOS:																
PREP.		**		NS		NS		NS		NS		NS		NS		
N		*														

[1] F = fanqueado; NF = no fanqueado.

debido a que no fueron aplicadas las dosis de N.

Entre las cosechas 3 y 8 no se establecieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. La falta de respuesta puede estar asociado a: 1) El suelo está bien provisto de N-orgánico (pese a que todo el rastrojo de cada cosecha fuera removido del campo). 2) Baja radiación solar existente en la zona de Yurimaguas la cual está entre 300 y 330 langleys/día. En la Costa Norte del Perú, la variedad IR 8 dio rendimientos experimentales hasta 9.5 t/ha con 200 kg N/ha y 490 langleys/día; pero su rendimiento se redujo a 5.6 t/ha cuando la radiación fue de 280 langleys/día (Sánchez, 1976). Por otro lado, bajo condiciones de inundación permanente, la capacidad de suministro de N por parte de muchos suelos es alta. En un suelo arcilloso de Filipinas, con 110 días de inundación, había aproximadamente 150 kg/ha de N mineral, sobre todo en forma de amonio (Racho y De Datta, 1968). 3) El tipo de planta, en el cual se incluyen ciertas características, como: a) altura de planta y resistencia al volcamiento, b) capacidad de macollamiento, c) características foliares y d) duración del ciclo de vida (Tanaka *et al.*, 1966), 4) Debido a las entradas de N con el agua de riego proveniente del río que, fluctúan entre 10 a 16.5 kg/ha, y a las entradas de N con las lluvias que oscilan entre 3 a 62 kg/ha (Yatazawa, 1977; Grist, 1975; Jones y Bromfield, 1970). Existe otra fuente de entrada de N, poco estudiada, que es la fijación de N por algas azul-verdosas, que en algunos casos puede ser del orden de 25 a 30 kg/ha (Venkataraman, 1979; Roger y Kulassoriya, 1980).

Cuadro 5. Dosis y épocas de aplicación de N: su efecto en el rendimiento de arroz a través de 6 cosechas consecutivas de arroz bajo riego. Yurimaguas, 1981-1984.

Niveles De N	Numero De Cosechas 3	4	5	6	7	8	Promedio
kg/ha	---t/ha---						
				1[1]			
0	6.2	6.2	5.5	4.9	5.2	5.1	5.5
50	6.6	6.5	5.8	6.2	5.2	6.2	6.1
100	6.5	6.4	6.0	6.6	5.2	6.6	6.2
200	5.2	5.6	5.7	5.0	4.7	5.7	5.3
				2			
0	5.4	5.7	5.0	4.6	5.0	5.1	5.1
50	6.2	6.6	5.6	5.6	5.1	5.7	5.8
100	6.7	7.0	5.8	6.0	5.2	6.9	6.3
200	5.6	5.7	5.7	6.1	5.4	6.2	5.8
				3			
0	6.1	6.1	5.4	4.7	5.0	5.2	5.4
50	6.8	6.4	6.2	5.7	5.5	5.6	6.0
100	7.0	6.6	6.0	5.6	5.2	6.6	6.1
200	6.0	5.6	5.5	4.6	4.5	6.9	5.5
				4			
0	6.5	5.5	5.2	5.2	5.0	5.2	5.4
50	5.9	6.5	5.8	5.8	5.1	5.7	5.8
100	7.2	6.0	5.7	5.9	5.3	7.1	6.2
200	6.4	5.7	5.2	5.6	4.3	6.0	5.5
EFECTOS:							
Epoca de aplicación	*						
Nivel N	NS	NS	NS	NS	NS	NS	

[1] Epocas de aplicación de N: 1 = todo al transplante, 2 = 50% al transp. + 50% al I.P., 3 = 50% al macollamiento + 50% al I.P., y 4 = 33% al transp. + 33% al macollamiento 33% al P.

También se puede apreciar una disminución de los rendimientos entre la cosecha 6 y 7, debido a la presencia de la babosa *Arion* sp. (molusco) y a dos malezas de hojas anchas agresivas: *Monochoria vaginalis* y *Heteranthera reniformis* (oreja de ratón), los cuales fueron de difícil control.

En el Cuadro 6, se presentan los rendimientos promedios y la producción total de arroz grano, variedad IR4-2, de 6 cosechas consecutivas. No se consideran los rendimientos de la primera y segunda cosecha, la que se asume que fue alrededor de 10 t/ha. Aún cuando no se estableció respuestas estadísticamente significativas, los valores absolutos muestran una ligera tendencia de respuesta al primer incremento de N, mientras que las dosis de 200 y 0 kg/ha presentan similares valores, pero más bajos que las otras dosis (Cuadro 4 y 5).

Sin importar el método de preparación de suelo ni las

Cuadro 6. Rendimiento promedio y producción total de arroz grano, de 6 cosechas consecutivas con la variedad IR4-2, como respuesta al método de preparación de suelo, dosis y época de aplicación de N. Yurimaguas, 1982-1984.

Dosis De N	F[1]	NF	Total F	Total NF
kg ha^{-1}	t/ha			
	Todo Al Transplante			
0	6.7	5.5	40.3	33.1
50	6.4	5.7	38.5	34.4
100	6.2	6.2	37.2	37.4
200	5.6	5.4	33.7	32.6
	50% Al Transplante + 50% I. de P.			
0	5.3	5.4	31.6	32.2
50	6.0	5.7	36.1	33.9
100	6.4	7.2	38.1	42.9
200	6.2	5.4	36.9	32.3
	50% Al Macollamiento + 50% I. de P.			
0	5.8	5.4	34.3	32.2
50	6.0	6.0	36.2	36.0
100	6.2	6.1	36.9	36.8
200	5.7	5.3	34.4	32.0
	30% Al Transplante + 33% Macollamiento + 33% I. de P.			
0	5.6	5.2	33.8	31.3
50	6.0	5.6	35.3	33.4
100	6.2	6.3	37.0	37.5
200	5.7	5.3	34.2	31.9
DLS 0.05	NS	NS	NS	NS

[1]F = franqueado; NF = no franqueado
1 de P = inicio de panícula

dosis o épocas de aplicación del N, se aprecia que el rendimiento total de arroz grano fluctuó entre 30 y 40 t/ha en sólo 30 meses de cultivo (6 cosechas consecutivas). Si se compara esta producción, con la de secano, la cual es de 1.5 t/ha en promedio, se observa que sería necesario deforestar 20 ha para poder obtener la misma cantidad de grano. No se menciona la producción de materia seca, debido a que no se encontraron diferencias estadísticas, pero la cantidad total producida (6 cosechas) osciló entre 29 y 36 t/ha, la cual fue removida por completo del campo.

Experimento Nitrógeno - 2

En el Cuadro 7 se presentan los rendimientos de arroz grano, en función a las dosis de N aplicados al suelo, para los años 88 y 89. No se encontró respuesta estadística a la fertilización nitrogenada, aún cuando los valores absolutos muestran una tendencia de respuesta a la dosis de 120 kg de N/ha. Para ambos años, se observa una disminución en los rendimientos a dosis mayores de 120 kg/ha. Resultados similares se establecieron en el primer experimento. En el mismo Cuadro 7, se aprecia, que los rendimientos obtenidos en el año 89 son más bajos que en el año 88, como consecuencia de la falta de preparación del suelo y a la falta de riego suplementario.

En el Cuadro 8, se presentan los rendimientos de las

Cuadro 7. Rendimiento de arroz grano, en función a dosis de N a través del tiempo.

Dosis De N	Años 88	Años 89
kg/ha	t/ha	
0	4.9	4.0
80	5.4	4.4
120	5.6	5.1
160	5.3	4.8
DLS .05	NS	NS

tres variedades en función a las dosis de N, tanto en el año 88 como en el año 89. En el año 88 la var. San Martín fue la más estable, debido quizás a su mayor ciclo biológico (160 días), no mostrando respuesta a la fertilización nitrogenada. Las variedades IR4-2 y El Porvenir, incrementaron su rendimiento en 1.0 y 0.5 t/ha al primer aumento de la dosis de N. En el año 89, los rendimientos alcanzados fueron menores que en el año 88, sin importar la variedad sembrada. La var. P4522 parece más estable. Las variedades IR4-2 y El Porvenir parecen ser más sensibles a la falta de adecuada preparación del terreno y a la falta de riego. La razón podría ser que las tres variedades en prueba fueron desarrolladas para condiciones de inundación y en esta campaña fueron sometidas a estrés de agua. Arévalo (1986), estableció que con riegos suplementarios, la var. IR4-2 incrementaba su rendimiento en un 42%.

Tanto del primero como del segundo ensayo de N, se aprecia que, los rendimientos disminuyen considerablemente a dosis mayores de 100 ó 120 kg de N/ha, bajo cualquier sistema de preparación de suelo o bajo cualquier régimen de riego, lo cual sugiere que factores ecológicos y fisiológicos propias de la planta, están condicionando la respuesta del arroz en grano, a dosis crecientes de N.

Cuadro 8. Respuesta de tres variedades de arroz a la fertilización nitrogenada, a través del tiempo.

Dosis De N	Año 88 IR4-2	Año 88 S.M.	Año 88 El Porv.	Año 89 P4522	Año 89 IR4-2	Año 89 El Porv.
kg/ha	t/ha					
0	4.5	5.5	4.8	4.6	3.1	3.8
80	5.4	5.6	5.3	4.6	4.1	4.4
120	5.4	5.9	5.6	5.7	4.3	5.3
160	5.1	5.7	5.2	4.9	4.2	5.4
N x Var.		NS			NS	

Experimento Fósforo

En los Cuadros 9 y 10, se presentan los rendimientos en grano del arroz, como respuesta al efecto residual de la aplicación de tres fuentes y 4 dosis de P, a través de 8 cosechas consecutivas bajo condiciones de suelo inundado permanentemente. En la primera campaña, la variedad sembrada, fue INTI, la cual fue cambiada, debido a su susceptibilidad a la *Pyricularia* y el tumbamiento. A partir de la segunda hasta la 8 campaña se sembró la variedad IR4-2 (Cuadro 2). Como en el caso del experimento de N en este ensayo tampoco se han establecido diferencias estadísticas, ni para las fuentes ni para las dosis de P aplicadas al suelo. La falta de respuesta, a la fertilización fosfatada podría ser debida a que su disponibilidad en la solución del suelo, con la inundación, es de tal magnitud que hace innecesarias las aplicaciones de P (IAEA, 1970; De Datta, 1978). En suelos altamente meteorizados, la inundación no elimina la deficiencia de P; bajo estas condiciones si es posible encontrar respuestas a las aplicaciones de P (Sánchez, 1976).

Los resultados establecidos en Yurimaguas, confirman lo mencionado por diferentes investigadores. Se observó un incremento de 6 a 15 mg/kg de P en el suelo en un período de un año, y después de tres años de inundación continua el P se incrementó hasta 50 mg/kg (Cuadro 11). Esto es razón suficiente para no obtener respuesta a la fertilización fosfatada, aún cuando todo el rastrojo fuera removido del campo el cual fue del orden de 28 t/ha de materia seca, en sólo 6 cosechas consecutivas.

Experimento Potasio

Como en los anteriores ensayos, tampoco se encontró respuestas significativas a las dosis de K aplicadas al suelo y evaluadas como efecto residual, aún después de remover todo el rastrojo del campo, que fue de orden de 29 a 30 t/ha de materia seca (Cuadro 12). El K sigue el mismo comportamiento que el P en condiciones de suelos inundados permanentemente. Es decir que la liberación del K intercambiable hacia la forma más soluble se favorece bajo condiciones de inundación. Al mismo tiempo su contenido se puede incrementar debido a las adiciones con el agua de riego, el cual puede ser del río o de la lluvia.

Así como en los experimentos de N y P, hubo disminución en los rendimientos entre la campaña 5 y 6, por las mismas razones expuestas anteriormente. Tampoco se pudo establecer diferencias en la producción de materia seca a través de todo el ensayo.

Cuadro 9. Rendimiento de arroz grano, a través de 8 cosechas consecutivas de arroz bajo riego en función al efecto residual de tres fuentes de P aplicadas al suelo. Yurimaguas, 1981-1984.

Fuente De P[1]	Numeros Cosechas 1	2	3	4	5	6	7	8	Promedio
	t/ha								
SS	5.7	6.2	7.3	6.7	5.2	5.7	4.7	5.6	5.9
ST	5.9	6.6	6.7	6.1	5.6	5.7	4.7	5.6	5.9
RF	5.8	6.1	6.6	6.6	5.1	5.8	4.8	5.6	5.8
DLS 0.05	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	

[1]SS = superfostato simple; ST = superfosfato triple; RF = roca fosfatada de Sechura.

Cuadro 10. Rendimiento de arroz grano, a través de 8 cosechas consecutivas de arroz bajo riego, en función al efecto de 4 dosis de P aplicados al suelo. Yurimaguas, 1981-1984.

Dosis De P	Numero De Cosecha 1	2	3	4	5	6	7	8	Promedio
kg/ha	t/ha								
0	6.2	6.2	6.4	6.5	5.3	5.9	4.6	5.9	5.9
11	6.0	6.1	6.8	6.3	5.2	5.9	4.8	5.6	5.8
22	5.4	6.7	7.0	6.3	5.4	5.8	4.9	5.3	5.9
44	5.6	6.2	7.2	6.7	5.3	5.4	4.7	5.6	5.8
DLS .05	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	

Cuadro 11. Cambios en la disponibilidad de algunos nutrientes con el tiempo, bajo condiciones de suelos inundados permanentemente. Yurimaguas, Perú.

Elemento	Fechas De Muestreo 8/81	16/7/82	22/4/83	20/9/83	20/11/84
P (mg/kg)	6	14	13	30	50
K (cmol(+)/L)	0.22	---	0.25	0.24	0.37
Ca (cmol(+)/L)	25	---	30	30	34

CONCLUSIONES

Las conclusiones que se derivan de los tres ensayos son: 1.) Falta de respuesta a la fertilización con N, P y K debido principalmente a que los suelos donde se establecieron los ensayos, fueron de moderada fertilidad, incrementándose la disponibilidad de muchos nutrientes,

Cuadro 12. Efecto de 6 niveles de K sobre el rendimiento de arroz grano, variedad IR4-2. Yurimaguas, 1982-1984.

Dosis De K	Numero De Cosechas 1	2	3	4	5	6	7	Prom.	Total
kg/ha	t/ha								
0	5.8	7.0	6.4	7.0	4.8	4.5	6.5	6.0	42
30	5.4	7.3	6.2	6.7	4.2	4.7	5.8	5.8	40
60	5.3	6.7	6.3	7.0	4.4	4.4	6.5	5.8	41
90	5.3	7.0	6.5	7.0	4.0	4.7	7.0	5.9	41
120	5.1	6.5	5.4	6.7	4.4	4.2	6.5	5.5	39
180	5.6	6.9	6.2	6.7	4.5	4.7	6.8	5.9	41
DLS 0.05	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		

por efecto de la inundación permanente y por el transporte de nutrientes con el agua de riego o en las lluvias, 2.)Es probable, que bajo las condiciones de esta zona, el factor ecológico está condicionado la respuesta del arroz grano, a dosis mayores de 120 kg de N/ha., 3.) En este tipo de suelo es posible conseguir 10 cosechas consecutivas de arroz grano sin necesidad de aplicar fertilizantes químicos., 4.) Los costos de producción del arroz son menores debido a la no aplicación de fertilizantes químicos, en los primeros años.

RECOMENDACIONES

Los resultados encontrados en los tres ensayos de fertilización, son muy importantes, ya que permiten recomendar a todos los agricultores, que están asentados en suelos con las mismas características, de estos, en los cuales se condujeron los ensayos a: No aplicar ningún tipo de fertilización química, por espacio de 4 años o de 8 campañas consecutivas de arroz., Realizar el fangueo antes del transplante en los dos primeros años., Después de cultivar arroz bajo riego por espacio de 8 años en un mismo campo, es posible sembrar arroz a tacarpo, sin preparación de suelo, sin riegos suplementarios, pero con aplicación de N a razón de 100 a 120 kg de N/ha; este sistema disminuirá considerablemente los costos de producción.

LITERATURA CITADA

Arévalo, L.A. 1986. Manual de Producción de Arroz Bajo Riego para la Selva Baja del Perú. Trabajo presentado al Taller I Latinoamericano sobre Manejo de Suelos Tropicales. Yurimaguas, 31 de Agosto 21 de Septiembre de 1986. Yurimaguas, Perú.

Dei, Y. y M. Yamasaki. 1979. Effect of water and crop management on the nitrogen supplying of paddy soils. En Nitrogen and Rice. Los Baños, Philippines. International Rice Research Institute. pp 451-463.

De Datta, S.K. 1978. Fertilizer management of efficient use ion wetland rice soils. En International Rice Research Institute. Soils and rice. Los Baños, Philippines. pp 671-701.

De Datta, S.K; y M.S. Kerim. 1974. Water and nitrogen economy on rainfed rice on puddled and non-puddled soils. Soil Sci. Amer. Proc. 38:515-518.

Grist, D.H. 1975. Rice. 2a ed. Longmas, Green and Co. 333 p. International Atomic Energy Agency. 1970. Rice fertilization. Vienna Austria. Tech. Report. Serie No. 108. 174 p.

Jones, M.J.; y A.R. Bromfield. 1970. Nitrogen in the rainfall at Samaru, Nigeria. Nature (London) 227:86.

Bandy, D.E. y J.R. Benites. 1983. Lowland rice production on alluvial soils. En Nicholaides, J.J., W. Couto y M.K. Wade (eds.) Agronomic-economic research on soils of the tropics, 1980-1981 Tech. Report. North Carolina State University, Raleigh. p. 101

Pandy, H.K. y A. Singh. 1969. Effects of moisture and nitrogen on growth yield and mineral content of rice. Exp. Agric. 5(2):125-132.

Patnaik, S., y M.V. Rao. 1979. Sources of nitrogen for rice production. p 25-43. En Nitrogen and Rice, International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.

Racho, V.V. y S.K. De Datta. 1968. Nitrogen economy of cropped and uncropped flooded soil under field conditions. Soil Sci. 105:417-429.

Roger, P.A., y S.A. Kulassoriya. 1980. Blue-green algae and rice. International Rice research Institute, Los Baños, Philippines.

Sánchez, P.A. 1973. Puddling tropical rice Soils: growth and nutritional aspects. Soil Sci. 115:149-158.

Sánchez, P.A. 1976. Properties and management of soils in the tropics. Wiley Co.New York. 618p.

Tanaka, A.K. Kawano y J. Yamaguchi. 1966. Photosyntesis respiration and planttype of the tropical rice plant. Los Baños, Laguna, Philippines. The International Rice Research Institute. Tech. Bull. No. 7 46p.

Venkataraman, G.S. 1979. Algal inoculation of rice fields. p. 311-321. En Nitrogen and rice, International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.

Yatazawa, M. 1977. Cycling of mineral nutrients in agricultural ecosystems: Agro-ecosystems in Japan. Agro-Ecosystems 4:167-179.

Manejo Integrado de la Fertilidad en Arroz de Riego

Melitón Adams[1] y Angel D. Rivillo

INTRODUCCION

El cultivo del arroz en América Latina representa la principal alternativa cerealera. Este hecho es en razón de la enorme cantidad de suelos arroceros en comparación con otros cereales. En Venezuela, por ejemplo, se cuenta con más de quince millones de hectáreas de suelos aptos para el cultivo del arroz (Comerma, 1989) y actualmente sólo se cultivan 150.000 ha (Figura 1).

Los sistemas de producción de arroz en suelos tropicales de América Latina, en general, utilizan una gran cantidad de energía mecánica en su preparación, así como también, excesivas cantidades de plaguicidas y fertilizantes, representando éstos, los factores que más influyen en el costo final del arroz de riego (Meléndez, 1989), además de contribuir con el deterioro del medio ambiente.

Desde el año de 1985, la Facultad de Agronomía de la UCV y la Fundación Científica para la Investigación en Arroz "Augusto Bonazzi", han realizado estudios básicos en la caracterización química y físico-química de los suelos inundados, así como también la utilización de este información en el manejo de fertilizantes en un sistema integrado del cultivo del arroz. En este sentido, se ha

[1]Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Apartado 4579, Maracay, Aragua Venezuela.

Cuadro 1. Pèrdidas de N en Calabozo.

Fuente	Epoca Mar-Ago 1984	Dic 84-May 85	Promedio
	----------% del N----------		
Urea	48.4	41.0	44.7
Sulf. amonio	43.3	26.0	34.6
Promedio	45.8	33.5	39.7

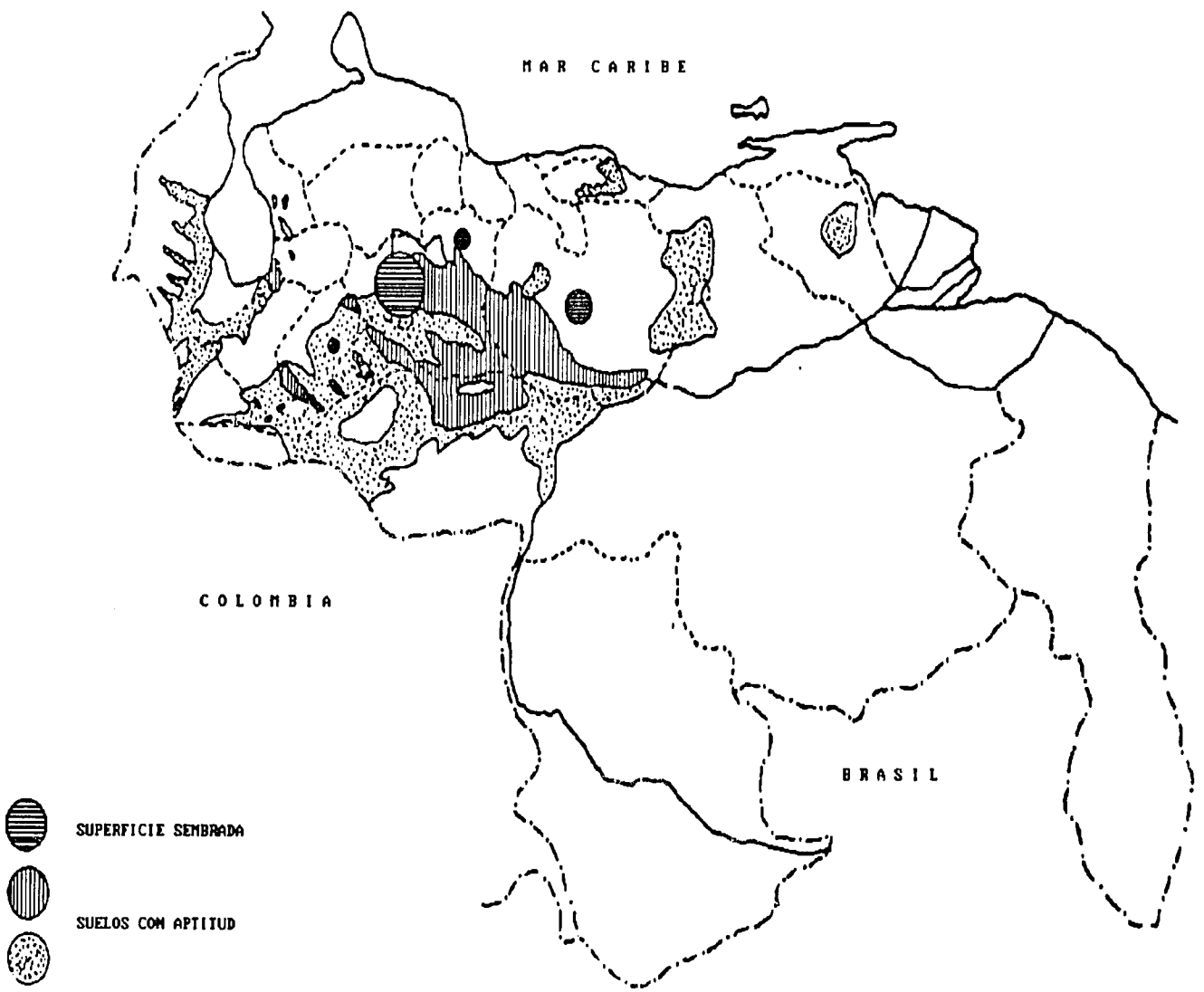


Figura 1. Distribución de la superficie sembrada y suelos inundados aptos para arroz en Venezuela.

Cuadro 2. Algunas características físicas, físico-químico y mineralógicas de los suelos Entic Chromustert (Calabozo) y Typic Tropaquepts (Acarigua).

	Suelos	
	Calabozo	Acarigua
Arena %	4.4	16.4
Limo %	30.0	42.0
Arcilla %	65.6	41.6
pH	5.9	6.8
Sales (dS/m)	0.19	0.17
Materia Orgánica (%)	1.3	2.7
Fosforo (mg/kg)	91.0	85.0
Nitrogeno (%)	0.052	0.108
CATIONES CAMBIABLES	cmol(+)/L	
Calcio	10.8	16.3
Magnesio	10.1	1.4
Potasío	0.3	0.2
Sodio	0.3	0.1
Aluminio	0.0	0.0
Hidrógeno	0.0	0.0
CIC	20.8	22.6
CATIONES SOLUBLES	cmol(+)/L	
Calcio	6.50	14.60
Potasío	0.15	0.15
Sodio	0.33	0.14
ANALISIS MINERALOGICO	%	
Vermiculita	17.5	38.6
Mica	35.7	57.1
Caolinita	28.0	4.1
Lepidocrocita	0.7	---
Goetita	1.8	2.5

desarrollado una metodología que de manera dinámica permite racionalizar el uso de N, P, K, Si, etc.

Las dinámicas de los nutrimentos NH_4, NO_3 y Si en suelos del Sistema de Riego Rio Guárico y Acarigua, muestran evidencias sobre la posibilidad de respuesta al elemento Si en relación con las dosis de N y disminución de las dosis de N, P y K utilizadas por el productor, respectivamente. Se ha demonstrado (Carrillo, 1989) que las pérdidas de N son considerables en este sistema de producción, como puede observarse en el Cuadro 1.

Por otro lado, las dinámicas químicas y fisicoquímicas muestran que la acidificación de los suelos potencialmente sulfatoácidos ocurre a alta velocidad en las condiciones ambientales del Delta del Orinoco; pero la aplicación de enmiendas químicas, escorias de siderúrgicas y roca fosfórica pueden neutralizar la acidez potencial, previo a su drenado y oxidación, en un sistema de producción de

Cuadro 3. Dinámica de poblacionales de insectos.

		Variedad Palmar			Variedad Araure-4		
Insecto	Umbra	Agos.	Sep.	Oct.	Agos.	Sep.	Oct.
Sogatodes Oryzycola	150	15	8	2	14	10	5
Lissorhoptrus Orysophilus	15	--	5	3	0	8	3
Conocephalus	NI	18	35	63	--	22	35
Caulopsis	NI	--	17	24	--	8	11
BENEFICIOS							
Arañas		10	50	95	7	11	12
Libélulas		6	--	8	12	12	26

NI = No identificado.

arroz (Rivillo, 1986).

El objetivo de este trabajo fue introducir información de dinámicas químicas, determinadas en el laboratorio, en el manejo de los fertilizantes, en un esquema de manejo integrado del cultivo, (preparación del suelo, control de malezas, plagas y enfermedades) utilizando suelos del Sistema de Riego Rio Guárico y Acarigua. Se plantea, además, la posibilidad de respuesta al B debido a los reportes de literatura que lo relacionan con la fase reproductiva de la planta. También se realizaron ensayos preliminares con roca fosfòrica, escorias y cal en condiciones de laboratorio e invernadero con suelos del Delta del Orinoco.

MATERIALES Y METODOS

Suelos del Sistema de Riego Rio Guárico (Calabozo) y de Acarigua (Edo. Portuguesa) fueron utilizados en este estudio. Las características químicas del suelo se muestran en el Cuadro 2.

Tomando como base las dinámicas químicas obtenidas en ensayos de invernadero, con suelos de las áreas experimentales, se diseñaron ensayos de fertilización.

Calabozo

Los ensayos de campo se realizaron de acuerdo a los siguientes procedimientos: Ensayo en bloques divididos con tres dosis de N en las parcelas principales, dos fuentes de Si y un de Zn en las parcelas secundarias con tres replicaciones. Se utilizó un área de parcela principal de 6 x 180m y de parcela secundaria de 6 x 45m. La fecha de siembra fue el 12 de julio de 1989 y se utilizaron las variedades Araure-4 y Palmar. En la siembra, de ambas variedades, se utilizaron 120 kg de semilla hinchada (24 horas en remojo) al voleo.

En la preparación del suelo se utilizó pases de rastra, nivelación en seco, conformación de lomas e inundación. Para el control de malezas a las parcelas experimentales, una vez inundadas, se le aplicó 2 L/ha de herbicida Rondstar en la lámina de agua. A los cinco días se

drenaron y fueron sembradas con semilla hinchada. El control de plagas se llevó a cabo mediante evaluaciones de campo (Cuadro 3).

Para el manejo de enfermedades se utilizaron variedades resistentes. La aplicación de fertilizantes se realizó al voleo sobre la lámina de agua. Para la cosecha se tomaron cinco muestras aleatorias de un m^2 por parcela.

Ensayo I Para observar el efecto de aplicaciones de Si y Zn en las dosis de N y rendimiento del arroz se utilizaron los siguientes tratamientos:
Nitrógeno, dosis: 60-100-150 kg/ha; fuente: urea.
Fósforo, dosis: 77 kg/ha; fuente: superfosfato triple.
Potasío, dosis: 67 kg/ha; fuente: cloruro de potasío.
Silicio, dosis I: 520 kg/ha; fuente: cemento; dosis II: 720 kg/ha; fuente: arena silícica.
Zinc, dosis: 74 kg/ha; fuente: sulfato de zinc.

Ensayo II Para observar el efecto de las aplicaciones de B en las dosis de N y rendimiento del arroz, se utilizaron los siguientes tratamientos:
Nitrógeno, dosis: 60-100-150 kg/ha; fuente: urea.
Fósforo, dosis: 77 kg/ha; fuente: superfosfato triple.
Potasío, dosis: 67 kg/ha; fuente: cloruro de potasío.
Boro, dosis: 19-37-64 kg/ha; fuente: borax.

Acarigua

Para el ensayo realizado en Acarigua se utilizaron tres dosis de N, 60, 120 y 150 kg/ha (dosis del productor), y tres repeticiones distribuidas al azar. El área de las parcelas fue de 6x45m. Los demás procedimientos de campo son similares a los utilizados en los ensayos I y II de Calabozo.

Ensayo III Para observar el efecto de aplicaciones de N en el rendimiento del arroz se utilizaron los siguientes tratamientos:
Nitrógeno, dosis: 60-120 kg/ha; fuente: urea.
Fósforo, dosis: 20 kg/ha; fuente: superfosfato triple.
Potasío, dosis: 30 kg/ha; fuente: cloruro de potasío.
El tratamiento según el productor fúe el siguiente:
Nitrógeno, dosis: 150 kg/ha; fuente: fosfato diamónico, urea.
Fósforo, dosis: 92 kg/ha; fuente: fosfato diamónico
Potasío, dosis: 75 kg/ha; fuente: cloruro de potasío.

RESULTADOS

Las variedades modernas de arroz, como son la Araure-4 y Palmar son altamente exigentes en nutrimentos especialmente N. Una alta dosis de N puede ocasionar el conocido acame con las siguientes pérdidas en rendimientos. En este primer ensayo sobre el efecto del Si y el Zn en la dosis de N se trato de determinar el margen en que podría estar el requerimiento de N en dos variedades de arroz. Normalmente los productores aplican cantidades de N que sobrepasan los 120 kg/ha de N. Los rendimientos

Cuadro 4. Efecto del N y fuentes de Si y Zn en los rendimientos de arroz, variedad Palmar.

TRATAMIENTO[1]	NITROGENO (kg/ha) 60a[2]	100b	150b
	----------kg/ha----------		
Si (0)a	4327	4855	4405
Si (C)a	4351	4631	5516
Si (A)b	4056	7010	5065
Zna	3874	4685	4847

[1] Si (0) = sin Si; Si (C) = Si como cemento; Si (A) = Si como arena silícica.
[2] Promedio entre dosís de elemento seguidos por la misma letra no difieren entre sí (p 0.05) según la prueba de Duncan.

en ambas variedades (Cuadro 4 y 5) señalan una tendencia a incrementar los rendimientos con las dosis de N sobre los 60 kg/ha; pero no sobre los 100 kg/ha de N. De acuerdo al análisis estadístico realizado, la variedad Palmar muestra diferencias altamente significativas entre dosis de N y entre fuentes de Si pero no de Zn.
El análisis de Duncan realizado a las medias de dosis de N separó la dosis de 60 kg/ha N de las dosis media y alta (100 - 150 kg/ha N). La respuesta al Si estuvo centrada en la dosis intermedia de N y con arena silícica como fuente de Si (Cuadro 4).

El análisís estadístico realizado a la variedad Araure-4 muestra diferencias altamente sígnificativas entre dosís de N y no existen diferencias sígnificativas entre fuentes de Sí y Zn. Al igual que la variedad Palmar el análisís de Duncan realizado a las medias de dosís de N separa la dosís de 60 kg/ha de las dosís media y alta (100-150 kg/ha), lo cual es evidencia que la dosís necesaria es mayor que 60 kg/ha pero menor de 120 kg/ha N. La variedad Araure 4 no responde a las aplicaciones de Sí y Zn (Cuadro 5).

En cuanto al efecto de las fuentes de Si y Zn en las dosis de N se observa que independientemente de las

Cuadro 5. Efecto del N y fuentes de Sí y Zn en los rendimientos de arroz, variedad Araure-4.

TRATAMIENTO[1]	NITROGENO (kg/ha) 60a[2]	100b	150b
	---------- kg/ha ----------		
Sí (0) a	3154	4627	4660
Sí (C) a	3837	3953	4463
Sí (A) a	4137	4894	4673
Zna	4250	4652	3636

[1] Si (0) = sin Si; Si (C) = Si como cemento; Si (A) = Si como arena silícica.
[2] Promedio entre dosís de elemento seguidos por la misma letra no difieren entre sí (p 0.05) segun la prueba de Duncan.

Cuadro 6. Efecto del N y fuentes de B en los rendimientos de arroz, variedad Palmar.

Boro	NITROGENO (kg/ha) 60a[1]	100b	150b
kg/ha	----------kg/ha----------		
0a	5293	5964	5452
19a	5260	5620	6014
37a	4563	5379	5816
74b	4008	4963	5334

[1] Promedio entre dosis de elemento seguidos por la misma letra no difieren entre si (p 0.05) según la prueba de Duncan.

dosis de N, la fuente de Si como arena silícica muestra un efecto significativo al incrementar los rendimientos en la dosis intermedia de Si. Posiblemente, el Si ejerce un efecto mejorador de las estructuras de absorción y transporte de la planta incrementando la eficiencia en la utilización del N. En la dosis intermedia se observa que este efecto es exclusivo de la variedad Palmar, lo cual es evidencia de una diferencia varietal que podría estar asociada con la naturaleza de la rizosfera oxidativa de esa variedad. La fuente de Si como cemento no resultó efectiva. No se mostró necesidad de aplicación de Zn.

El análisis de los rendimientos a diferentes dosis de B que se muestra en el Cuadro 6, indica que no es necesario aplicar B y que la disminución significativa a la dosis más alta podria estar asociada a toxicidad por este elemento. El análisis estadístico realizado a la variedad Palmar muestra diferencias altamente significativas entre dosis de N y entre dosis de B. La respuesta a las dosis de N es similar a la encontrada en los ensayos anteriores. En cuanto a las dosis de B, el análisis de medias de Duncan señala que la diferencia significativa está en el tratamiento con la dosis mayor de B, lo cual puede atribuirse a un posible efecto tóxico del B (Cuadro 6).

El ensayo realizado en el suelo de Acarigua no muestra diferencias entre las dosis de 60-120 y la utilizada por el productor de 150 kg/ha N. Este hecho es evidencia de las excesivas cantidades de N que utilizan los productores de la zona. Es importante señalar que en los tratamientos

Cuadro 7. Efecto del N en los rendimientos de arroz, variedad Palmar.

Repetición	NITROGENO (kg/ha) 60a[1]	120a	150a
	----------kg/ha----------		
1	7693	5213	5400
2	5987	6433	7166
3	6446	5766	6780

[1] Promedio entre dosis de elemento seguidos por la misma letra no difieren entre si (p 0.05) según la prueba de Duncan.

Cuadro 8. Efecto de N y dosis de P en los rendimientos de arroz, variedad Palmar.

Tratamiento[1]	NITROGENO (kg/ha) 60	120	150
	----------kg/ha----------		
F1	6187	4387	5225
F2	5855	4995	5199
SFT1	6245	4870	5685
SFT2	5540	5142	5517

[1] F 1 = fosforita dosis 370 kg/ha; F 2 = fosforita dosis 740 kg/ha; SFT 1 = superfosfato triple 150 kg/ha; SFT 2 = superfosfato triple 300 kg/ha.

con la dosis más alta se apreció volcamiento o acame del cultivo.

Acarigua

El análisis estadístico (Cuadro 7) realizado a la variedad Palmar en el suelo de Acarigua no revela diferencias significativas entre el tratamiento más bajo (60 kg/ha N) y el utilizado por el productor (150 kg/ha N), lo cual es otra evidencia de las excesivas cantidades de N utilizadas por el productor. Asi como también, lo son las cantidades de P y K (Cuadro 7).

Debido al interés por las aplicaciones de fosforita como fuente de P en suelos ácidos, se efectuó un ensayo preliminar en arroz de riego. La idea principal de este ensayo fue comparar la efectividad de la fosforita con el superfosfato triple. El ensayo planteado fue principalmente demostrativo. Se utilizo tres dosis de N (60-100-150 kg/ha n) como parcela principal; dos dosis de fosforita (370-740 kg/ha) y dos dosis de susperfosfato triple (150-300 kg/ha) sin repeticiones. En el Cuadro 8 se muestran los rendimientos obtenidos en cada uno de los tratamientos.

CONCLUSIONES

Aún cuando los ensayos se discuten respecto al N, es necesario destacar que en todos se utilizaron criterios de mínima labranza y manejo integrado de plagas. Esto repercute en una disminución sustancial en los costos de producción ya que fueron eliminados: el batido del suelo, la aplicación aérea de herbicida y las aplicaciones innecesarias de insecticidas, que en estos no fueron realizados del todo.

Los resultados demostraron que las dosis de N utilizados por los productores están por encima de las exigencias de los cultivos y la posibilidad de mejorar la eficiencia mediante un balance adecuado de elementos como S, B, Zn, P, K apuntan hacia disminuir las dosis de P y K en ambas localidades. El Si para la variedad Palmar mostró que puede ser un factor para incrementar los rendimientos. El B y Zn no mostraron ser limitantes en

esta condiciones.

Las escorias parecen ser la enmienda adecuada para recuperar suelos sulfatoácidos en combinación con el cultivo de arroz y la roca fosfórica como la fuente ideal de P en estos suelos.

La utilización de un manejo integrado suelo, planta, clima, y plagas influyen en los costos de producción y en estas localidades pueden disminuirse significativamente haciendo uso de técnicas que eliminen algunas de las prácticas más costosas.

PLANES FUTUROS

Para el futuro se propone precisar los niveles de N en combinación con Si, P y K haciendo uso de las dinámicas químicas de estos elementos en diferentes tipos de suelos. También se piensa incrementar los factores que se incluyen en el manejo integrado, específicamente lámina de agua, labranza y plagas incluyendo vertebrados.

LITERATURA CITADA

Comerma, J. 1989. Areas actuales y potenciales para la producción de arroz en Venezuela. II Taller Importancia del Arroz en una Estratégia Agrícola y Alimentaria en Venezuela, Calabozo.

Meléndez, J.V. 1989. Análisis económico de la producción de arroz en los Estados Guárico y Portuguesa. II Taller Importancia del Arroz en una Estrategia Agrícola y Alimentaria en Venezuela, Calabozo.

Rivillo, A.D. 1987. Cinéticas Físico-Químicas de suelos venezolanos bajo condiciones de inundación. Tesis Doctoral Postgrado en Ciencias del Suelo. Fac. Agronomia U.C.V. Venezuela.

Stanley, R.C. 1963. The effect of various forms of boron on germinating pollen. Plant Physiol 36. (X VI).

Resumen de Artículos Presentados Sobre Arroz Bajo Riego

Ricardo Melgar[1]

El Cultivo de arroz bajo riego representa una de las opciones para el uso y manejo de suelos tropicales más simples de planificar y conducir, ya que ofrece la ventaja de ser un monocultivo. Sin embargo, la gran diversidad en cuanto a climas, suelos y sistemas de cultivos obliga a esforzar la búsqueda de soluciones comunes, con la flexibilidad necesaria, para los problemas de productividad, sostenibilidad y mínimo daño ecológico.

Brasil: Cravo, M.S. y J. Smyth. Manejo de solo de várzea para arroz irrigado na Amazônia Brasileira Central.

Con base en los tres años de la experiencia, aparentemente no hay diferencias concluyentes en favor de un sistema de cultivo u otro; en particular, el riego continuo no ofrece ventajas sobre el secano. De acuerdo a las hipótesis presentadas las ventajas de la inundación y/o el fangueo proveerían una mejor nutrición nitrogenada a través de menores pérdidas de N por denitrificación o lixiviación. Es posible que en la experiencia el suelo no alcance niveles de reducción necesarios como para estabilizar el $N\text{-}NH_4$ en la capa reducida, o bien las pérdidas por lixiviación sean muy elevadas. Si bien la respuesta promedio al N aplicado es buena con una relación aproximada de 8 kg de arroz por cada kg de N aplicado, la recuperación aparente de N es notablemente baja. Un cálculo rápido sugiere una recuperación de 16% a la dosis óptima (asumiendo un índice de cosecha de 0.5 y 1% de N en la materia seca total).

En relación a los otros trabajos, hay una mayor dispersión de los promedios de tratamientos (promedio = 2660 kg/ha; desv. std. = 748 kg/ha), probablemente, debido al hecho de estudiar sistemas de cultivo y plantación muy disímiles. También, es posible que existan otras causas correlacionadas con esa variabilidad. Por ejemplo: números de plantas por golpe, grado de enmalezamiento, daños por animales, etc. Una evaluación por parcela de algunos de esos factores permitiría por medio de covariación un mejor control y una precisión de la evaluación de los resultados.

Los altos niveles de P, K y otros nutrientes sugieren no incluir, por el momento, estudios de respuesta a estos nutrientes. Tampoco los valores de dinámica de los nutrientes en el suelo suministran información clara, y sugerirían reducir la toma de estos datos, excepto en algunas parcelas de control. Debido a que algunos objetivos en relación a la densidad y métodos de plantación estarían resueltos temporalamente, se sugiere concentrar esfuerzos en estudios de dinámica y economía del N.

Venezuela: Adams, M. y A.D. Rivillo. Manejo integrado de la fertilidad en arroz de riego.

Los datos presentados de altos rendimientos de grano y niveles de N asociados a los rendimientos máximos contrastan con los ensayos de Brasil. La respuesta al N fue aparente en tres de cinco ensayos, observándose incrementos muy similares entre ellos. El promedio de aumento de rendimiento con el nivel de 100 kg/ha de N fue de 613 de arroz con respecto a la dosis de 60 kg/ha de N. Así la respuesta es casi el doble de la observada en Manaus: aproximadamente 15 kg de arroz/kg de N. También bajo los mismos supuestos (asumiendo valores de 0.5 de indice de cosecha y 1% de N en la materia seca total), la recuperación promediaría el 30% del N aplicado.

La falta de respuesta en los ensayos de dosis y fuentes de P se explicaría por los altos niveles presentados de P asimilable en el sitio estudiado. Lamentablemente no se dan datos de P asimilable del suelo del Delta del Orinoco donde la respuesta al P fue muy evidente. Otros ensayos presentados probablemente obedecían a probar hipótesis diferentes y poco usuales, por ejemplo, respuesta al Zn, B o Si. Dado que no se presentaron valores analíticos de esos nutrientes en el suelo también sugieren baja probabilidad de respuesta a la aplicación de fertilizantes potásicos.

El manejo del N aparece como la línea de trabajo prioritaria, principalmente para identificar las causas de ausencia de respuesta en algunos sitios (Cuadros 7 y 8), mejorar los rendimientos y la recuperación del N aplicado, bajos en relación a los valores presentados por Costa Rica.

Perú: Arevalo, L. Respuesta del arroz a la fertilización bajo condiciones de suelos inundados.

La respuesta promedio entre tratamientos con y sin fangueo es 555 kg con la dosis de 50 kg/ha de N. Es decir, unos 10 kg arroz kg^{-1} de N aplicado, y una recuperación aparente del 20% del N aplicado, similar a lo observado en Brasil. El efecto del fangueo aparenta ser muy influyente a los niveles más bajos de N (Cuadro 4). La respuesta del arroz al N aplicado es mayor en suelo sin fanguear debido a un rendimiento más bajo del testigo. Esta operación es responsable de una diferencia de 0.5 t/ha respecto al suelo sin fanguear en los tratamientos sin N, y con la dosis óptima aparente de 50 kg/ha de N. A la dosis de 100 kg/ha de N, los promedios aparecen idénticos. Es decir una dosis mayor de N compensaría el efecto del fangueo. Desde un punto de vista de la economía de la producción, cabe preguntarse acerca de la conveniencia de una u otra práctica. Las conclusiones serían mucho más sólidas y enriquecidas en relación a la cantidad de datos presentados si se realizara un análisis conjunto a través del tiempo para verificar algunas tendencias

[1]Investigador del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Apdo. CC no. 57, 3400 Corrientes, Argentina.

observadas.

No se observaron diferencias entre tratamientos de diferentes manejos de tiempo de aplicación y fraccionamiento del N (Cuadros 5 y 6), o variedades (Cuadro8). Nuevamente un análisis estadístico integrando los datos de las distintas cosechas, proveería una interpretación aún más concluyente. Igual que en Venezuela, no hubo respuesta al agregado de fuentes y dosis P o dosis de K, probablemente debido a los altos valores analíticos observados de P y K asimilables.

Costa Rica: Alvaro Cordero V. La fertilización del arroz bajo riego en Costa Rica.

El trabajo resume varios años de trabajo continuado en la línea de requerimientos de fertilización para arroz bajo riego, y debería ser el objetivo del resto de varios integrantes de la Red. También contrasta por los mayores rendimientos y respuestas al N aplicado, particularmente como rendimientos máximos asociados a la dosis de N más altas. En las dos variedades mencionadas de la Figura 3, el rendimiento promedio con 150 kg de N es de 6.0 t/ha, con una recuperación aparente promedio de 40% del N aplicado, superior a la de los otros sitios.

La información suministrada es valiosa para condiciones similares de cultivo en algunas regiones vecinas. Menciona otros estudios previos con referencia a la respuesta del arroz a fertilizaciones con P y K. Lamentablemente, no suministra los valores de análisis de suelo que usa para las sugerencias de fertilizaciones (Cuadro 7).

Recomendaciones del Grupo de Trabajo en Sistemas de Arroz Bajo Riego

El cultivo de arroz bajo riego representa una de las opciones para el uso y manejo de suelos tropicales más simples de planificar y conducir ya que ofrece la ventaja de ser un monocultivo. Sin embargo, la gran diversidad en cuanto a climas, suelos y sistemas de cultivo obligan a busca de soluciones comunes, con la flexibilidad necesaria para los problemas de productividad, sostenibilidad y mínimo daño del sistema.

Los suelos de los sitios presentados poseen pocas limitantes de fertilidad además del N; sólo Costa Rica recomienda la fertilización con otros nutrientes diferentes de N, en un marco de alta productividad. Estas ventajas comparativas de los suelos aluviales deberían ser aprovechadas aumentando su potencial de uso y minimizando las limitantes derivadas de un drenaje pobre por medio del manejo de excedentes pluviales.

El arroz normalmente es un cultivo muy eficiente y no abundan los ejemplos de insostenibilidad, sino por el contrario. Sin embargo, es importante que los estudios continúen para verificar esa sostenibilidad, particularmente en los sitios como la Amazonía brasileña, donde el arroz irrigado representa una opción nueva de cultivo.

Un problema común de los sistemas de producción de arroz en la región, de acuerdo a las presentaciones de esta reunión, fue la baja eficiencia de recuperación del N aplicado como fertilizante, aún en sistemas de manejo disímiles y con diferentes dosis óptimas de respuesta. El promedio fue estimado por los participantes en un 16, 20, 30 y 40% de recuperación aparente, asociado a la dosis óptima, en los ensayos de Brasil, Perú, Venezuela y Costa Rica, respectivamente.

El otro problema detectado por los integrantes del grupo de trabajo fue encontrar la forma de integrar la red de una manera más orgánica, es decir, realizar una primera etapa identificando problemas y objetivos comunes, y eventualmente conformar una red de experimentos con una metodología de trabajo común.

Eficiencia de la Fertilización Nitrogenada

Justificación:

Los integrantes del grupo acordaron organizar sus trabajos para avanzar en la conformación de la red de manejo de suelos de arroz. La finalidad de esta red será evaluar la eficiencia de la fertilización nitrogenada y los factores que la afectan en sistemas de manejo de arroz bajo riego. El trabajo en red ofrecería la variabilidad ecológica necesaria para la identificación y cuantificación de los factores predominantes que afectan las pérdidas de N. La red utilizaría la experiencia ganada por redes de trabajo similares (INSFER) llevadas a cabo por el Instituto Internacional de Investigación de Arroz (IRRI).

Cada miembro del grupo de trabajo llevará a cabo un ensayo en su lugar de origen y servirá de nexo para invitar y coordinar con otros integrantes potenciales zonales para que participen de la red. La conducción de los ensayos de la red no interferirá ni agregará mayores cargas a los participantes, sino que se integrará y complementará con los programas regionales.

Los investigadores participantes proveerán datos climáticos, edáficos y de manejo de cultivo adecuados para el trabajo con modelos de simulación de crecimiento y producción (CERES-Rice). La validación de un modelo de simulación de rendimiento con los datos locales permitirá la simplificación operativa de cada programa local de arroz, al generar opciones de manejo con los suelos y variedades próximas a difundir por los fitomejoradores locales. Así se coordinará con la red de forma de centralizar: 1) análisis de laboratorio; 2) banco de datos climáticos, edáficos y de manejo de cultivo; y 3) distribución de materiales experimentales.

Se centralizará y coordinará la ayuda del Centro Internacional de Desarrollo de Fertilizantes (IFDC) para la provisión de material experimental y eventualmente para la utilización de N marcado (N-15). Asimismo, se tratará de integrar la red a las redes de ensayos regionales del CIAT en América Latina.

Objetivos:

1. Determinar el mejor momento de aplicación y fraccionamiento del fertilizante nitrogenado para las variedades y los sistemas de manejo más representativas de cada región.
2. Validar los resultados experimentales con el modelo de simulación CERES-Rice, especialmente las sub-rutinas del ciclo del N.
3. Evaluar fuentes nitrogenadas de liberación retardada.
4. Evaluar la dinámica del N de suelos arroceros representativos en condiciones de laboratorio.

Hipótesis:

-Existen diferencias de rendimientos y recuperación de N entre aplicaciones fraccionadas y únicas. Además el N aplicado en diferentes momentos del cultivo podría resultar en diferencias de utilización del N.

-El N aplicado como ureas experimentales resultará en una mejora de la recuperación del N cuando éste es aplicado en una única operación a la siembra (o transplante).

-El N aplicado en diferentes momentos del cultivo resultará en diferencias de utilización del N y rendimientos de arroz.

-Las mencionadas diferencias resultarán significativas cuando en lugar de rendimiento de arroz se analicen ingresos brutos por tratamientos.

Materiales y Métodos:

Se llevará a cabo en los siguientes sitios experimentales un ensayo por tres años con la variedad y el sistema de manejo local más representativo. En algunos sitios se podrá llevar a cabo más de un cultivo de arroz por año.

SITIO	SUELO	RESPONSABLE
Yurimaguas (Perú)	Tropaqualf	Luis Arévalo
Guareco (Venezuela)	Chromustert	Meliton Adams
Portuguesa (Venezuela)	Tropaquept	Meliton Adams
Guanacaste (Costa Rica)	Ustropept	Alvaro Cordero
Manaus (Brasil)	Tropofluvent	Manoel Cravo
Corrientes (Argentina)	Argiudoll	Ricardo Melgar
Alvear (Argentina)	Aquult	Ricardo Melgar

Los sitios experimentales serán detalladamente caracterizados, climática, edáfica y agronómicamente para conformar la base de datos para validar el modelo de simulación (CERES-Rice).

Tratamientos:

Nueve, en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones.

1. N-0Testigo sin N
2. N-1Dosis menor a la asumida como óptima para la zona
3. N-2Dosis asumida como óptima para la zona
4. N-3Dosis mayor a la asumida como óptima para la zona
5. N-2En dos mitades: a la siembra (o transplante) y al macoilamiento.
6. N-2En tres partes iguales: a la siembra (o transplante), al macollamiento y a la iniciación de panícula.
7. N-2En única aplicación: al transplante o a la siembra, o en aquel momento de mayor practicidad para la fertilización de una única vez.
8. N-2En única aplicación igual que tratamiento 7, pero utilizando urea-N en supergránulos.
9. N-2En única aplicación igual que tratamiento 7, pero utilizando urea-N recubierta (polimerizada).

Los niveles será equidistantes. N-2 será la dosis asumida como óptima según experiencia local previa. El rango de estudio de la respuesta será determinado por cada integrante en función de experiencias locales previas. Los niveles serán aplicados de la manera más conveniente, en cuanto al fraccionamiento y momento de aplicación, según la información local disponible. Tentativamente, se aplicarán en dos mitades: al inicio del macollamiento y a la iniciación de panícula.

Variables de Respuesta:

Como mínimo será evaluado en cada ensayo: rendimientos de grano, biomasa total, absorción de N en el grano y en la biomasa aérea total.

Participantes del Grupo de Trabajo

Ricardo Melgar (líder)- INTA, Argentina
Alvaro Cordero- UCR, Costa Rica
Luis Arévalo- INIAA, Perú
Melitón Adams- UCV, Venezuela
Manoel Cravo- EMBRAPA, Brasil

TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA

Los Suelos del Area Guaymi

Santander E. Jaramillo[1]

INTRODUCCION

El presente artículo está basado en la información obtenida en el estudio de suelos realizados en el Area Guaymí, territorio actualmente ocupado por la población Indígena Guaymí. El estudio fue de tipo general, y abarcó una superficie de 2034 km^2. El área posee relieve de colinas y montañas, con suelos erosionados de baja fertilidad. Fue mapeada en 1970 por el Catastro Rural de Tierras y Aguas de Panamá, quién clasificó sus tierras en las clases de capacidad de uso VI, VII y VIII.

En vista de que estudios anteriores no brindaron elementos específicos sobre el cual sustentar un ordenamiento efectivo sobre el uso y manejo de estos suelos, se introdujo en este estudio, el "Soil Taxonomy" (Soil Survey Staff, 1975) como sistema para la clasificación natural de los suelos y el sistema FCC (Fertility Capability y Classification) (Sánchez *et al.*, 1982) para evaluar limitantes de fertilidad. Con la incorporación de estos dos sistemas en el reconocimiento de los suelos, se pretendían los siguientes objetivos: 1) contribuir al reconocimiento sistemático de los suelos del área, a fin de ordenar de manera efectiva su uso y manejo; 2) establecer el Sistema Soil Taxonomy como sistema para la clasificación de los suelos; y 3) establecer el Sistema FCC como sistema interpretativo para evaluar la capacidad de uso de los suelos.

DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

Localización

En la Figura 1, se indica la ubicación del área de estudio. Ocupa una superficie aproximada de 2034 km^2 y se localiza geográficamente dentro del cuadrante definido por las coordenadas 8°05' y 8°30' latitud norte y 81°05' y 81°45' longitud oeste.

Fisiografía

La Figura 2 muestra los paisajes que conforman el área de estudio. *Paisajes montañosos*: están compuestos por formaciones de lavas, tobas y aglomerados del mioceno medio. Son áreas con relieve muy escarpado, en donde las pendientes son mayores de 50%. *Paisajes de colinas*: compuestos por formaciones de lava, tobas y aglomerados del mioceno medio. Su relieve es moderadamente escarpado con pendientes que oscilan entre 25 y 50%. *Paisajes de terrazas aluviales antiguas*: formado por sedimentos de tobas y aglomerados del mioceno medio superior. Su relieve es ondulado, con pendientes que oscilan entre 5 y 25% (Panamá, 1975).

Clima

El área de estudio se encuentra entre 280 y 800m de altura, por lo que sus temperaturas medias varían entre 24.7 y 21.1°C. En cuanto a precipitación, la Figura 3 indica que en el área existe una estación lluviosa única, que empieza a principio de abril y finaliza en diciembre. Durante este período se presentan dos máximas de precipitación, en los meses de junio y octubre, que tienen su explicación presumiblemente en que para esas fechas se encuentran sobre el istmo, la zona de convergencia intertropical, que se desplaza en dirección norte (junio) y en dirección sur (octubre), en respuesta a la marcha anual de la elevación solar (Panamá, 1984; 1987b; 1985). En la Figura 4, se presentan las isolíneas de precipitación anual. Obsérvese que existe una variación en la precipitación dentro del área, que obedece a factores orográficos y que la misma aumenta de este a oeste (Panamá, 1987a).

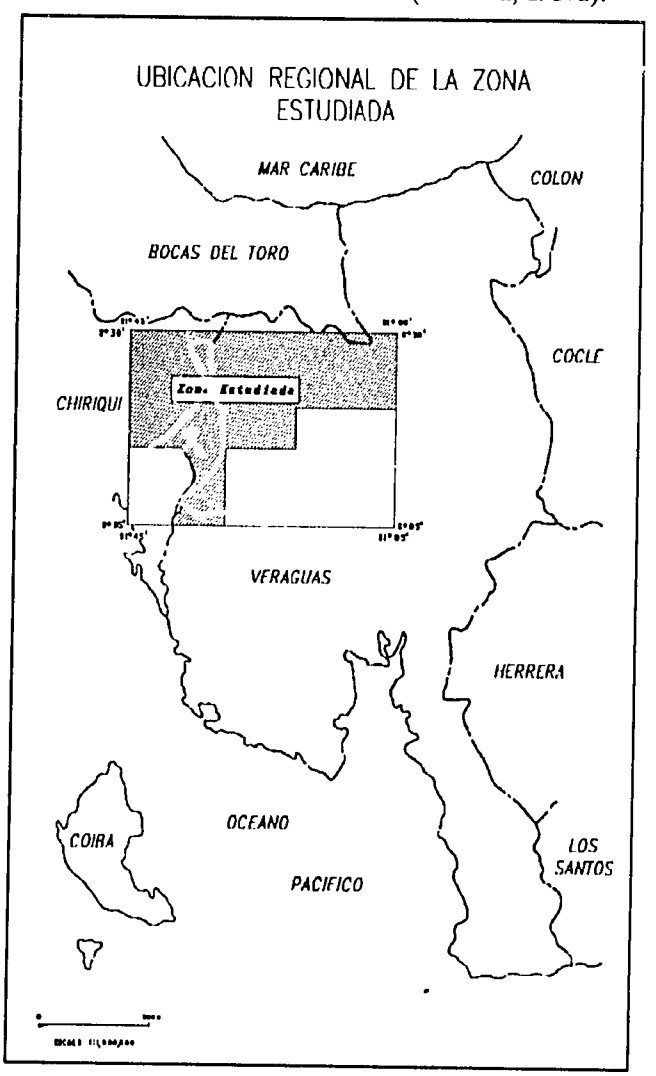


Figura 1. Ubicación regional de la zona estudiada.

[1]Edafólogo, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Apto. 58, Santiago, Veraguas, Panamá.

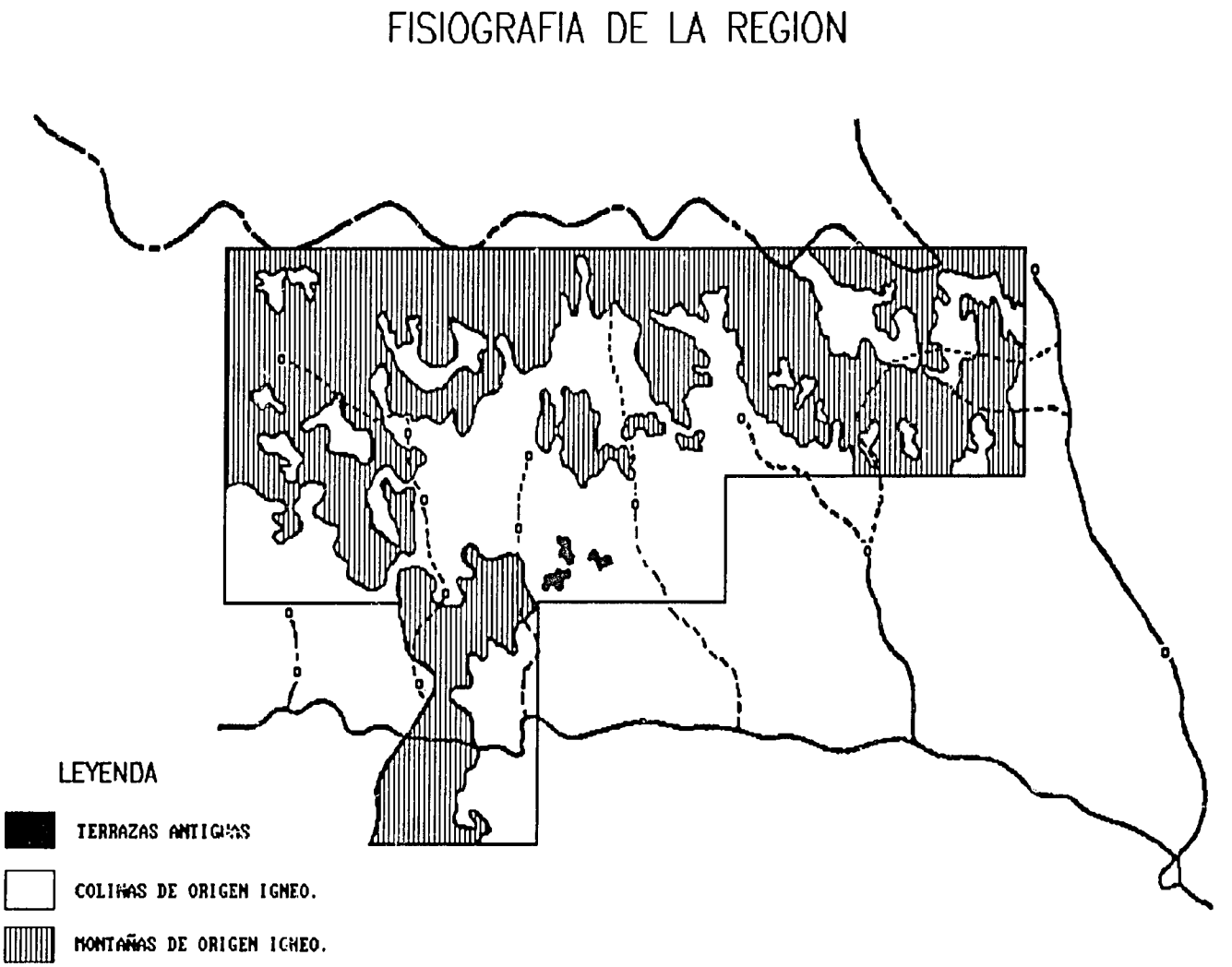


Figura 2. Fisiografía de la región.

Vegetación y Uso de la Tierra

La Figura 5, muestra los tres patrones de vegetación y uso de la tierra que dominan el área de estudio. El bosque primario que se localiza en la parte alta de la cordillera y ocupa el 3.99% del área, el bosque secundario que representa el 14.35% y las gramíneas nativas que ocupan el 81.66% del área estudiada.

MATERIALES Y METODOS

Reconocimiento de los Suelos

El estudio realizado es de tipo general y para su ejecución se siguió el procedimiento definido por el Centro Interamericano de Fotointerpretación (Elbersen *et al.*, 1971). Para diferenciar los paisajes en el área, se fotointerpretaron fotografías aéreas a escala 1:40,000 y como mapa base, se utilizó el mapa topográfico de Panamá a escala 1:50.000 (Panamá, 1960). El reconocimiento preliminar del contenido pedológico de los paisajes se realizó a través de transectos orientados de sur a norte. Se realizaron observaciones sobre morfología de los perfiles de suelos, vegetación y uso de la tierra. La definición final del contenido pedológico de las unidades de paisaje delimitadas se realizó con la descripción de 45 perfiles de suelos, localizados en sitios representativos de las unidades de suelos definidas.

Descripción Morfológica y Caracterización Física y Química de los Suelos

Para la descripción de los perfiles de suelo se utilizó la terminología descrita en el Soil Survey Manual (Soil Conservation Service, 1981). Para el análisis granulométrico, se usó el método del hidrómetro descrito por Forsythe (1975), mientras que para la caracterización química se aplicaron los procedimientos descritos en el Manual de Laboratorio para recoger muestras del Servicio de Conservación de Suelos de U.S.A. (SCS-USDA, 1967).

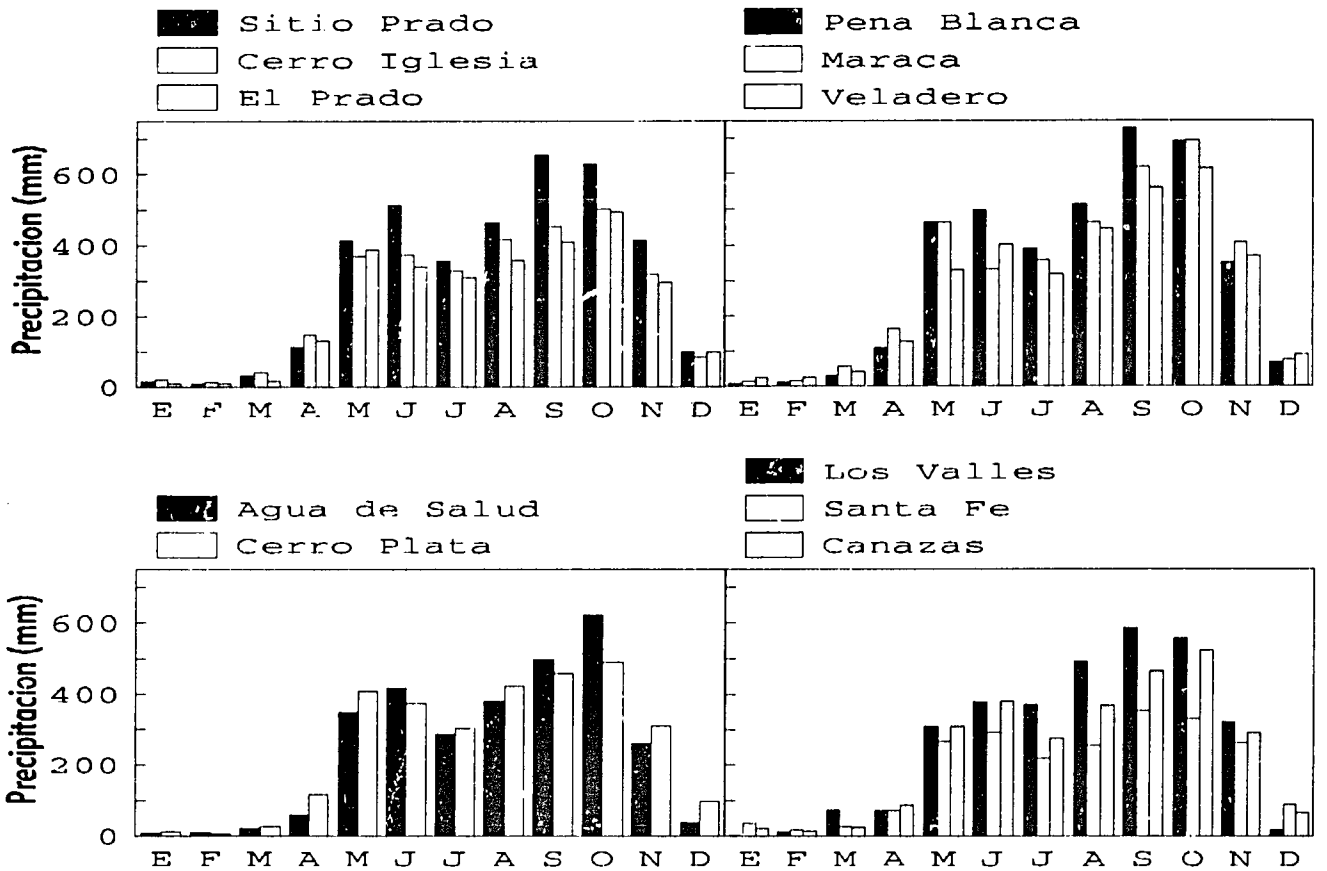


Figura 3. Distribución anual de la lluvia en las distintas estaciones pluviométricas del área.

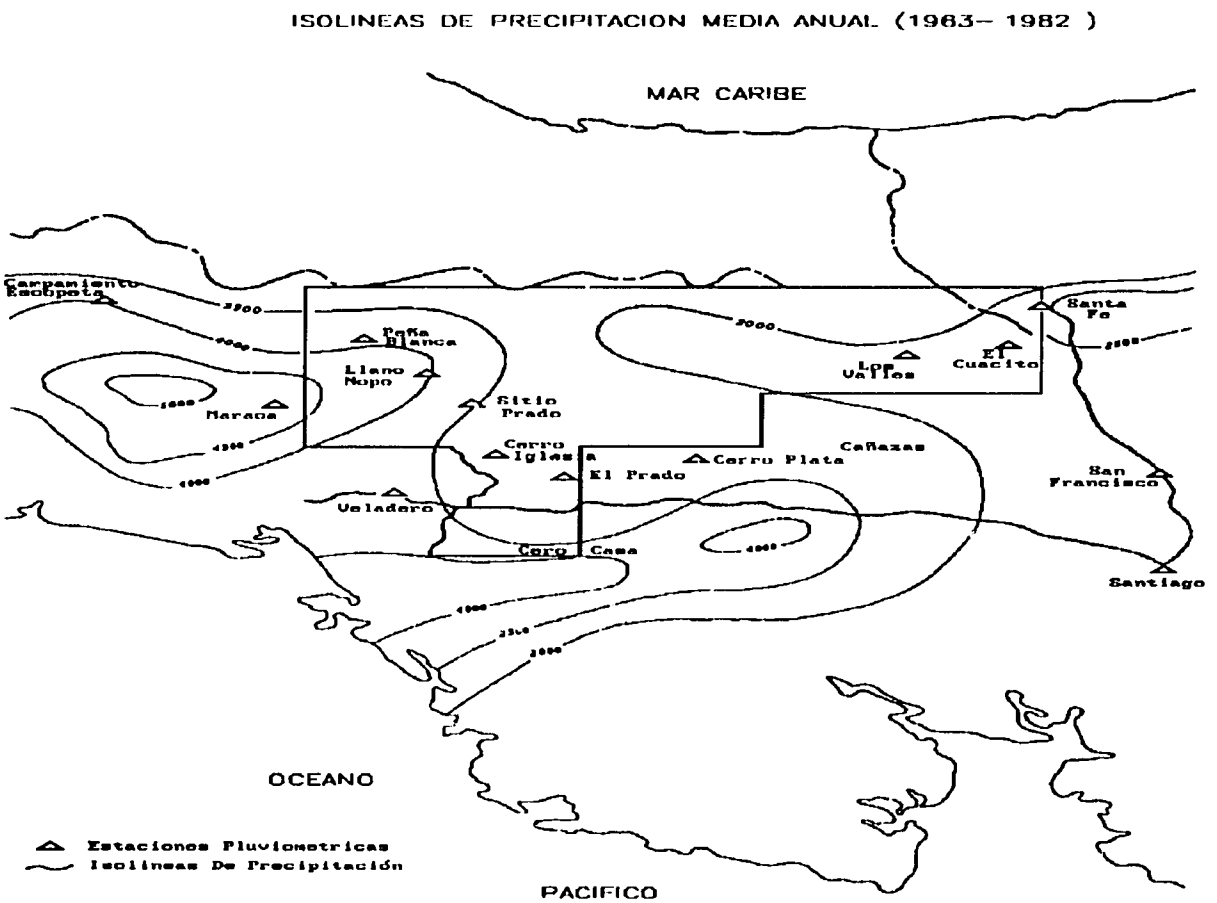


Figura 4. Isolíneas de precipitación media anual (1963-1982).

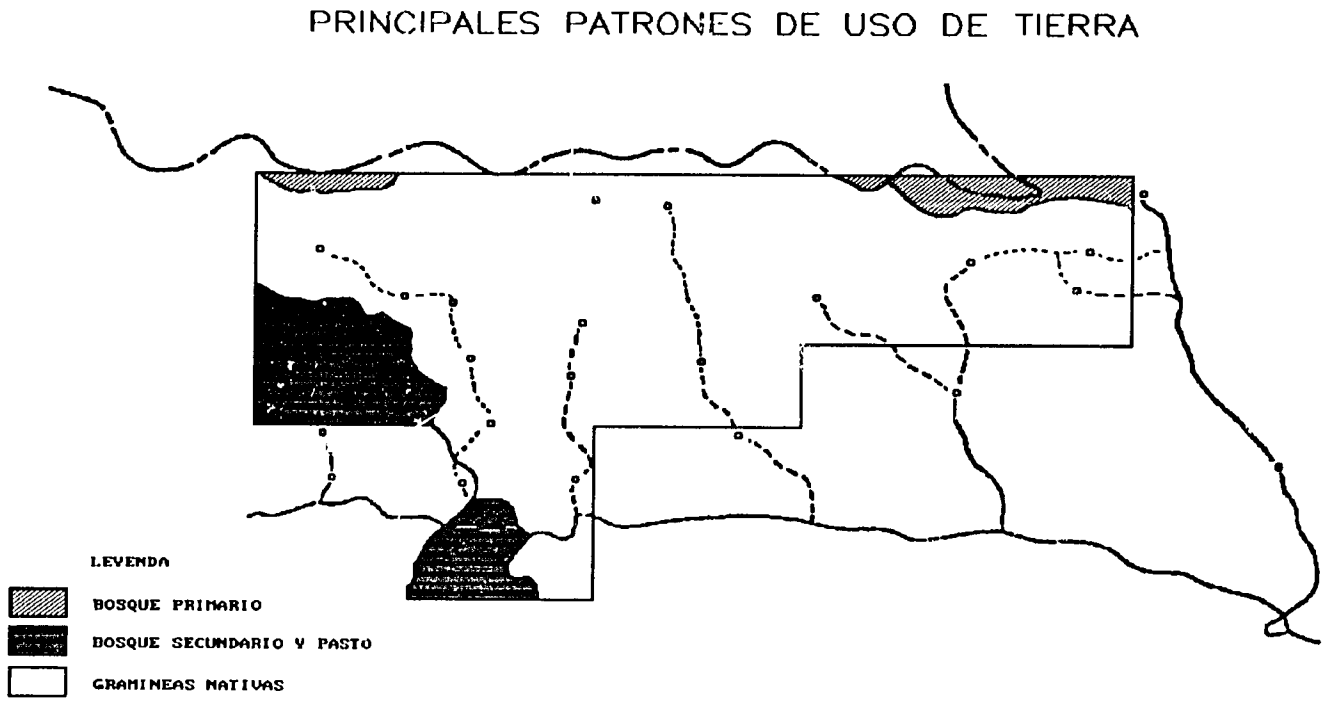


Figura 5. Principales patrones de uso de tierra.

Cuadro 1. Características morfológicas del pedón No. 56.

Taxonomía:	Typic Dystropept	Unidad:	1A11
Latitud:		Longitud:	81°29'06"
Localidad:	Alto de Jesús		
Fisiografía:	Terraza aluvial antigua		
Pendientes:	5%	Elevación:	280 msnm
Precipitación:			
Capa freática:	No		
Drenaje:	Bueno	Permeabilidad:	Rápida
Pedregosidad:	Moderada	Erosión:	leve
Material Parental:	Rocas Igneas		
Uso de Tierra:	Ganadería en soltura		
Descrito por:	Santander E. Jaramillo	Vegetación:	Gramíneas nativas y faraguas
Fecha de descripción:	30-6-87		

0 - 12 (A) Pardo oscuro (7.5 YR 3/4) en húmedo; franco arcilloso; estructura en bloques subangulares, A medios, fuertes, que rompe a bloques subangulares, finos, fuertes; poca actividad de macroorganismos; abundantes raíces finas; límite abrupto y plano.

12 - 35 (BW1) Rojo amarillento (5 YR 4/6) en húmedo; franco arcilloso; estructura en bloques subangulares BW1 medios, moderados; que rompe a finos, moderados; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; mucha actividad de macroorganismos (Atta sp); raíces finas, comunes; límite difuso y plano.

35 - 59 (BW2)Rojo amarillento (5 YR 4/6) en húmedo; franco arcilloso; estructura prismática, media, BW2 moderada, que rompe a bloques subangulares, medios, moderados; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico, friable en húmedo; mucha actividad de macroorganismos (Atta sp); raíces finas, comunes; límites difusos y plano.

59 - 81 (BW3)Rojo amarillento (5 YR 4/6) en húmedo; franco arcilloso; estructura prismática, media, BW3 moderada, que rompe a bloques subangulares medios, moderados; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; mucha actividad de macroorganismos (Attasp.); pocas raíces finas; límite difuso y plano.

81 -120 (BW4)Rojo amarillento (5 YR 4/6) en húmedo; franco arcilloso; estructura prismática, media BW4 moderada, que rompe a bloques subangulares, medios moderados; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; pocas raíces finas; límite claro y plano.

120 -175 (BW5)Rojo amarillento (5 YR 4.5/6) en húmedo; franco arcilloso; estructura prismática, media, BW5 moderada; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo.

Sistemas de Clasificación Utilizados

Para la clasificación taxonómica de los suelos se utilizó el "Soil Taxonomy" (Soil Survey Staff, 1975), mientras que para la clasificación de los suelos según su capacidad de uso, el sistema de clasificar suelos de acuerdo con su fertilidad de Sánchez *et al.*, (1982).

Diseño de Unidades de Mapeo

Dada la homogeneidad del contenido pedológico en los distintos paisajes delimitados, se procedió al diseño de las unidades de mapeo, las cuales se agrupan en consociaciones y en cada una de ellas se separaron fases por pendiente, erosión y pedregosidad.

RESULTADOS Y DISCUSION

Descripción de los Suelos

En el mapa general de los suelos del Area Guaymí, se presentan los suelos encontrados en el área de estudio. Se puede observar que la zona se subdividió en paisajes; dentro de cada paisaje se diseñaron unidades de mapeo que representan cartográficamente cada uno de los suelos identificados, subdivididos en fases por pendientes, erosión y pedregosidad. Las unidades de mapeo identificadas son las siguientes:

Unidad de Mapeo 1: Abarca una superficie de 560ha, que representan el 0.28% del área de estudio. El subgrupo Oxic Dystropept, es el suelo que domina en un 95% la unidad de mapeo y sólo es interrumpida por las afloraciones rocosas que ocupan aproximadamente un 5% de la unidad.

Cuadro 2. Características físicas y químicas del pedón no. 56.

Horizonte	Profundidad	Granulometría Arcilla	Limo	Arena
	cm	----------%----------		
1	0-12	66	19	15
2	12-35	80	13	7
3	35-59	81	12	7
4	59-81	82	7	11
5	81-81	67	17	16
6	120-175	62	18	20

	C	pH		Bases Cambiables							CIC Suma	CIC NH_4	Sat. Bases Suma	Sat. Bases NH_4
Horizonte	Org.	H_2O	KCl	Ca	Mg	Na	K	Suma	Acidez	Al	Cat	OAc	Cat.	OAc
	%			---------- cmol(+)/kg ----------									-----%-----	
1	2.33	5.1	4.3	0.45	0.22	.35	.01	1.03	20.8	0.7	21.3	16.8	6.1	15.1
2	1.00	5.5	4.2	0.19	0.03	.34	.01	0.57	14.4	tr	15.0	16.4	3.8	3.5
3	0.85	5.8	4.2	0.22	0.06	.34	.01	0.63	14.0	tr	14.6	16.0	4.3	3.9
4	0.08	5.7	4.1	0.34	0.14	.36	.01	0.85	12.4	tr	13.3	19.6	6.4	4.3
5	0.16	5.6	4.1	0.15	0.08	.32	.01	0.56	12.8	0.1	13.4	18.4	4.2	3.0
6	0.16	5.8	4.0	0.08	0.06	.40	.02	0.56	13.2	0.3	13.8	16.0	4.1	3.5

Cuadro 4. Características físicas y químicas del pedón no. 41 localidad San José del Valle.

Horizonte	Profundidad	Granulometría Arcilla	Limo	Arena
	cm	----------%----------		
1	0-7	34	40	16
2	7-35	51	31	13
3	35-66	57	28	15
4	66-92	51	31	18
5	92-123	37	37	26
6	123-160	26	39	35
7	160-187	28	40	32

	C	pH		Bases Cambiables							CIC Suma	CIC NH_4	Sat. Base Suma	Sat. Base NH_4
Horizonte	Org.	H_2O	KCl	Ca	Mg	Na	K	Suma	Acidez	Al	Cat	OAc	Cat	OAc
	%			----------cmol(+)/kg----------									--- % ---	
1	10.46	4.9	3.7	2.71	2.27	.19	.30	5.47	32.8	14.8	38.3	30.8	14.3	17.8
2	0.93	5.2	3.7	.95	1.09	.22	.12	2.38	32.0	15.1	34.4	14.0	6.9	17.0
3	0.55	5.1	3.9	1.73	.56	.22	.08	2.59	28.8	12.7	31.4	18.0	8.2	14.4
4	0.08	5.1	3.2	1.18	.72	.22	.07	2.19	30.8	17.8	33.0	26.0	6.6	8.4
5	0.41	5.1	3.9	1.01	1.09	.23	.05	2.38	34.4	23.2	36.8	32.0	6.5	7.4
6	0.08	5.0	3.8	.97	1.52	.35	.05	2.89	38.0	24.9	27.8	36.0	10.4	8.0
7	1.87	5.1	3.7	1.59	2.10	.27	.04	4.00	33.2	23.9	37.2	35.6	10.8	11.2

Cuadro 3. Características morfológicas del pedón no. 41.

Taxonomía: Typic Dystropept Unidad: 2826
Latitud: 8°22'19" longitud: 81°24'45"
Localidad: San José El Bale
Fisiografía: Terrazas aluviales antigua
Pendiente: 3%
Elevación: 240 msnm
Precipitación:
Capa freática No
Drenaje: Bueno Permeabilidad: Rápida
Pedregosidad: Moderada Erosión: Moderada
Material Parental: Aluvial antiguo
Uso de la tierra: Ganadería extensiva
Descrito por: S. E. Jaramillo Vegetación: Pasto faragua, Paja Hueso
Fecha de descripción: 28 - 5 - 87

0 - 7 (Ap) Pardo rojizo (5 YR 4/4) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques subangulares, Ap medios fuertes; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; poca actividad de macroorganismos; raíces finas, comunes; límite gradual y plano.

7 -35 (BW1) Rojo amarillento (5 YR 4/6) en húmedo; franco arcillo limoso;estructura prismática media, BW1 fuerte, que rompe a bloques subangulares, finos fuertes; muy pocas raíces finas; límite claro y plano.

35 -66 (BW2) Rojo amarillento (5 YR 4/6) en húmedo; franco arcillo limoso, estructura prismática, media BW2 fuerte, que rompe a bloques subangulares, medios, fuertes; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado; friable en húmedo; pocas raíces finas; límite y plano.

66 -92 (BW3) Rojo amarillento (5 YR 5/6) en húmedo; franco arcillo limoso, estructura prismática, gruesa, BW3 moderada, que rompe a bloques subangulares, medios, fuertes; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico, friable en húmedo;muy pocas raíces finas; límite difuso y plano.

92 -123 (BW4)Rojo amarillento (5 YR 4.5/5) en húmedo, franco arcillo limoso; estructura prismática, BW4 gruesa, moderada, que rompe a bloques subangulares, medios, moderados; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico; muy pocas raíces finas; límite gradual y plano.

123 -160 (BW5)Rojo amarillento (5 YR 4.5/6) en húmedo; franco arcillo limoso, estructura prismática, BW5 gruesa, moderada, que rompe a bloques subangulares, medios moderados; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, friableen húmedo; límite claro y plano.

160 -187 (BW6)Rojo amarillento (5 YR 4/6) en húmedo; franco arcillo limoso,estructura prismática, gruesa, BW6 débil; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo.

Cuadro 5. Características morfológicas del pedón no. 23.

Taxonomía: Typic Dystropept Unidad: 5F11
Latitud: 8°17'27" Longitud: 81°40'54"
Localidad: Alto Caballero - a 1 Km al oeste del centro de salud.
Fisiografía: Colinas de origen Igneo
Pendiente: 60% Elevación: 520 msnm
Precipitación:
Capa freática:
Drenaje: Bueno Permeabilidad:
Pedregosidad: Leve Erosión:
Material Parental: Rocas Igneas
Uso de la Tierra: Ganadería y agricultura migratoria.
Descrito por: S. E. Jaramillo
Vegetación: Bosque secundario y pasto faragua
Fecha de descripción: 8-5-87

0 - 9 (Ap) Pardo rojizo (5 YR 4/4) en Húmedo; franco limoso, estructura en bloques subangulares, finos, Ap fuertes; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; pocos y pequeños túneles de hormigas; abundantes raíces finas, límite claro y plano.

9 - 27 (BW1) Rojo amarillento (5 YR 5/8) en húmedo; franco arcillo limoso; estructura en bloques BW1 subangulares, medios, fuertes; que rompe a bloques subangulares, finos, fuertes; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; raíces finas y comunes; límite difuso y plano.

27 - 59 (BW2) Rojo amarillento (5 YR 5/8) en húmedo; franco arcillo limoso;estructura prismática, media, BW2 moderada, que rompe a bloques subangulares medios, moderados; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; raíces finas y comunes, límite difuso y plano.

59 - 92 (BW3) Rojo amarillento (5 YR 5/8) en húmedo; franco arcillo limoso;estructura prismática, media BW3 y moderada, que rompe a bloques subangulares, medios, moderados; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; pocas raíces finas; límite claro y plano.

92 - 117 (BW4) Rojo amarillento (5 YR 5/8) en húmedo; combinado con colorespardo amarillo claro (2.5 y 6/4) BW4 y rojos (10 YR 5/8) que ocupan un 15%; franco arcillo limoso; estructura prismática, media, moderada, que rompe a bloques subangulares medios, débiles; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; muy pocas raíces finas; límite claro y plano.

117 -175 (BW5) Rojo (2.5 YR 4/6) en húmedo; combinado con colores pardo amarillo claro (2.5 y 6/4) y rojos BW5 (10 YR 5/8), que ocupan un 20% franco arcillo lomoso; estructura prismática, media moderada; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; muy pocas raíces finas.

También se encuentran pequeñas inclusiones de suelos desarrollados sobre sedimentos aluviales del río Corita, que clasifican dentro del subgrupo Fluventic Dystropept, pero que no llegan a representar ni siquiera el 0.01% del área estudiada. Dentro de la unidad de mapeo sólo se estableció la fase de suelo ligeramente ondulado, con erosión leve y leve pedregosidad, denominada en el mapa con el símbolo 1A11.

Los suelos de la unidad de mapeo 1, clasificados como Oxic Dystropept presentan características morfológicas bien definidas, que se muestran en un perfil altamente desarrollado con horizontes A y B claramente definidos. En el Cuadro 1 se presenta la descripción del perfil modal de esta unidad y en el Cuadro 2, los análisis físicos y químicos.

Unidad de Mapeo 2: Abarca una superficie de 2450 ha, que representan el 1.21% del área estudiada. El subgrupo Typic Dystropept, es el suelo que domina en un 80% la unidad de mapeo, asociado con afloramientos rocosas que ocupan un 10% del área y a suelos poco profundos muy dispersos en la unidad de mapeo, como Lithic Dystropept o Lithic Troporthent. También se encuentran pequeñas inclusiones de suelos desarrollados sobre sedimentos aluviales, que clasifican dentro del subgrupo Fluventic Dystropept, pero que no llegan a representar ni siquiera el 0.01% del área estudiada.

Dentro de la unidad de mapeo se determinaron dos fases de suelo, identificadas en el mapa con los símbolos 2A12 y la 2B22. La primera fase de suelo, 2A12, es plana a ligeramente ondulada, con erosión leve y moderada pedregosidad y la 2B22, posee topografía ondulada, erosión moderada y moderada pedregosidad.

Los suelos de la unidad de mapeo 2, clasificados como Typic Dystropept, presentan un horizonte A débilmente desarrollado, así como un juego de horizonte B bien desarrollados, de color rojo amarillento, con buena estructura y límites entre horizontes graduales y difusos. En el Cuadro 3 se presenta una descripción del perfil modal de esta unidad y en el Cuadro 4, los análisis físicos y químicos.

Cuadro 6. Características físicas y químicas del pedón no. 23.

Horizonte	Profundidad	Arcilla	Granulometría Limo	Arena
	cm		----------%----------	
1	0-9	45	40	15
2	9-27	40	48	12
3	27-59	31	51	18
4	59-92	28	57	15
5	92-117	26	59	15
6	117-175	35	58	7

	C	pH		Bases Cambiables							CIC		Sat. Bases	
											Suma	NH_4	Suma	NH_4
Horizonte	Org.	H_2O	KCl	Ca	Mg	Na	K	Suma	Acidez	Al	Cat.	OAc	Cat.	OAc
	%	----------	----------	----------	----------	----------	----------	cmol(+)/kg	----------	----------	----------	----------	----- %	----
1	2.41	4.9	4.0	1.56	.64	.60	.23	3.03	22.4	3.2	25.4	16.8	11.9	18.0
2	1.55	4.8	4.0	1.34	.18	.58	.08	2.18	27.6	4.7	19.8	15.6	12.4	14.0
3	0.02	5.1	4.1	1.09	16	.59	.06	1.90	17.2	5.1	19.1	17.2	9.9	11.0
4	0.31	5.2	4.0	1.20	.11	.58	.04	1.93	16.4	6.0	18.3	11.6	10.5	16.6
5	0.39	5.2	4.0	1.36	.11	.57	.04	2.08	13.6	7.2	15.7	12.4	13.2	16.8
6	-	5.3	3.7	1.51	.19	.56	.05	2.31	14.8	7.5	17.1	14.0	13.5	16.5

Cuadro 7. Características morfológicas del pedón no. 51.

Taxonomia: Mollic Dystropept — Unidad: 4G12
Latitud: 8°28'56" — Longitud: 81°02'05"
Localidad: El Banquillo - Cerro Tute
Fisiografía: Colinas de origen ígneo
Pendiente: 25% — Elevación: 650 msnm
Precipitación:
Capa Freática: No
Drenaje: Bueno — Permeabilidad: Rápida
Pedregosidad: Severa — Erosión: Leve
Material Parental: Rocas Ígneas
uso de la Tierra: Plantación de café
Descrito por: S. E. Jaramillo
Vegetación: Bosque primario
Fecha de descripción: 24-6-87

0 - 26 (A) Pardo rojizo oscuro (5 YR 3/2) en húmedo; franco arcilloso; estructura en bloques A subangulares, medios y finos, fuertes; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; muchas rocas en diámetros entre 10 y 15 cm; abundantes raíces finas y gruesas; límite difuso y plano.

26 - 28 (AB)Pardo rojizo oscuro (5 YR 3/2 y 5 YR 3/4) en húmedo; arcilloso; estructura en bloques AB subangulares, medios moderados, que rompe a bloques subangulares, finos, moderados; adhesivo y plástico en mojado, friable en húmedo; abundantes raíces finas y gruesas; límite claro y plano.

48 - 75 (BW1)Pardo amarillento (10 YR 5/6) en húmedo; arcilloso; estructura en bloques subangulares, BW1 medios, moderados, que rompe a bloques subangulares finos, moderados; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado; friable en húmedo; concreciones rojas (2.5 YR 4/8), duras con diámetro entre 5 y 15 mm en un 15% pocas raíces gruesas; límite difuso y plano.

75 - 110 (BW2)Amarillo pardusco (10 YR 6/6) en húmedo; arcilloso; estructura en bloques subangulares, BW2 medios, moderados, ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; concreciones rojas (2.5 YR 4/8) duras, con diámetros entre 5 y 15 mm en un 15% pocas raíces medias; límite abripto y quebrado.

110 + Material muy poco meteorizado.
(R)

Unidad de Mapeo 3: Abarca una superficie de 98,860ha, que representan el 48.56% del área estudiada. El subgrupo Typic Dystropept, es el suelo que domina en un 70% la unidad de mapeo. En el 30% restante, se le puede encontrar asociado con afloraciones rocosas, suelos moderadamente profundos con la misma clasificación; así como con suelos poco profundos clasificados como Lythic Dystropept; éste último está disperso en toda la unidad de mapeo, y se encuentra con alguna predominancia en el tercio superior y en las cimas de algunas colinas con topografía fuertemente quebrada. También se encuentran suelos aluviales que clasifican dentro de los subgrupos Fluventic Mollic Dystropept, Fluventic Dystropept y Mollic Dystropept. Estos suelos representan áreas muy pequeñas y no llegan ni siquiera al 0.01% del área estudiada. Dentro de la unidad de mapeo se identificaron 11 fases por pendiente, erosión y pedregosidad representadas en el mapa de suelos con símbolos 3C11, 3C22, 3C33, 3D11, 3D22, 3D33, 3E11, 3E33, 3F11, 3F22, 3F33.

Los suelos de la unidad de mapeo 3, clasificados como Typic Dystropept que representan las fases de suelo con leve a moderada erosión, así como leve a moderada pedregosidad, presentan un perfil de suelo con un horizonte A de moderado grosor, buena estructura y colores oscuro, seguido por un juego de horizontes B, de colores rojo amarillento a amarillo rojizo, bien estructurado con límites difusos. En el Cuadro 5 se presenta la descripción del perfil modal de esta unidad y en el Cuadro 6 los análisis físicos y químicos.

Unidad de Mapeo 4: Abarca una superficie de 8.08ha, que representan el 3.99% del área estudiada. El

Cuadro 8. Características físicas y químicas del pedón no. 41 localidad San José del Valle.

Horizonte	Profundidad	Granulometría Arcilla	Limo	Arena
	cm	----------	%	----------
1	0-26	25	41	34
2	26-484	40	40	20
3	48-75	35	37	28
4	75-110	35	40	25

Horizonte	C Org.	pH H_2O	pH KCl	Bases Cambiables Ca	Mg	Na	K	Suma	Acidez	Al	CIC Suma Cat.	CIC NH_4 OAc	Sat. Bases Suma Cat.	Sat. Bases NH_4 OAc
	%			----------			cmol(+)/kg				----------		---- %	----
1	4.59	5.7	5.4	5.51	3.76	.49	.64	20.4	17.2	0.2	37.6	22.0	54.2	92.7
2	1.48	5.7	5.1	5.96	1.12	.45	.35	7.9	16.8	0.1	24.7	22.0	31.9	35.8
3	1.09	5.7	5.4	9.09	2.14	.58	.12	11.9	26.4	tr	38.3	21.6	31.1	55.2
4	0.08	5.5	4.7	6.31	2.90	.43	.10	9.74	12.4	0.1	22.1	22.4	44.1	43.5

Cuadro 9. Características morfológicas del pedón no. 48.

Taxonomía:	Typic Dystropept	Unidad 5G33
Latitud: 8°26'30"		Longitud: 81°11'08"
Localidad:	Camino Buenos Aires al Cuay de Santa Fé.	
Fisiografía:	Colinas de origen igneo	
Pendiente: 50%		Elevación: 550 msnm
Precipitación:		
Capa freática: No		
Drenaje:	Bueno	Permeabilidad: Rápida
Pedregosidad:	Severa	
Erosión:	Severa.	
Material parental:	Rocas Igneas	
Uso de la Tierra:	Plantaciones de pinos.	
Descrito por: S. E. Jaramillo		Vegetación: Gramíneas nativas
Fecha de descripción: 4-6-87		

0 - 9 (A) Pardo oscuro (7.5 YR 3/4) en húmedo; franco arcilloso; estructura en bloques subangulares, A medios, fuertes; que rompe a bloques subangulares, finos, fuertes; ligeramente adhesivo ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; abundante raíces finas; límite claro y plano.

9 - 42 (AB) Pardo fuerte (7.5 YR 4/6) en húmedo; franco arcilloso; estructura prismática, media, fuerte; AB que rompe a bloques subangulares, medios, fuertes; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; raíces finas, comunes; límite gradual y plano.

42 - 73 (BW2)Amarillo rojizo (5 YR 5/8) en húmedo; franco arcilloso; estructura en bloques subangulares, BW2 grueso, moderados, que rompe a bloques, medios, moderados; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; material semimateorizadoen un 10% túneles de arrieros de 3 cm de diámetro; raíces finas, comunes; límite gradual y plano.

73 - 115 (BW3)Amarillo rojizo (5 YR 5/8) en húmedo; franco arcilloso; estructura en bloques subangulares, BW3 gruesos, débiles, que rompe a bloques subangulares, medios, débiles; ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, friable en húmedo; material semimeteorizado en un 15% pocas raíces finas; límite abrupto y quebrado.

115 + (C)Pardo muy claro (10 YR 7/3) y rojo amarillento (5YR 5/8) en húmedo; franco, sin estructura; C ligeramente adhesivo y ligeramente plástico en mojado, firme en húmedo.

subgrupo Mollic Dystropept, es el suelo dominante y ocupa en 70% de la unidad de mapeo; el otro 30% son Typic Dystropeps. Dentro de la unidad de mapeo se identificaron dos fases por pendiente, erosión y pedregosidad, representadas en el mapa de suelos con los símbolos 4G12 y 4H12.

Los suelos de la unidad de mapeo 4, clasificados como Mollic Dystropept, morfológicamente presentan un perfil A-AB-B-R, donde el horizonte A está bien desarrollado, con buena estructura y color oscuro. Los horizontes B del perfil son de colores pardo amarillentos, arcillosos, bien estructurados, con algunas concreciones duras. En el Cuadro 7 se presenta la descripción del perfil modal de esta unidad y en el Cuadro 8, los análisis físicos y químicos.

Unidad de Mapeo 5: Abarca una superficie de 93,480 ha, que representan el 41.96% del área estudiada. El subgrupo Typic Dystropept, es el suelo que domina en un 70% la unidad de mapeo. El 30% restante de la unidad de mapeo, lo componen afloraciones rocosas y suelos poco profundos clasificados como Lythic Dystropept, los cuales están dispersos a través de toda el área y asociados a áreas con topografías muy escarpadas, donde las pendientes son mayores de 75%. Dentro de la unidad de mapeo se identificaron cuatro fases por pendiente, erosión y pedregosidad, representadas con el mapa de suelos con los símbolos 5G11, 5G22, 5G33, 5H33.

Los suelos de la unidad de mapeo 5, clasificados como Typic Dystropept, morfológicamente presentan un perfil A-B-C, donde el horizonte A es muy incipiente, especialmente en las áreas con severa erosión, mucha pedregosidad en la superficie, colores pardo oscuro y buena estructura. Le sigue un juego de horizontes B, con

Cuadro 10. Características físicas y químicas del pedón no. 41 localidad San José del Valle.

Horizonte	Profundidad	Granulometría Arcilla	Limo	Arena
	cm	----------	%	----------
1	0-9	51	37	12
2	9-42	50	38	12
3	42-73	44	35	21
4	73-115	54	37	9
5	115+	35	47	18

Horizonte	C Org.	pH H_2O	pH KCl	Bases Cambiables Ca	Mg	Na	K	Suma	Acidez	Al	CIC Suma Cat.	CIC NH_4 OAc	Sat. Bases Suma Cat.	Sat. Bases NH_4 OAc
	%			----------	----------	----------	----------	cmol(+)/kg	----------	----------	----------	----------	---- %	----
1	3.89	4.7	3.9	2.10	.67	.33	.22	3.32	27.2	4.2	30.5	18.0	19.0	18.4
2	1.79	4.9	4.0	1.43	.24	.40	.07	2.14	22.8	5.7	24.9	14.8	8.6	14.5
3	0.55	5.0	4.1	1.47	.21	.19	.03	1.90	23.2	5.9	25.1	34.4	7.6	5.9
4	0.23	5.2	4.1	.73	.13	.16	.01	1.03	21.2	4.0	22.2	40.8	4.6	2.5
5	0.39	5.0	4.1	1.59	.19	.25	.02	2.05	18.8	3.9	20.9	34.8	9.8	5.9

buena estructura, colores amarillo rojizo y límites graduales. Finalmente, un horizonte C que corresponde al material parental de estos suelos, en estado de semimeteorización. En el Cuadro 9 se presenta la descripción del perfil modal de esta unidad y en el Cuadro 10, los análisis físicos y químicos.

En general, los suelos identificados se caracterizan porque en el pasado fueron afectados por un fuerte proceso erosivo, producto de la actividad de la agricultura migratoria, que utilizó el fuego como elemento principal para incinerar la biomasa de cada sitio utilizado. Esta práctica repetida de manera continua a través de los años, dejó a los suelos desprovistos de cobertura vegetal, lo que ligado a un relieve con fuertes pendientes y lluvias intensas, provocaron el proceso erosivo responsable de la pérdida del horizonte superficial de los suelos del área.

Capacidad de Uso de los Suelos

En el mapa de capacidad de uso de los suelos, se indican las unidades FCC que se encontraron en cada uno de los paisajes identificados.

Unidades FCC de las terrazas antiguas Dentro de este paisaje se han determinado tres unidades de suelos que se identifican en el mapa de capacidad de uso, con las siguientes denominaciones: Caik (A11), Caik (A12) y Caik (B12). Las tres unidades de suelo tienen limitantes de fertilidad similar, ya que son suelos con textura arcillosa (C), tanto en la capa superior del suelo, como en el subsuelo hasta 50cm de profundidad; poseen toxicidad de Al (a), ya que la mayor parte de la CIC está saturada con acidez, representada por los cationes H y Al; poseen alta capacidad de fijación de P por su alto contenido de Fe (i) y muy bajas reservas de K (k), así como de Ca y Mg.

Aparte de las limitaciones de fertilidad indicadas, que son comunes a las tres unidades de suelos, se detectaron diferencias en limitantes de manejo como son: pendientes, erosión y pedregosidad. Con la introducción de estos tres criterios importantes para el manejo, se determinaron las tres unidades indicadas, cuyas características se describen en detalle.

1.Unidad Caik (A11) poseen pendientes entre 0 y 5% (A) erosión leve (1) y leve pedregosidad (1).
2.Unidad Caik (A12) poseen pendientes entre 0 y 5% (A) erosión leve (1) y moderada pedregosidad (2).
3.Unidad Caik (B12) posee pendientes entre 5 y 10% (B), erosión leve (1) y moderada pedregosidad (2).

Unidades FCC de las colinas de origen ígneo Dentro de este paisaje se identificaron 11 unidades de suelo denominados así: Caik (C11), Caik (C22), Caik (C33), Caik (D11), Caik (D22), Caik (D33), Caik (E11), Caik (E33), Caik (F11), Caik (F22) y Caik (F33).

Aparte de las limitantes de fertilidad indicadas, que son comunes a las 11 unidades de suelo, se detectaron diferencias en limitantes para el manejo como son: pendientes, erosión, pedregosidad. Con la introducción de estos tres criterios importantes para el manejo, se determinaron las 11 unidades indicadas, a las que se les describen sus diferencias fundamentales:

1.Unidad Caik (C11) poseen pendientes entre 10 y 15% (C), erosión leve (1) y leve pedregosidad (1).
2.Unidad Caik (C22) poseen pendientes entre 10 y 15% (C), erosión moderada (2) y moderada pedregosidad (2).
3.Unidad Caik (C33) poseen pendientes entre 10 y 15%

(C), erosión severa (3) y severa pedregosidad (3).

4.Unidad Caik (D11) poseen pendientes entre 15 y 25% (D), erosión leve (1) y leve pedregosidad (1).

5.Unidad Caik (D22) poseen pendientes entre 15 y 25% (D), erosión moderada (2) y moderada pedregosidad (2).

6.Unidad Caik (D33) poseen pendientes entre 15 y 25% (D), erosión severa (3) y severa pedregosidad (3).

7.Unidad Caik (E11) poseen pendientes entre 25 y 35% (E), erosión leve (1) y leve pedregosidad (1).

8.Unidad Caik (E33) poseen pendientes entre 25 y 35% (F), erosión severa (3) y severa pedregosidad (3).

9.Unidad Caik (F11) poseen pendientes entre 35 y 50% (F), erosión leve (1) y leve pedregosidad (1).

10.Unidad Caik (F22) poseen pendientes entre 35 y 50% (F), erosión moderada (2) y moderada pedregosidad (2).

11.Unidad Caik (F33) poseen pendientes entre 35 y 50% (F), erosión severa (3) y severa pedregosidad.

Unidades FCC de las Areas Montañosas de Origen Ígneo Dentro de este paisaje se han identificado seis unidades de suelo denominados así: LC (G12), LC (H12), Caik (G11), Caik (G22), Caik (G33) y Caik (H33). Las unidades LC (G12) y LC (H12) no poseen problemas de fertilidad en los horizontes ubicados en los primeros 26cm de profundidad, ya que sus contenidos de K, Ca y Mg disponible son adecuados. El contenido de C orgánico es alto y el pH ligeramente ácido, indicativo de que el suelo en estos horizontes posee características químicas favorables para el crecimiento de las plantas. En los horizontes ubicados entre 26 y 50cm el contenido de Mg y K es bajo, la acidez extraible es alta, aunque el Al es bajo, indicativo de que la fertilidad es menor con la profundidad.

En estos suelos la alta fertilidad de los horizontes superficiales se debe a la abundante hojarasca que deposita la exuberante vegetación que los cubre, ya que, una vez que se efectúa su mineralización se suplen los nutrientes indispensables para el crecimiento de las plantas. Este reciclaje de nutrientes es típico de los bosque del trópico húmedo y se mantiene en la medida que el bosque se conserve. En cuanto al aspecto físico de los suelos, el relieve muy escarpado y las pendientes extremadamente inclinadas constituyen el impedimento mayor para realizar agricultura sin riesgo a deterioro del suelo.

Con base en las diferencias de pendientes, se han determinado las siguientes unidades de suelos:

1.Unidad LC (G12) son suelos con textura franca (L) en la capa superficial, sobre textura arcillosa (C) en los horizontes profundos, pendientes entre 50 y 75% (G), erosión leve (1) y pedregosidad moderada(2).

2.Unidad LC (H12) son suelos son textura franca (L) en la capa superficial, sobre textura arcillosa (C) en los horizontes profundos, pendientes mayores de 75% (H), erosión leve (1) y pedregosidad moderada (2).

Para las Unidades Caik (G11), Caik (G22) Caik (G33) y Caik (H33) parte de las limitantes de fertilidad indicadas, que son comunes a las cuatro unidades de suelo, se detectaron diferencias en pendientes, erosión y pedregosidad. Sobre la base de estas limitantes, se determinaron las cuatro unidades de suelo, a las que se le indican sus atributos y diferencias fundamentales.

1.Unidad Caik (G11) poseen pendientes entre 50 y 75% (G), erosión leve (1) y leve pedregosidad (1).

2.Unidad Caik (G22) poseen pendientes entre 50 y 75% (G), erosión moderada (2) y moderada pedregosidad (2).

3.Unidad Caik (G33) poseen pendiente entre 50 y 75% (G), erosión severa (3) y severa pedregosidad (3).

4.Unidad Caik (H33) poseen pendientes mayores de 75% (H) erosión severa (3) y severa pedregosidad (3).

CONCLUSIONES

-El Sistema FCC complementa los estudios de suelos en donde se utiliza Soil Taxonomy en lo referente a la identificación de limitantes de fertilidad para crecimiento de cultivos y sirve como base para el diseño de programas de uso de enmiendas y fertilizantes.

-Los estudios de suelos en sus diferentes niveles de generalización, que utilizan como sistema el "Soil Taxonomy", brindan la información necesaria para el diseño de unidades de suelos clasificados según el sistema FCC.

PLANES FUTUROS

Clasificar según el sistema Soil Taxonomy y el Sistema FCC los sitios experimentales y diseñar ensayos de fertilización con N-P-K, para determinar curvas de respuestas a estos elementos para cada una de las unidades FCC identificadas.

LITERATURA CITADA

Elbersen, G., Benavides, S. y Botero, P. Metodología para levantamientos edafológicos, Centro Interamericano de Fotointerpretación, Bogotá, Colombia, 1971. sp.

Forsythe, W. Física de Suelos. Manual de Laboratorio, San José, Costa Rica, IICA, 1975. 211 p.

Panamá. Instituto de Recursos Naturales Renovables. Balances Hídricos de Suelo. Panamá, 1984. sp.

Panamá. Instituto de recursos Naturales Renovables. Mapa de Isolíneas de precipitación. Panamá, 1987a. Esc. 1.500,000.

Panamá. Instituto de Recursos Hidráulicas y Electrificación. Registros de precipitación. Panamá, 1987b. sp.

Panamá. Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia". Atlas Nacional de Panamá. Panamá, 1975. sp.

Panamá. Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia". Mapa Topográfico de Panamá, 1960. Esc. 1:50,000. color.

Sánchez, P.A., W. Couto y S.W. Boul. 1982. The fertility capability classification system: interpretation applicability and modification. Geoderma 27:283-309.

Soil Conservation Service. Examination and description of soil in the field. In Soil Survey Manual, Washington, 1981, Cap. 4.

SCS-USDA. 1967. Soil survey investigation report no.1. Soil survey laboratory methods and procedures for collecting Soil samples. U.S. Govt. Printing Office, Washington.

Soil Survey Staff. Soil taxonomy. A basic system of soil classification formarking and interpreting soil survey. Washington, 1975. 754 p.

Caracterización de la Fertilidad de Suelos de la Region Cafetalera de Santa Barbara, Honduras[1]

Carlos A. Moya[2]

INTRODUCCION

El café representa para Honduras el segundo rubro de exportación después del cultivo de banano. Además, es una fuente de ingresos para aproximadamente 50,000 familias, generando divisas, ingresos por impuestos fiscales y empleos para una población rural estimada en más de 400,000 personas. Resulta por lo tanto evidente, mantener niveles de producción y productividad razonables, mediante la aplicación de técnicas modernas y la optimización de los recursos utilizados en la caficultura (FHIA, 1989).

Zúntua (1988) afirma que la fertilización en la caficultura hondureña no es una práctica común y los pocos productores que aplican fertilizantes utilizan información y resultados experimentales provenientes de otros países. Normalmente, se aplica una mezcla de fertilizante completo constituido por Nitrógeno, Fósforo y Potasio (N-P-K) con fines de seguridad. El fertilizante más popular es el 12-24-12 (N-P_2O_5-K_2O), implicando esto una mayor demanda de Fósforo (P) que de Nitrógeno (N) y Potasio (K). Debido a la escasez y al alto costo de los fertilizantes en el país, se hace necesario determinar los requerimientos apropiados de nutrientes para el cultivo del café basándose tanto en las características físicas y químicas de los suelos como en el análisis de tejidos.

Objetivos:

Caracterizar la región cafetalera de Santa Bárbara en base a los parámetros roca-suelo-clima-planta.

Determinar dominios zonales de recomendaciones de fertilización dentro de la región para ser complementados con ensayos de fertilización en fincas de productores.

DESCRIPCION GENERAL DE LA REGION

Localización

La región de Santa Bárbara está localizada al Noroeste del país, tiene una extensión superficial de aproximadamente 5110 km^2 y elevaciones que oscilan entre los 190 y más de 2500 msnm. Limita al Norte con la República de Guatemala, al Sur con el Departamento de Intibucá, al Oeste con los Departamento de Lempira y Copán y al Este con los Departamentos de Cortés, Comayagua y el Lago de Yojoa.

Geográficamente, la región está localizada entre los 14^{0}34' y 15^{0}30' latitud Norte y los 88^{0}01' y 88^{0}45' longitud Oeste (Figura 1).

Zonas de Vida

Según la clasificación de Holdridge realizada por la Dirección Ejecutiva del Catastro (1988), en la región existen cinco zonas de vida, las cuales son: Bosque Seco Tropical, Bosque Húmedo Subtropical, Bosque muy Húmedo Subtropical, Bosque muy Húmedo Montano Bajo y Bosque Húmedo Tropical

Clima

El clima según Vladimir Koppen, citado por Zúniga Andrade (1982), se clasifica como Lluvioso Tropical de Foresta (Af).

En el Cuadro 1 se presentan valores promedios mensuales y anuales de los principales parámetros climáticos, y en la Figura 2 se representa gráficamente el patrón de distribución mensual. Como puede observarse, los valores de precipitación promedio anual oscilan entre 1270 a 2900 mm, presentándose el período lluvioso del año entre los meses de mayo y octubre, siendo el lapso comprendido entre noviembre y abril la época seca o menos lluviosa del año. El número promedio de días con lluvia para la región oscila entre 120 y 240 por año.

En lo relativo a la Evapotranspiración Potencial, el valor promedio anual oscila entre 990 y 1230 mm, alcanzándose los valores máximos en los meses de abril y junio, y los valores mínimos entre diciembre y febrero.

Los resultados del cálculo del balance hídrico para la región de Santa Bárbara, demuestran que la mayor parte de la región presenta períodos de déficit de humedad en el suelo entre los meses de febrero a mayo.

Las temperaturas ambientales en valores anuales, presentan un promedio de 19 a 24^{0}C, oscilando a través del año desde 13.2 a 26.9^{0}C en su valor promedio mensual.

Para la mayor parte de la región el mes de noviembre es el más húmedo con valores de humedad relativa de 82 a 88% y el lapso entre abril y mayo el más seco del año con un rango de 69 a 81%. En promedio anual, la humedad relativa para la región de Santa Bárbara oscila entre 78 y 98%, tomando muy en cuenta que arriba de los 1500 msnm la humedad relativa promedio anual es de 96%.

Referente al régimen de los vientos dominantes, estos circulan en dirección Noreste-Suroeste.

---

[1]Proyecto financiado por la Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (USAID) y ejecutado bajo un convenio de cooperación técnica suscrito por el Instituto Hondureño del Café (IHCAFE) y la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA).

[2]Investigador Asociados de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), Apartado Postal 2067, San Pedro Sula, Honduras, C.A.

Cuadro 1. Principales características climáticas de la región cafetalera de Santa Bárbara.

Provincia climática	a/ Símbolo	Agencia	Parámetro b/ climático	Promedios mensuales Ene	Feb	Marzo	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio Anual
Lluvioso de Altura	Cx	1,2,3,4,7	T (°C)	21.7	22.5	24.7	25.9	25.3	25.5	24.8	24.6	24.4	24.4	22.8	21.7	24.0
			ETP (mm)	74.8	83.3	110.0	126.8	118.2	121.0	111.4	108.7	106.1	106.1	86.7	74.8	1230.0
			PP (mm)	83.6	45.1	30.3	44.4	117.2	264.9	254.8	200.6	301.3	166.5	136.3	100.1	1730.0
Lluvioso de Altura	Vx	1,2,4	T (°C)	19.4	22.3	24.9	26.9	25.0	25.3	25.0	24.0	24.5	24.9	22.9	21.0	24.0
			ETP (mm)	54.3	81.7	113.0	141.9	114.4	118.5	114.4	101.4	107.8	113.0	88.4	68.5	1220.0
			PP (mm)	60.9	34.8	30.0	27.8	72.2	193.9	176.1	150.0	221.1	135.9	121.1	78.9	1270.0
Lluvioso de Altura	Vx	3,5,6,7	T (°C)	20.4	20.6	23.5	24.0	24.3	24.0	23.8	23.5	23.4	23.0	21.3	20.4	23.0
			ETP (mm)	67.7	69.4	98.6	104.3	107.8	104.3	102.0	98.6	97.5	93.1	75.9	67.7	1090.0
			PP (mm)	52.0	45.2	28.3	48.1	123.1	226.9	199.6	179.0	249.3	165.4	86.1	62.3	1460.0
Muy lluvioso de Barlovento	Ek	2,7	T (°C)	[illegible]	20.0	22.6	21.7	23.1	23.0	23.6	21.8	22.8	21.9	19.9	18.8	22.2
			ETP (mm)	61.3	68.5	92.1	83.5	97.1	96.1	102.3	84.4	94.1	85.4	67.7	59.0	990.0
			PP (mm)	115.4	67.9	43.0	62.1	157.1	307.1	392.9	324.6	382.1	217.9	169.3	123.9	2490.0
Muy lluvioso de Barlovento	Vk	2,6,7	T (°C)	16.5	13.2	19.5	19.5	20.5	19.5	21.0	20.5	19.8	22.8	18.0	16.5	19.0
			ETP (mm)	52.5	33.7	73.2	73.2	80.9	73.2	84.8	80.9	75.5	99.9	62.4	52.5	840.0
			PP (mm)	128.8	92.5	52.5	82.5	207.5	362.5	462.5	412.5	448.8	300.0	173.8	126.3	2900.0
Lluvioso de Altura	Cx	6	T (°C)	19.8	20.0	23.4	24.2	25.2	23.2	24.2	23.4	23.2	22.6	21.8	19.8	23.0
			ETP (mm)	62.9	64.6	97.7	106.8	118.8	95.6	106.8	97.7	95.6	89.2	81.1	62.9	1080.0
			PP (mm)	104.0	58.0	28.0	71.0	178.0	310.0	325.0	325.0	385.0	285.0	135.0	111.0	2380.0

a/ Símbolo de provincias climáticas, las letras mayúsculas y minúsculas corresponden a los dos meses más lluviosos y más secos del año, respectivamente: C = junio y agosto, V = junio y septiembre, E = julio y septiembre, x = febrereo y marzo, k = marzo y abril.

b/ Datos tomados de los mapas mensuales de Isoyetas, Isotermas e Isolineas de Evapotranspiración Potencial de la Dirección Ejecutiva del Catastro.

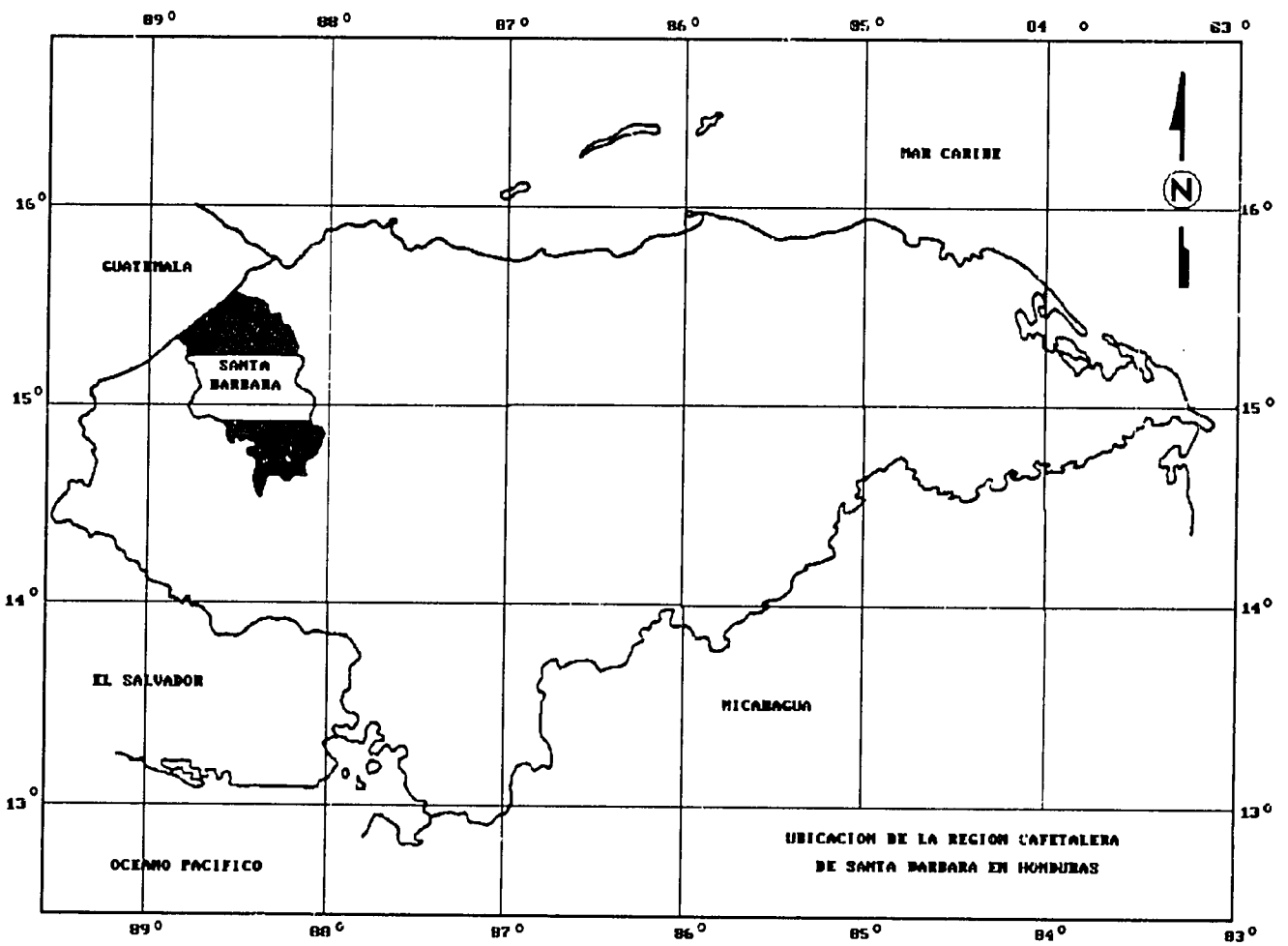


Figura 1. Ubicación de la región cafetalera de Santa Barbara en Honduras.

Cuadro 2. Principales características de los suelos de Santa Bárbara

No.	Geología	Clase Agrológica	Textura Superf. (0-30 cm)	Textura Subsuelo (>30 cm)	Prof. Efectiva (cm)	Pendiente (%)	pH cms (0-20)	pH cms (20-50)	M.O. (%) (0-20 cm)	Ca cmol(+)/kg de suelo (0-20 cm)	K cmol(+)/kg de suelo (0-20 cm)	Mg cmol(+)/kg de suelo (0-20 cm)	CIC cmol(+)/kg de suelo (0-20 cm)
1	Qal	III	M	M	100-150	2-5	4.0	4.0	4.72	2.80	0.82	1.52	31.4
2	Qal	VI	M	M	20-50	2-5	4.6	5.0	8.65	11.03	1.05	10.31	49.37
3	Qal	VII	M	M	50-75	2-5	6.8	7.1	5.75	35.25	2.06	32.44	81.17
4	Qal	IV	M	M	75-100	10-15	4.0	3.7	2.58	1.59	0.23	3.10	26.67
5	Qal	IV	M	M	100-150	2-5	4.2	4.3	2.52	1.42	0.22	1.49	25.15
6	Qal	V	mF	mF	50-75	2-5	7.4	7.6	3.55	29.06	0.21	4.26	43.47
7	Tv	VIII	M	M	100-150	50-75	4.4	4.8	2.26	6.3	0.90	10.5	33.6
8	Tv	VIII	M	M	50-75	50-75	5.6	5.8	1.62	2.13	0.28	7.18	21.16
9	Tv	VII	M	-	20-50	35-50	6.5	6.5	1.40	40.71	0.49	47.07	100.69
10	Tv	VI	mF	F	20-50	25-35	4.2	4.1	11.82	9.70	0.51	13.46	70.28
11	Tv	VIII	M	-	<20	>75	5.4	--	5.11	25.95	1.47	16.68	62.5
12	Tv	VII	mF	-	<20	50-75	6.8	--	2.94	32.86	0.80	39.79	87.56
13	Tv	VI	M	-	<20	25-35	5.9	--	3.32	7.48	0.55	13.04	34.86
14	Pm	VI	M	M	50-75	25-35	5.3	4.8	5.51	---	1.17	---	48.42
15	Pm	IV	M	M	50-75	2-5	6.3	6.1	1.86	12.40	0.36	37.32	67.25
16	Pm	III	M	M	75-100	5-10	5.9	5.7	2.90	9.14	0.13	22.35	46.51
17	Pm	VIII	M	M	20-50	50-75	5.1	4.9	2.50	1.52	0.12	11.25	25.04
18	Pm	VIII	M	M	75-100	50-75	4.4	4.6	11.04	0.67	0.20	2.16	48.01
19	Pm	VI	M	F	100-150	25-35	4.5	4.5	5.36	2.61	0.20	2.43	33.94
20	Pm	VII	M	F	75-100	35-50	3.6	4.4	5.60	0.72	0.15	1.31	34.59
21	Ky	VI	M	mF	50-75	25-35	7.1	7.2	0.34	78.36	1.09	11.52	101.50
22	Ky	VIII	F	F	50-75	50-75	7.4	6.4	9.74	103.56	1.16	16.30	134.52
23	Ky	VII	mF	F	100-150	35-50	7.0	7.2	9.92	61.33	0.90	23.48	96.40
24	Ky	VIII	M	-	<20	50-75	5.9	--	12.50	40.79	0.98	4.38	64.12
25	Ky	VIII	M	M	75-100	50-75	5.2	5.1	4.12	31.08	0.75	11.21	86.67
26	Tm	VII	M	mF	20-50	35-50	5.0	5.4	4.06	17.15	1.31	17.66	50.46
27	Tm	VII	M	M	20-50	50-75	5.5	5.0	4.16	51.1	0.47	34.47	115.70
28	Tm	VII	M	M	50-75	35-50	4.1	4.0	11.42	3.90	1.02	9.33	72.70
29	Tm	VI	M	-	<20	25-35	5.4	--	4.08	9.80	0.70	11.31	46.55
30	Ktva	VI	F	F	75-100	25-35	6.6	7.4	7.41	70.5	0.85	8.97	92.56
31	Ktva	VIII	M	mF	100-150	50-75	4.3	4.3	6.43	1.94	0.26	1.84	32.44
32	Ktva	VII	M	mF	100-150	35-50	4.3	4.4	13.48	7.02	0.79	6.23	57.12
33	Ktva	VII	M	F	100-150	25-35	6.6	5.2	0.53	20.66	0.40	10.23	41.73
34	Ktva	VIII	M	M	100-150	>75	4.9	4.9	9.63	--	1.36	11.34	52.67
35	Ktva	VIII	mF	mF	50-75	>75	6.1	6.8	10.03	36.25	1.04	17.10	65.51
36	Ktva	III	F	F	100-150	2-5	4.8	5.0	3.82	3.98	0.53	5.80	37.26
37	Ktva	IV	mF	-	20-50	15-25	4.5	--	5.84	14.40	0.18	16.55	56.19
38	Kti	IV	M	mG	100-150	15-25	7.2	7.0	2.55	12.60	1.34	12.54	31.05
39	Kti	VIII	M	M	20-50	50-75	5.2	5.3	2.52	4.46	0.69	8.32	31.06
40	Kti	VII	M	F	50-75	35-50	3.3	3.8	13.20	0.31	0.15	2.43	46.86
41	Jts	VII	M	mF	100-150	35-50	6.4	4.7	2.57	23.54	0.45	5.27	38.96

* Texturas:M = Medias (Franco, Franco arenoso, Franco limoso, Limoso), mF = Moderadamente finas (Franco arcilloso, Franco arcilloso arenoso, Franco arcillo limoso), F = Finas (Arcilloso, Arcillo arenoso, Arcillo limoso), mG = Moderadamente gruesas (Arenoso franco, Franco arenoso)

Vegetación

Estudios realizados por la Dirección Ejecutiva del Catastro (1988), reportan que casi toda la vegetación en Santa Bárbara es de bosque de pino (Pinus oocarpa, Pinus seudostrobus), encontrándose entre 900 y 1200 msnm. Entre 1200 y 1600 msnm aproximadamente, se mezcla con especies de hoja ancha para formar bosques mixtos con predominio de pino. Las partes bajas, aproximadamente de 600 a 800 msnm, están cubiertos por una exuberante y compleja vegetación latifoliada.

Actualmente casi todo este recurso ha sido talado, como producto de explotaciones madereras y del desarrollo de diversas actividades agropecuarias como ser el establecimiento de cultivos migratorios, ganadería extensiva y cafetales.

Geología

En la región se presentan en mayor proporción rocas sedimentarías, mientras que las ígneas y metamórficas se encuentran en menor proporción. Con relación a la edad, las rocas presentes van desde el Cuaternario al Paleozoico (hace aproximadamente 600,000,000 de años).

El material sedimentario está representado por rocas como lutitas, arcillolitas, conglomerados, areniscas, limolitas, rocas calcáreas, dolomitas calcilutitas y otras.

En la región el material ígneo presenta rocas como el granito, granodiorita, diorita, cuarzomonzonita, gabro, ignimbritas, tobas, riolitas, andesitas, basaltos y otras rocas piroclásticas.

Referente a las rocas metamórficas, se presenta dos tipos: foliadas, como esquistos, micaesquistos, filitas y gneis, y no foliadas como mármoles y cuarcitas.

Suelos

Según estudios a nivel de reconocimiento realizados por la Dirección Ejecutiva del Catastro (1988), existen cuarenta y uno (41) unidades de mapeo de suelos,

Cuadro 3. Interpretación de análisis de suelos para café.

Análisis	Unidad	Interpretación * Bajo	Normal	Alto
pH	--	<5.0	5.0-6.5	>6.5
Materia Orgánica (M.O.)	%	<5	5-10	>10
Nitrógeno Total (N.T.)	%	<0.4	0.4-0.8	>0.8
Fósforo (P)	mg/kg	<5	5-15	>15
Potasio (K)	cmol(+)/kg	<0.2	0.2-0.7	>0.7
Calcio (Ca)	cmol(+)/kg	<3	3-9	>9
Magnesio (Mg)	cmol(+)/kg	<0.5	0.5-2	>2
Hierro (Fe)	mg/kg	<5	5-15	>15
Magnesio (Mn)	mg/kg	<2	2-10	>10
Cobre (Cu)	mg/kg	<0.5	0.5-1.0	>1.0
Cinc (Zn)	mg/kg	<1	1-5	>5
Azifre (S)	mg/kg	<12	12-20	>20
Boro (B)	mg/kg	<0.5	0.5-8	>8
Mg/K		<2	2-5	>5
Ca + Mg/K		<5	5-13	>13
Ca/Mg		<2	2-5	>5
Ca/K		<5	5-25	>25
Ca, Mg, K	cmol(+)/kg	<5	5-10	>10
Aluminio (Al)	cmol(+)/kg	<0.3	0.3-1.5	>1.5
TEA	cmol(+)/kg	<1.5	1.5-4.5	>4.5
CIC	cmol(+)/kg	<10	10-20	>20

* Referencias: Carvajal (1984), Enriquez (1985), Valencia y Carillo (1983) y Zantua (1988)

clasificadas en base a la similitud de características geológicas, topográficas, físicas y químicas.

Taxonómicamente los suelos de la región se clasifican dentro de las siguientes órdenes: Entisoles, Inceptisoles, Molisoles, Ultisoles y Alfisoles.

En el Cuadro 2 se presenta un resumen de las

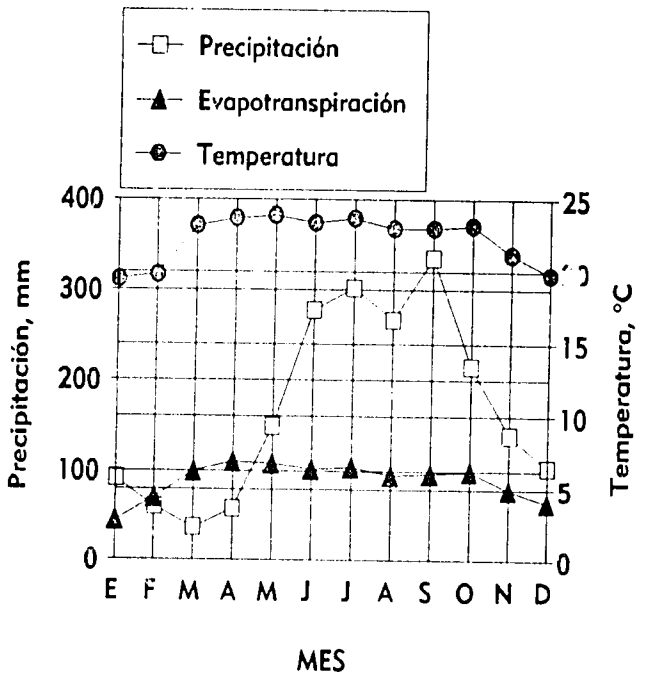


Figura 2. Representación de la distribución de precipitación, temperatura y evapotranspiración mensual, Santa Barbara, Honduras.

Cuadro 4. Interpretación de análisis foliar para café

Análisis	Unidad	Interpretación * Bajo	Normal	Alto
Nitrógeno (N)	%	<2.5	2.5-3.0	>3.0
Fósforo (P)	%	<0.13	0.13-0.20	>0.20
Potasio (K)	%	<1.5	1.5-2.7	>2.7
Calcio (Ca)	%	<1.1	1.1-1.7	>1.7
Magnesio (Mg)	%	<0.20	0.20-0.35	>0.35
Hierro (Fe)	mg/kg	<75	75-150	>0.35
Magneso (Mn)	mg/kg	<75	75-150	>150
Cobre (Cu)	mg/kg	<6	6-12	>12
Cinc (Zn)	mg/kg	<15	15-20	>20
Azufre (S)	%	<0.16	0.16-0.25	>0.25
Boro (B)	mg/kg	<50	50-100	>100

* Referencias: Carvajal (1984), De Geus (1967) y Zantua (1988)

principales características y propiedades de los suelos de la región.

METODOLOGIA

Obtención y Análisis de Información Secundaria

A este respecto, se recopiló de diversas fuentes el siguiente tipo de información:

a)Información cartográfica. Hojas cartográficas, mapas geológicos y mapas base escala 1:50,000 (elaborados por la Dirección Ejecutiva del Catastro). b)Estudios físico-ambientales. Estudios de suelos y de clima. c)Informes sobre la caficultura hondureña. d)Fertilidad y nutrición del cultivo de café.

Gira Exploratoria y de Estudio

Como inicio de las actividades de campo, se realizó una gira por las zonas cafetaleras con el propósito de delimitar las áreas de influencia de cada una de las agencias de extensión que conforman la región de Santa Bárbara, indagar sobre las facilidades para los técnicos responsables de la ejecución de actividades de caracterización, conocer las áreas de concentración de fincas cafetaleras y estado de los caminos de acceso y además sostener pláticas e intercambio de opiniones con los técnicos de la región mencionada sobre diversos tópicos del proceso metodológico del presente estudio.

Comprobación del Estudio de Reconocimiento de Suelos y Descripción de Suelos Cafetaleros.

Se realizó una comprobación de las unidades de mapeo de suelos, descritas en los Informes de la Dirección Ejecutiva del Catastro sobre los estudios de suelos a nivel de reconocimiento del Departamento de Santa Bárbara. Paralelamente a esta actividad, se procedió a realizar mediante la ubicación en hojas cartográficas, una descripción detallada de perfiles de suelos localizados en

las principales zonas cafetaleras, con el fin de completar la información procedente del estudio mencionado.

Muestreo y Análisis de Suelos y Foliar

El marco muestral se definió en base a la información física (suelos/clima) y el área sembrada con café en la región. Se muestrearon un total de 616 fincas productoras de café, distribuidas en las diferentes áreas de cada una de las agencias de extensión agrícola de la región.

Las muestras de suelos se tomaron en dos sitios, en la banda fertilización y entre hileras de plantas, a profundidades tanto de 0-20 cm como de 20-50 cm. En un área bastante uniforme que osciló entre 0.7 a 3.5 hectáreas, se colectaron diez submuestras por finca siguiendo un patrón de zig-zag para obtener una muestra representativa del área. Las submuestras se mezclaron completamente y se tomaron muestras de aproximadamente 500 gramos, las cuales se identificaron y se llevaron al laboratorio a fin de realizar los respectivos análisis.

Las muestras foliares se tomaron en los mismos sitios en los que se realizó el muestreo de suelos, seleccionándose diez plantas, tomando cuatro pares de hojas (8) por planta. La muestra se obtuvo del cuarto par de hojas desde el ápice, en las bandolas situadas a la altura media de la planta y en el sentido de los cuatro puntos cardinales. Las muestras foliares fueron secadas en un horno a temperaturas de 60-70^{0}C, se molieron para pasarlas por un tamíz de 2 mm y finalmente se analizaron para determinar las diferentes concentraciones de nutrientes en las hojas.

Interpretación de Resultados de Laboratorio

Inicialmente se revisó la literatura disponible relacionada a la fertilización del cultivo de café. El Ing. José F. Carvajal, muy conocido nutricionista del cultivo de café, fue consultado en San José, Costa Rica. Adicionalmente se contrató al Ing. Germán Valencia, experto colombiano en fertilización de café, con el propósito de asesorar a personal de la FHIA en estos aspectos. También, se obtuvo datos de dos ensayos experimentales sobre fertilización, montados y en estado de proceso en la estación experimental del IHCAFE "Los Linderos", situada en el Municipio de San Nicolás, Santa Bárbara. Estos experimentos fueron establecidos y están siendo manejados por personal del Departamento de Investigación del IHCAFE bajo la dirección del Ing. Julio S. Herrera. Dicho personal proporcionO los datos experimentales de cosecha y la FHIA procesó, analizó, interpretó y reportó la importancia de esta información. Además, muestras de suelos y foliares fueron colectadas en cada parcela experimental y se correlacionaron con los datos de producción.

Los Cuadros 3 y 4 muestran los datos resultantes de la antes mencionada investigación, revisión y estudios; esta información es la base de la interpretación de los resultados analíticos de muestras de suelos y foliares para el cultivo de café.

Establecimiento de Dominios de Recomendaciones de Fertilización

Los resultados analíticos de las muestras de suelos y foliares, se interpretaron de acuerdo a los criterios de fertilidad y nutrición del cultivo de café. Posteriormente, en base a estas interpretaciones, a las necesidades del cultivo y a las condiciones climáticas dominantes en la región, se procedió a determinar las dosis y frecuencia de aplicación de fertilizantes en las diferentes áreas productoras de café.

RESULTADOS Y DISCUSION

Dominios de Recomendaciones de Fertilización

Dosis de aplicación de Nitrógeno-Fósforo-Potasio

La Figura 3 muestra el mapa de dominios de fertilización, ilustrando la distribución espacial de las dósis de aplicación de N-P-K para la región cafetalera de Santa Bárbara.

Fuentes y frecuencia de aplicación de N-P-K

Para casi toda la región de Santa Bárbara (Agencia 1-6) se recomiendan las siguientes fuentes y épocas de aplicación de fertilizantes (N-P-K):

Grupo 1. Aplicar 75 gramos (2.6 onzas)de Nitrato de Amonio por árbol en mayo-junio y la misma cantidad en noviembre-diciembre (aplicar Urea cuando no hay disponibilidad de Nitrato de Amonio).

Grupo 2. Aplicar 125 gramos (4.4 onzas) de 20-20-0 por árbol en mayo-junio y 75 gramos (2.6 onzas) de Nitrato de Amonio en noviembre-diciembre.

Grupo 3. Aplicar 165 gramos (6 onzas) de 15-15-15 por árbol en mayo-junio y 75 gramos (2.6 onzas) de Nitrato de Amonio en noviembre-diciembre.

Grupo 4. Aplicar 75 gramos (2.6 onzas) de Nitrato de Amonio por árbol en mayo-junio y la misma cantidad en noviembre-diciembre. También debe aplicarse 85 gramos (3 onzas) de Cloruro de Potasio por árbol en mayo-junio.

Grupo 5. Aplicar 140 gramos (5 onzas) de 18-9-18 por árbol en mayo-junio y la misma cantidad en noviembre-diciembre.

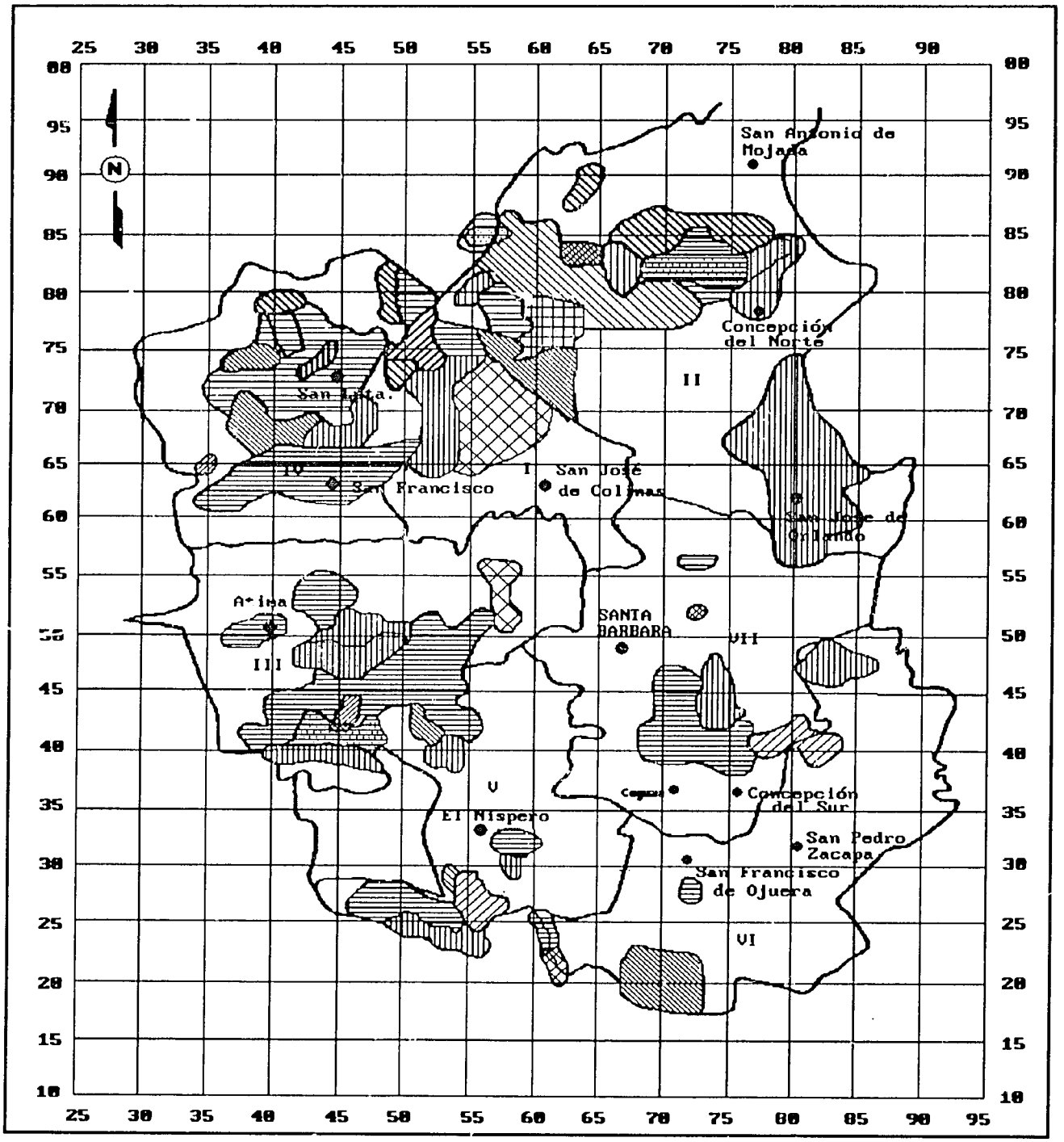


Figura 3. Caracterización fisico-ambiental de regiones cafetaleras de Honduras, IHCAFE--FHIA.

Para las áreas cafetaleras de la región de Santa Bárbara (Agencia de Extensión No. 7), que presentan mayores valores de precipitación y número de días con lluvia al año, se recomiendan las siguientes fuentes y frecuencias de aplicación de fertilizantes (N-P-K):

Grupo 1. Aplicar 50 gramos (1.75 onzas) de Nitrato de Amonio por árbol en enero-febrero y la misma cantidad en mayo-junio y septiembre-octubre (aplicar Urea cuando no hay disponibilidad de Nitrato de Amonio).

Grupo 2. Aplicar 37 gramos (1.3 onzas) de Nitrato de Amonio por árbol en enero-febrero y la misma cantidad en septiembre-octubre. También debe aplicarse 125 gramos (4.4 onzas) de 20-20-0 por árbol en mayo-junio.

Grupo 3. Aplicar 37 gramos (1.3 onzas) de Nitrato de Amonio por árbol en enero-febrero y la misma cantidad en septiembre-octubre. También debe aplicarse 165 gramos (6 onzas) de 15-15-15 por árbol en mayo-junio.

Grupo 4. Aplicar 50 gramos (1.75 onzas) de Nitrato de Amonio por árbol en enero-febrero y la misma cantidad en mayo-junio y septiembre-octubre. Además aplicar 85 gramos (3 onzas) de Cloruro de Potasio por árbol en mayo-junio.

Grupo 5. Aplicar 95 gramos (3.3 onzas) de 18-9-18 por árbol en enero-febrero y la misma cantidad en mayo-junio y septiembre-octubre.

Encalado

El encalado es generalmente recomendado en suelos con pH menor que 5.0 y valores de Aluminio (Al) intercambiable mayores de 1.5 cmol(+)/kg. Se recomienda la aplicación de cal dolomítica a razón de 100 gramos/árbol/año según lo muestra el mapa de la Figura 4.1, para suplir de Calcio (Ca) y Magnesio (Mg) a la planta. Se recomienda aplicar la cal en una banda circular alrededor del árbol una vez al año.

PLANES PARA EL FUTURO

En un mínimo de tres a cuatro fincas por agencia se recomienda establecer los cinco grupos de recomendaciones de fertilización antes mencionados y, colectar datos de cosecha. También, es necesario realizar análisis de suelos y foliares por un período mínimo de dos años.

RESUMEN

El presente estudio de caracterización de desarrolló en la región cafetalera de Santa Bárbara, localizada al Noroeste del país. Geográficamente está ubicada entre los 14^{0}35' y 15^{0}30' latitud Norte y entre los 88^{0}01' y 88^{0}45' longitud Oeste.

En base a la distribución espacial de los suelos y de clima, se realizó un muestreo de suelos y foliar en 616 fincas de la región. Las muestras se analizaron el Laboratorio de Química Agrícola de la FHIA y los resultados se interpretaron de acuerdo a criterios establecidos para fertilidad y nutrición del cultivo de café. finalmente, se determinaron y delinearon los dominios zonales de fertilización, dando como resultados un total de cinco grupos de dosis de aplicación de fertilizantes (Nitrógeno-Fósforo-Potasio) para las diferentes áreas cultivadas con café.

LITERATURA CITADA

Carvajal, J.F. (1984). Cafeto. Cultivo y Fertilización. Instituto Internacional de la Potasa. Berna, Suiza.

Dirección Ejecutiva del Catastro (1988). Estudio de Suelos a Reconocimiento del Departamento de Santa Bárbara. Tegucigalpa, D.C., Honduras, C.A.

De Geus, J.G. (1967). Fertilizer Guide for Tropical and Subtropical farming.

Enriquez, G.A. (1985). Guía para la Interpretación de Análisis de Suelos en Cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica.

Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) (1989). Caracterización Físico-Ambiental de la Región Cafetalera de Santa Bárbara, Honduras. Informe Final. La Lima, Cortés, Honduras, C.A.

Valencia, G. y F. Carrillo (1983). Interpretación de Análisis de Suelos para Café. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Chinchiná, Caldas.

Zantua, M.I. (1988). Experimentos de Fertilización de Café en Honduras. Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. La Lima, Cortés, Honduras, C.A.

Zúniga Andrade, E. (1982). Clasificación del Clima de Honduras. Tegucigalpa, D.C., Honduras, C.A.

Correlación y Calibración de Soluciones Extractoras en Cuatro Grupos de Suelos de Costa Rica (Andisoles, Inceptisoles, Vertisoles y Ultisoles)

Carlos Henríquez, Gilberto Cabalceta, Eloy Molina y Arnoldo Gadea[1]

INTRODUCCION

El análisis químico de suelos, es el instrumento más importante con que cuenta el agricultor para definir las labores de fertilización y aplicación de enmiendas al suelo de una forma más eficiente.

Es de vital importancia que los resultados obtenidos en los laboratorios de suelos sean comparados con niveles críticos que indiquen en forma precisa la respuesta de un cultivo a la aplicación de fertilizantes y enmiendas al suelo.

La interpretación del análisis de suelo se basa pues en estudios de correlación y calibración con la respuesta de las plantas a la aplicación de una cantidad adecuada del nutrimento (Figura 1).

Por otro lado, un método de laboratorio que ha sido calibrado (nivel crítico conocido), debe indicar no sólo el porcentaje de suficiencia del nutrimento en el suelo, sino también el posible comportamiento de éste en diferentes cultivos para una máxima producción. También se debe tomar en cuenta que la concentración actual del elemento, la cual es determinada por los métodos de rutina de laboratorio, no es un criterio absoluto, sino que puede ser modificada por varios factores que deben también ser tomados en cuenta (Figura 2).

Debido a ciertos factores como son: la variedad de grupos de suelos que poseen importancia agrícola en Costa Rica, la dinámica de los nutrimentos en el suelo, la respuesta diferente de cada cultivo a diversos niveles de nutrimentos y, la gran variedad de soluciones extractoras utilizadas en todo el mundo, se plantea la necesidad de realizar un estudio de correlación y calibración de soluciones extractoras a nivel de grupos de suelos de importancia agrícola para Costa Rica, con el fin de reafirmar el uso de las soluciones extractoras actualmente usadas (Olsen Modificado y KCl principalmente) o bien proveer nuevos extractantes que demuestren mejores resultados que las anteriores.

Debido a la relevancia del tema a nivel nacional, y lo vasto del experimento, se plantea para su realización, el esfuerzo integrado de varios investigadores del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica.

[1] Laboratorio de Suelos, Centro de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

Características de una solución extractora

Para que una solución extractora sea eficiente debe extraer todas o gran parte de las formas de nutrimentos en el suelo que están disponibles para la planta; las cantidades extraídas por la solución usada, deben tener una buena correlación con la absorción en la planta y el crecimiento vegetal; y el método de laboratorio que involucre a esta solución, debe ser rápido, preciso y con un costo de ejecución bajo (Bray, 1948 citado por Havlin y Soltanpour, 1982; Duthion, 1968).

Una solución extractora que cumpla estas características, está en la posibilidad de diagnosticar la fertilidad de un suelo y la necesidad de nutrimentos por los cultivos, haciendo referencia a lo que el cultivo requiere y lo que el suelo es capaz de proveer (Figura 1).

Existen gran cantidad de soluciones extractoras que bajo ciertas condiciones cumplen con estos requisitos, sin embargo, es difícil encontrar un extractante universal que sirva para todos los nutrimentos y en diversas condiciones de clima y suelo.

Fases de un estudio de calibración

La secuencia lógica para realizar un estudio de calibración, comprende los siguientes pasos:

-elección de las soluciones extractoras más promisorias.

-calibración de las soluciones extractoras mediante estudios de invernadero, a nivel de grupos de suelos (Vertisoles, Andisoles, Ultisoles, Inceptisoles, etc.).

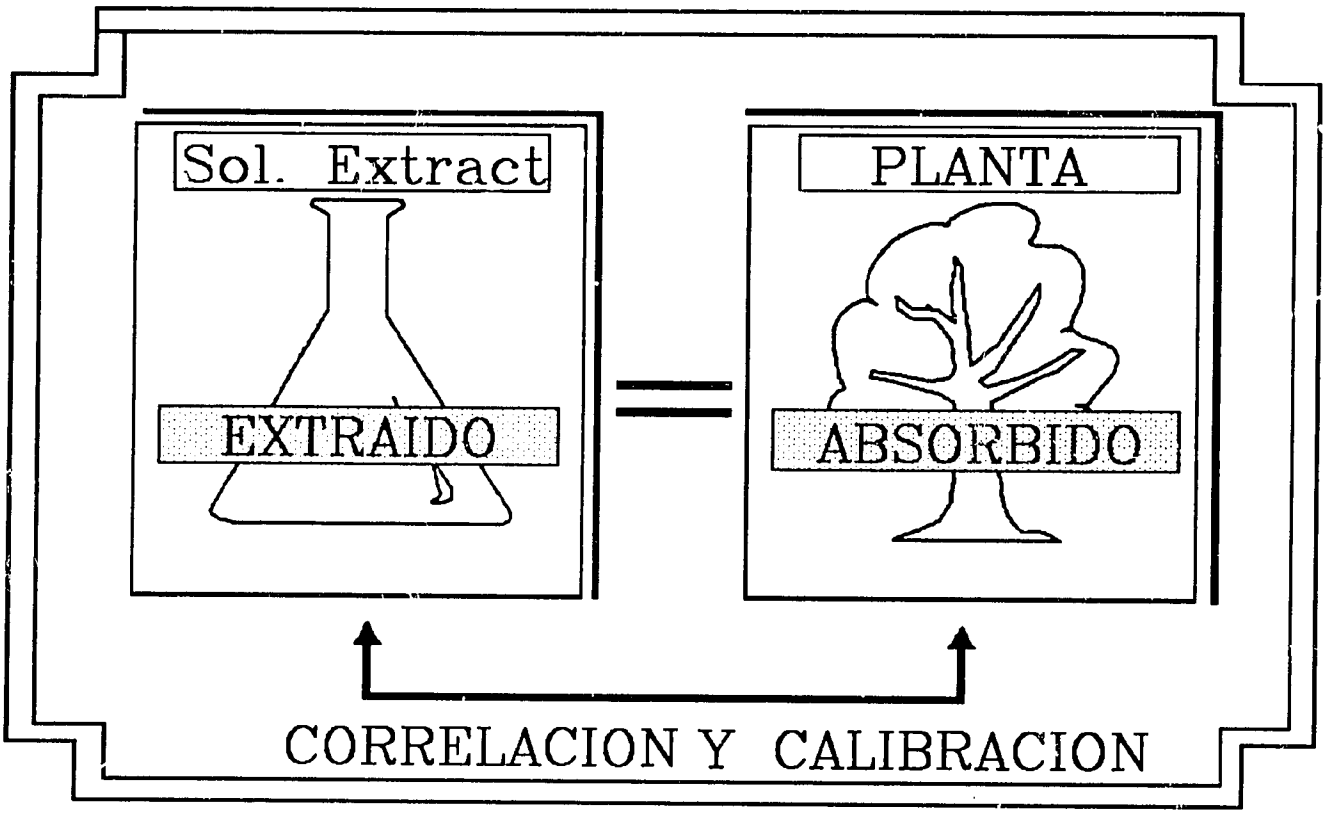
-calibración de los niveles críticos de elementos encontrados usando cultivos específicos en diferentes condiciones de suelo.

Las soluciones más utilizadas en los laboratorios de Costa Rica son el Olsen Modificado y el KCl 1N, con los cuales se puede determinar conjuntamente bases intercambiables, elementos menores, P y acidez intercambiable (Díaz-Romeu y Hunter, 1978).

En el caso del P existen varios métodos que han probado ser efectivos, dentro de los que destacan Bray I, Bray II, Carolina del Norte, Morgan, Olsen, y Olsen Modificado (Olsen *et al.*, 1954; Hunter, 1975; Kamprath y Watson, 1980). En el caso de Olsen Modificado, la adición de EDTA, permitió extraer elementos menores, sin embargo, han sido realizados pocos trabajos en lo que se refiere a la calibración de ellos (Kohman y Cox, 1980).

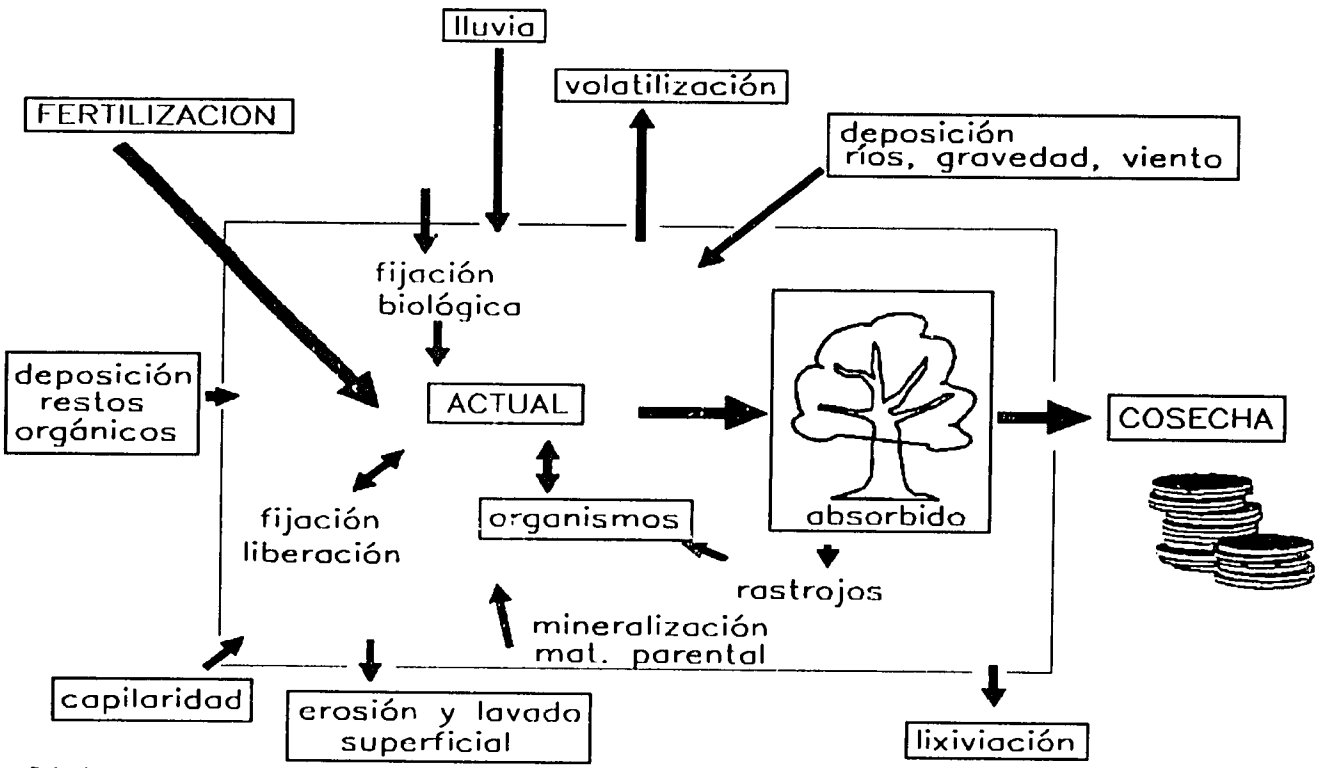
La solución Morgan, que inicalmente fue propuesta para extraer P y bases intercambiables, fue modificada adicionándole DTPA, para extraer más eficientemente elementos menores (Morgan, 1941; Wolf, 1982); la solución tiene el inconveniente de que no es recomendable para suelos alcalinos ricos en carbonatos libres y con CIC > 35 cmol(+)/L (Jones y Wolf, 1984).

Recientemente, se ha propuesto el uso de la solución Mehlich III como extractor universal (Mehlich, 1984; Hanlen y Johnson, 1984).



CORRELACION Y CALIBRACION: comparación entre los datos de laboratorio y el factor planta (Henriquez, 1998).

Figura 1. Correlación y calibración: comparación entre los datos de laboratorio y el factor planta.



Principales factores que afectan la concentración actual de los elemento en el suelo (Henriquez, 1998).

Figura 2. Principales factores que afectan la concentración actual de los elementos en el suelo dentro de un sistema productivo (esquema general).

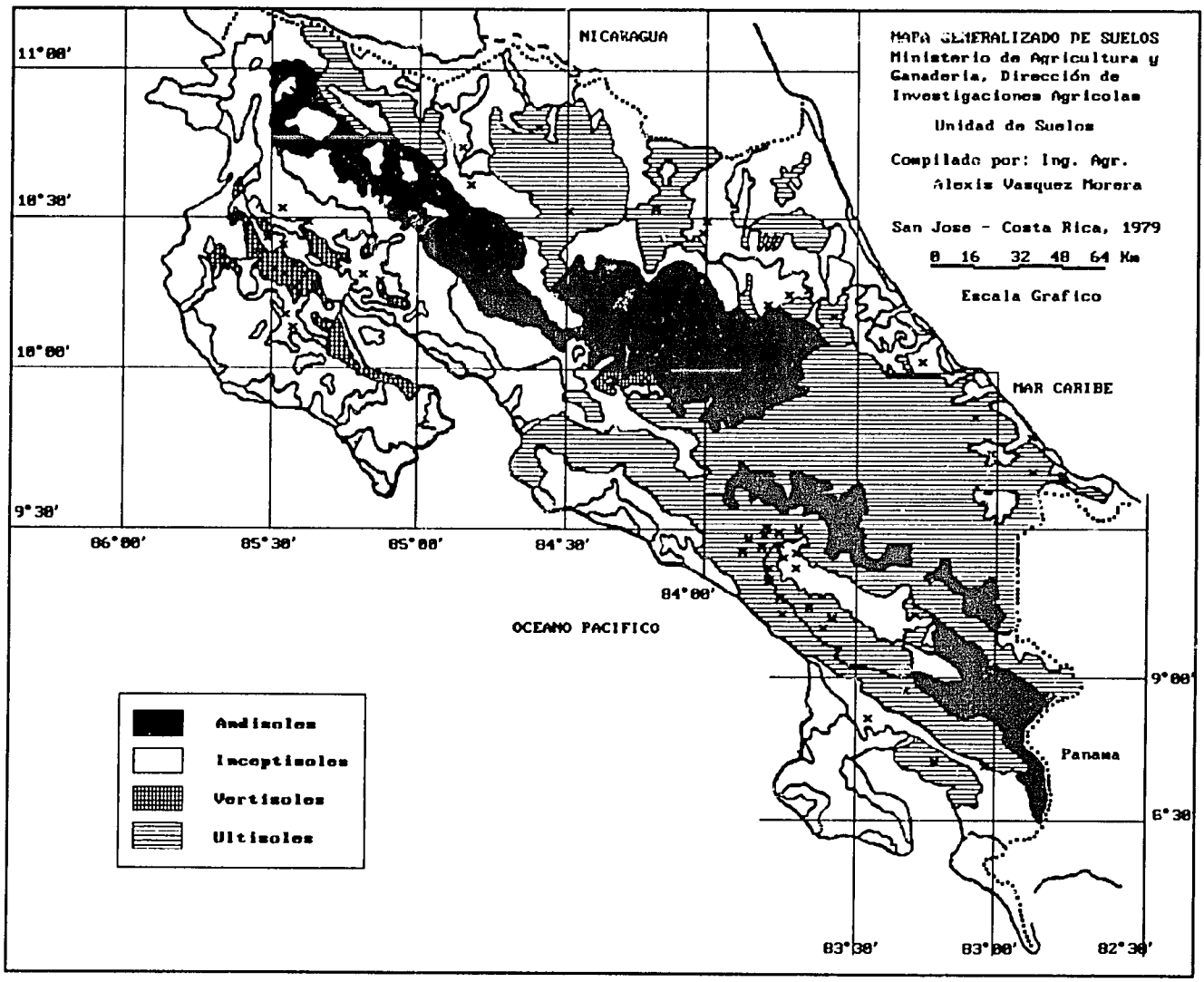


Figura 3. Mapa de Costa Rica. Distribuición de los puntos de muestreo y el área aproximada de los órdenes de suelo del estudio.

Conceptos Básicos

Nivel crítico Es la concentración o valor mínimo de un determinado nutrimento, superior al cual no hay respuesta al rendimiento estudiado y por el contrario, a niveles inferiores a este valor, son altas las posibilidades de respuesta a ese elemento.

Correlación Es la simple asociación o relación entre el nutrimento extraído por la solución y el realmente asimilado por la planta, obtenido con base en resultados experimentales realizados en invernadero y/o campo.

Calibración Es la acción de dar una interpretación al valor del análisis de suelos con relación a la variable de rendimiento (tanto en su valor absoluto como en su valor relativo).

MATERIALES Y METODOS

Se eligieron 100 sitios de muestreo, que representaran a los 4 órdenes de suelo de mayor importancia en Costa Rica (Andisoles, Vertisoles, Ultisoles e Inceptisoles) (Figura 3). Las muestras fueron tomadas de los primeros 20cm de profundidad y en cantidad suficiente para una prueba de invernadero y pruebas de laboratorio.

Previo a la prueba de invernadero se hicieron en el laboratorio extracciones a todos los suelos, utilizando diferentes soluciones extractoras para los nutrimentos más importantes (Cuadro 1). Además se realizaron correlaciones entre soluciones extractoras para cada elemento (Figuras 4 y 5).

RESULTADOS Y DISCUSION

Debido al estado de la investigación los resultados aquí descritos son muy preliminares. A manera de ejemplo, en las Figuras 4 y 5 se muestra la relación encontrada para K con tres de las soluciones usadas para este elemento (Olsen Modificado, Acetato de Amonio 1N y Mehilch III) a nivel de los cuatro ordenes estudiados. Como se observa en la Figura 4 las correlaciones fueron en todos los casos mayores de 0.90 y altamente significativas; se encontró, además, que el valor de 0.20

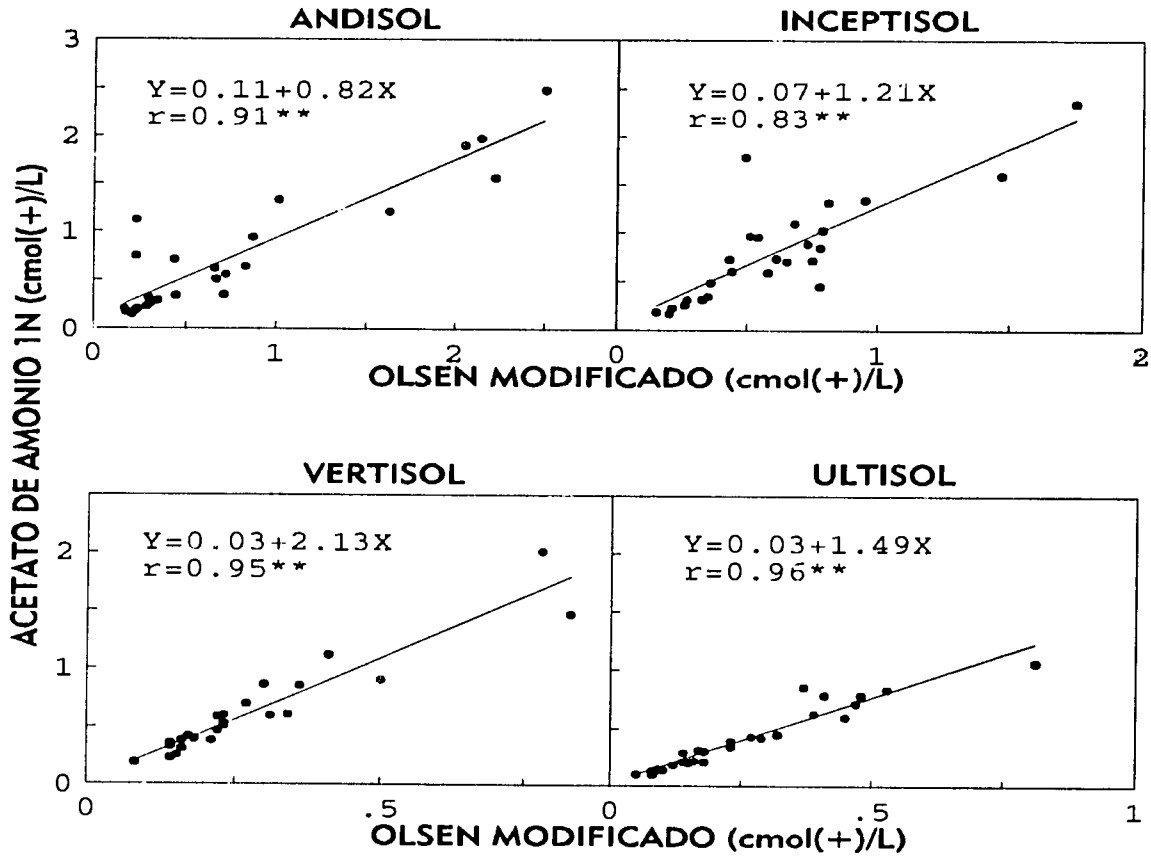


Figura 4. Relación entre el K extraído por Olsen Modificado y el Acetato de Amonio 1N a nivel de cuatro órdenes de suelos de Costa Rica.

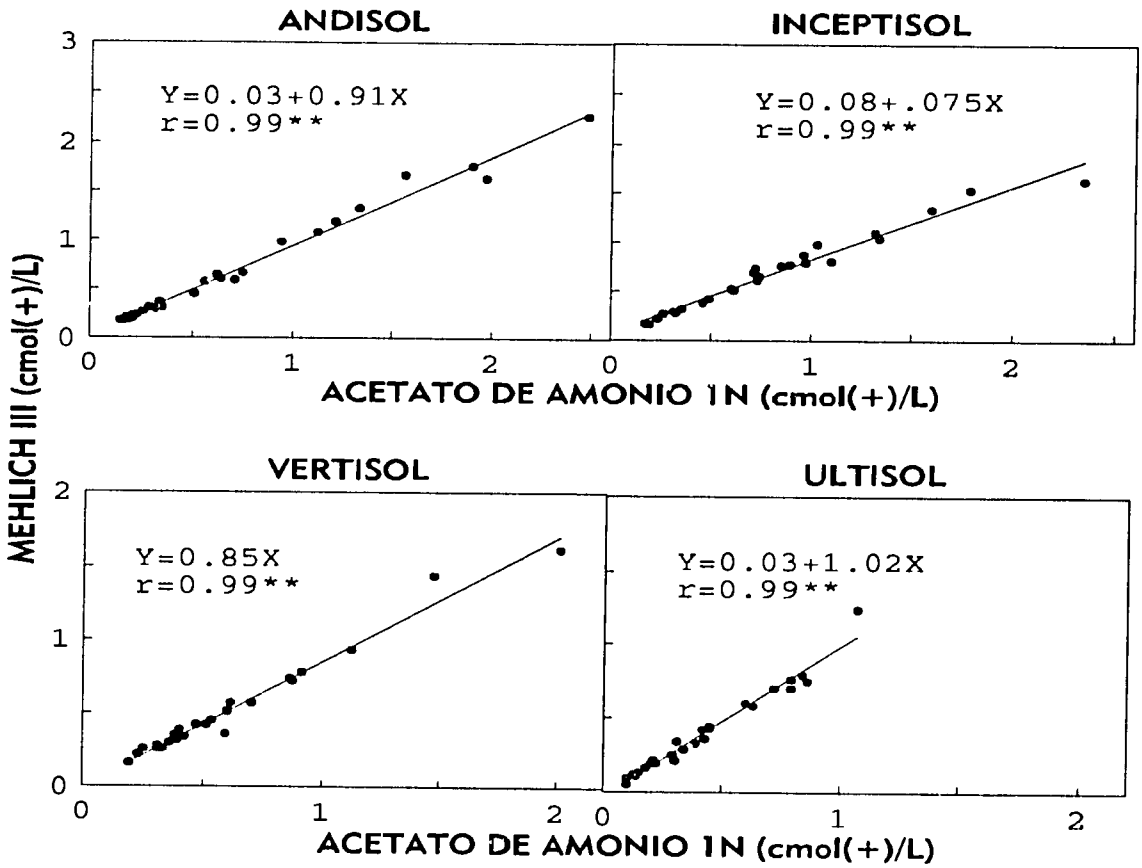


Figura 5. Relación entre el K extraído por Acetato de Amonio 1N y la solución Mehlich III a nivel de cuatro órdenes de suelos de Costa Rica.Cuadro 1. Soluciones extractoras utilizadas.

Cuadro 1. Soluciones extractoras utilizadas.

Soluciones Extractoras	Elementos Extraidos								
	Ca	Mg	K	Cu	Mn	Zn	Fe	P	S
Olsen Modif.				*	*	*	*	*	
Mehlich III	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Morgan	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Acet. Amon. 1N	*	*	*						
KCl 1N	*	*							
Acid. Nitri. 1N			*						
DTPA				*	*	*	*		
HCl 0.1N				*	*	*	*		
Fosfato de Ca									*
Fosfato de K									*

cmol(+)/L usado como nivel crítico para el K, correspondió a diferentes valores de K intercambiable extraído con Acetato de Amonio 1N en cada orden estudiado (según la ecuación de regresión). Lo anterior sugiere que aún este nivel crítico de 0.20 cmol(+)/L en Olsen Modificado, puede ser variado de acuerdo al orden de suelo; luego la fase que prosigue será hacer calibraciones de estos niveles a nivel de cultivos específicos.

Procedimientos similares se realizaran a nivel de los otros 8 elementos estudiados.

Prueba de Invernadero

Con base en los resultados preliminares de laboratorio (datos en proceso), se plantea para la prueba de invernadero, dos dosis (con y sin la aplicación del elemento) para todos los elementos en forma individual; de esta forma el experimento se ejecutará en etapas que cubren:

-Bases (Ca, Mg y K)
-Cu, Mn, Zn y Fe
-B y S.

Se usarán potes de 500ml usando sorgo como planta indicadora a densidad de 10 plantas por pote. El experimento estará distribuído en un diseño de bloques completos al azar, repetido 4 veces.

Se pretende al final del experimento de invernadero obtener una población de datos de rendimiento (peso seco) a diferentes valores de cada uno de los elementos, que permitan definir niveles críticos optativos en los diferentes grupos de suelos estudiados, aplicando la técnica de Cate y Nelson.

PLANES FUTUROS

Debido al estado actual de la investigación, los planes futuros son: completar la fase de invernadero y proseguir con la calibración a nivel de campo, utilizando para ello, cultivos específicos en diversas zonas de Costa Rica.

LITERATURA CITADA

Díaz-Romeu, R.; Hunter, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 68 p.

Duthion, C. 1968. El potasio en el suelo. Revista de la Potasa 4(43):1-21.

Havlin, J.L.; Soltanpour, P.N. 1982. Greenhouse and field evaluation of the NH_4HCO_3-DTPA soil test for Fe. Journal of Plant Nutrition.

Hunter, A. 1975. Nuevas técnicas y equipo para análisis de suelos de rutina. En Bornemisza, E. y Alvarado, A. (eds.). Manejo de suelos de América Tropical. Raleigh, North Carolina State University. p. 467-483.

Jones, J.B.; Wolf, B. 1984. Manual of soil testing procedure using modified (Wolf) Morgan extracting reagent. Athens, Georgia, Benton laboratorius. 61 p.

Kamprath, E.J.; Watson, M.E. 1980. Conventional soil and tissue test for assessing the phosphorus status of soils. En Khassawneh, F.E. et al. (eds.). The role of phosphorus in agriculture. Madison, Wisconsin, ASA. p. 471-514.

Mehlich, A. 1984. Mehlich 3 soil extractant: a modification of Mehlich 2 extractant. Comunications in Soil Science and Plant Analysis 15:1409-1416.

Morgan, M.F. 1941. Chemical soil diagnosis by the universal testing system. Connecticutt Agricultural Exp. Sta. Bull. 450p.

Olsen, S.R.; Cole, C.V.; Watanabe, F.S.; Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA circular. 939 p.

Rhoman, P.C.; Cox, F.R. 1988. Evaluation of the modified Olsen extraction reagent for copper, zinc and manganese. Comm. Soil Science and Plant Analysis 19(16):1859-1870.

Wolf, B. 1982. An improved universal extrcting solution and its use for diagnosing soil fertility. Comm. Soil Science and Plant Analysis 3(12):1005-1033.

Adelantos Recientes en FCC

S.W. Buol[1]

INTRODUCCION

El Sistema de Clasificación por Fertilidad y Capacidad (FCC) fue desarrollado como un intento de relacionar propiedades medibles del suelo con técnicas de manejo agronómico. Conceptualmente, el sistema se basa en que el éxito de una técnica de manejo de suelos depende en gran parte de las condiciones del suelo donde la técnica es usada. Por consiguiente, los grupos de suelo creados usando criterios FCC pueden ser comparados con técnicas específicas de manejo. Si la técnica de manejo en cuestión ha sido demostrada ser efectiva en otras localidades en suelos con las mismas características FCC, es probable que la misma técnica, en principio, sea exitosa en la localidad en cuestión.

En la mayoría de aspectos, los criterios del sistema FCC fueron establecidos debido a que los autores notaron que los especialistas en manejo de suelos alteraron sus recomendaciones al observar estas propiedades del suelo. Probar en condiciones de campo todos los criterios del sistema FCC sería prohibitivamente extenso y caro. Por lo tanto, el sistema debe ser tratado como un sistema en desarrollo, sujeto a actualización y mejoramiento en la medida que los científicos de suelo y agrónomos ganan experiencia en la aplicación de técnicas de manejo de suelos.

REVISION DE LITERATURA

El sistema FCC se origina en un intento de interpretar resultados de ensayos con fertilizantes basados en análisis de suelo. A menudo, suelos con los mismos valores de análisis de suelo responden en forma diferente a los niveles recomendados de aplicación de fertilizantes. De esta manera, los resultados de nuestros estudios han sido publicados en varios foros, de los cuales los siguientes son probablemente los más informativos: Buol *et al.*, 1973; Sánchez *et al.*, 1982; y Buol, 1987. La más reciente contribución significativa para el sistema es la de Smith (1989). En su tesis de doctorado, Smith cita cerca de 400 publicaciones de las cuales el obtuvo datos de respuesta de cultivos al manejo de fertilizantes en propiedades de suelo definidas. Asimismo, el Dr. Smith usa datos de caracterización de suelos para ensayar y comparar diferentes métodos de laboratorio usados para caracterizar suelos.

Como un resultado de su trabajo, ligeros cambios fueron hechos en los límites de clase usados para definir los grupos FCC. Estos cambios no alteraron sustancialmente los grupos previamente establecidos. Sin embargo, el mencionado autor establece límites de clase que separan suelos de zonas templadas, en donde las prácticas de manejo son forzadas para propiciar un cambio en la temperatura estacional, de la mayoría de suelos en los trópicos; adicionalmente, provee información para el reconocimiento de suelos áridos y extremadamente fríos previamente no reconocidos en el sistema FCC.

El presente artículo discute estas recientes modificaciones del sistema FCC y presenta brevemente las razones fundamentales por los nuevos grupos FCC.

Modificaciones del Sistema FCC

Tipos Superficiales:

Tipos S (arenoso) incluyen arenas gruesas, arenas, arenas finas, arenas muy finas y suelos franco arenoso.

Tipos L (franco) incluyen todas las otras texturas con un contenido de arcilla menor de 35%.

Tipos C (arcilloso) son suelos con texturas con 35% o más de arcilla.

Tipos O (orgánico) tienen más de 20% de materia orgánica pero no contienen 2.5% o más de Al extractable por oxalato de amonio. Horizontes superficiales con cantidades mayores a 2.5% de Al extractable por oxalato son tipificados con superficies minerales y reconocidos por el modificador *x (amorfo)*.

Tipos Sub-superficiales:

Si el material superficial cambia a otro tipo en los primeros 50 cm, son reconocidos tipos sub-superficiales. Los criterios son los mismos que para tipos superficiales pero adicionalmente se reconocen dos tipos sub-superficiales, R (roca), son reconocidos. El *Tipo R* es duro, endurecido, material restrictivo para raíces que no puede ser desmenuzado o arado. El *Tipo R*⁻ designa una capa restrictiva para raíces que puede romperse mediante aradura con maquinaria pesada.

Modificadores de los Tipos

Cualquiera de los tipos superficiales y sub-superficiales pueden ser modificados por el uso de un apóstrofe (') en la siguiente forma: a) un apóstrofe (') si el material contiene de 15 a 35% en volumen de fragmentos duros de 2 mm a 25 cm de diámetro; b) doble apóstrofe (") si más de 35% del volumen es material duro de 2-25 cm de diámetro; y c) triple apóstrofe (''') si más de 15% del volumen esta compuesto por roca de más de 25 cm de diámetro haciendo impráctica la remoción de la roca.

Modificadores

Modificador a (aluminio): Este modificador es usado si alguna parte de los primeros 50 cm de suelo contiene

[1] Profesor de Suelos, Departamento de Suelos, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695-7619.

material con más de 60% de saturación de Al por CICE (capacidad de intercambio de cationes efectiva). Si esta medida no es disponible, puede usarse una saturación de bases de 12% o menos a pH 7, o 8% o menos por el método de suma de cationes (pH 8.2). En ausencia de datos de iones intercambiables, un valor de pH (1:1 H_2O) de 4.6 o menor puede ser tomado como criterio. Se indica que valores de CICE son considerados como el más deseable criterio. Un modificador a es usado en material O (orgánico) si el pH en agua es 4.2 o menor o el pH en KCl (1:1) es 3.8 o menor.

Modificador h (hidrógeno): Este modificador es usado si cualquier material de suelo en los primeros 50 cm tiene una saturación de Al (CICE) entre 10 y 60%. Una saturación de bases entre 12 y 40% (NH_4OAc a pH 7) puede substituir la medida de saturación de Al. En ausencia de estas medidas, también pueden usarse valores de pH entre 4.6 y 5.4 (1:1 H_2O). En material orgánico (O) un pH en agua entre 4.2 y 4.6 o pH en KCl entre 3.8 y 4.2 es designado h.

Modificador c (cat clay): Si dentro de los 50 cm de suelo, cristales de pirita son observados o si después de repetidos períodos de humedecimiento y secado, el pH disminuye a menos de 4.0 en agua (3.5 si es orgánico), es usado el modificador c. Generalmente, estos suelos ocurren cerca de los océanos y son clasificados como Sulfaquepts o Sulfahemists. Suelos ácido-sulfatados potenciales pueden resultar de desechos de minas, pero no son muy comunes.

Modificador b (básico): Este modificador es usado si los primeros 20 cm de suelo tienen más de 0.5% de carbonatos libres. Pruebas en el campo con HCl 1N para observar efervescencia son usualmente suficiente, o un pH (1:1 H_2O) arriba de 7.3 puede ser usado cuando se trabaja con datos de laboratorio. Carbonatos libres pueden indicar deficiencias de ciertos micronutrientes; deben usarse solamente procedimientos para análisis de suelos no ácidos.

Modificador s (sal): Usado para suelos con una conductividad eléctrica (EC) de 4 mmhos cm^{-1} o más en los primeros 100 cm de profundidad. La tolerancia a sales solubles entre los cultivos varía grandemente. Un tipo s- es usado si el EC esta entre 2 y 4 mmhos/cm en los primeros 100 cm de suelo para identificar problemas en plantas sensitivas a sales.

Modificador n (nátrico-sodio): El modificador n designa suelos con 15% o más de Na intercambiable (ESP) dentro de los primeros 50 cm de la superficie o una relación de adsorción de sodio del extracto de suelo saturado (SAR) de 13 o más. Valores de pH del suelo (1:1 H_2O) mayores de 8.5 son también indicativos de esta condición. Un contenido de sodio intercambiable (ESP) entre 6 y 15% pueden indicar la necesidad de controles preventivos de calidad de agua para irrigación. Si esta condición está presente en los primeros 50 cm, un modificador n- es usado siempre y cuando las condiciones s o s- no estén presentes.

Modificador e (intercambio): Una baja capacidad de intercambio de cationes requiere un manejo más cuidadoso en cuanto a cantidad y época de aplicación de fertilizantes. El modificador e es usado para indicar la falta de capacidad tampón en suelos ácidos, como son aquellos con modificadores a o h con CICE menores de 2 cmol(+)/kg de suelo en los primeros 20 cm si el suelo no ha sido encalado, o menos de 4 cmol(+)/kg si el suelo está encalado. Si sólo valores de CIC a pH 7 (método de NH_4OAc) están disponibles, valores de menos de 5 cmol (+)/kg sin encalar o 7 cmol(+)/kg encalado, pueden ser utilizados con una confianza razonable.

Modificador i (fijación de fósforo por Fe): Si dentro de los primeros 20 cm de la superficie, un suelo tiene 4% o más de Fe "libre" extractable por citrato-bicarbonato-ditionato (CBD), es probable que grandes cantidades de P puedan ser adsorbidas dejando poco disponible para las plantas. Por lo tanto, una inversión inicial para superar la fijación de P debe ser planeada antes de cultivar estos suelos. Sin datos de laboratorio, suelos con más de 35% de arcilla en los 20 cm superficiales y con un color 5YR o más rojo, reciben esta designación. Si un suelo reúne los criterios del modificador i, es posible que prácticas de manejo en el pasado puedan haber incluido aplicaciones masivas de fertilizantes fosfatados y permanentemente hayan modificado esta condición. Un análisis de niveles de P utilizando el método Mehlich 1 de 10 mg/kg o más en estos suelos, o la observación de buenas cosechas en los últimos años designan el suelo como i- para indicar una condición corregida *en ese suelo*.

Modificador x (amorfo): Fijación de P por minerales de corto rango, ricos en Al presentan severos problemas de manejo. Si un suelo dentro de los 20 cm superficiales requiere más de 1900 ug P/g de suelo para conseguir 0.1 mg/kg en solución (Fox y Kamprath, 1970), se considera como un buen criterio para identificación por el modificador x. Materiales con valores de retención de P de 90% o más por el método de Blakemore *et al.* (1981) o que tienen contenidos de Al extractable por oxalato de amonio de 2.3% o más, son también buenos indicadores de esta condición. Si datos de laboratorio no son disponibles, valores de pH en NaF (Alvarado y Buol, 1985) de 10.5 o más, son estimados confiables para esta condición. A diferencia del modificador i, adiciones de P en materiales ándicos o espódicos identificados por el modificador x, son fijados en forma no disponible necesitándose grandes aplicaciones anuales para los cultivos.

Modificador x- (amorfo-reducido fijación de P): Este modificador identifica suelos con fijación de P menor que para los modificadores i o x. Por consiguiente, los criterios para i y x deben ser chequeados primeramente y si cualquiera de los dos son encontrados, x- no debe usarse. El criterio para el modificador x- es un suelo que retiene P de 100 a 1000 mg/kg de suelo en los 20 cm superficiales

suministrando un valor crítico de P en la solución suelo (Fox y Kamprath, 1970) o que tiene entre 30 y 90% de retención de P por el método de Blakemore *et al.* (1981). Contenidos de Al extractable por oxalato de amonio entre 0.2 y 2.3% son también indicativos de esta condición. El modificador x- identifica suelos con requerimientos altos, pero no prohibitivos, de fertilizantes fosfatados por año.

Modificador k (potasio): Un bajo potencial de abastecimiento de K del suelo es mejor identificado mediante una apropiada clasificación de suelos en Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1975). Quartzipsamments, familias silíceas de sub-grupos árenicos y grossarénicos y suelos que tienen ambos criterios para los modificadores i y e definidos por FCC, están en este grupo. Donde estos datos no estan fácilmente disponibles, valores de análisis de suelo pueden ser utilizados. Suelos arenosos y orgánicos con valores de K intercambiable menores de 0.14 cmol (+)/kg o tipos francos con valores menores de 0.24 cmol (+)/kg deben ser considerados para el modificador k. Es difícil de predecir el potencial de deficiencia de K en suelos arcillosos pero valores menores de 0.35 cmol(+)/kg en arcillas ácidas o menores de 0.45 cmol(+)/kg en arcillas básicas, deben ser identificados por el modificador k. Todos estos valores son valores promedio a una profundidad de 20 cm.

Modificador v (vertic): Cuando la capa arable tiene cantidades altas de arcillas expandibles 2:1, es deseable utilizar técnicas especiales de manejo. Cualquier suelo clasificado como Vertisol debe ser identificado por el modificador v. Si los 20 cm superficiales en sub-grupos vérticos de otros suelos promedian más de 30% de arcilla, también son considerados por este modificador. La medida más confiable para esta condición es un valor de coeficiente de extensibilidad linear (COLE) mayor de 0.06 en los 20 cm superficiales.

Modificadores d y d± (seco): Identifican suelos en donde la falta de lluvias naturales limitan la producción de cultivos durante el tiempo en que las temperaturas para el crecimiento de las plantas son adecuadas. El modificador d± es equivalente a los regímenes de humedad del suelo árido o tórrido en Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1975). En términos prácticos, la producción de cultivos no es posible sin suplemento de agua. El modificador d identifica los regímenes ústico o xérico indicando que uno o dos cultivos por año son posibles sin irrigación.

Modificadores g y g± (gley): Ambos modificadores indican que condiciones de saturación de suelos limitan el crecimiento de cultivos si no se provee drenaje artificial. El modificador g± indica saturación en la superficie en la mayor parte del año de tal manera que todos los horizontes tienen croma bajo (por ejemplo, <2) como color dominante. La condición g, se considera *después* de considerar los criterios g±, en suelos pobremente o algo pobremente drenados, que tienen colores con bajo croma presentes en los 50 cm superficiales. En Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1975) estos suelos son los subórdenes "Aqu" (como son, Aquults, Aquox, Aquolls, Aquents, etc.).

Modificadores t y t± (temperatura): En suelos donde las fluctuaciones estacionarias de temperatura limitan la época de crecimiento de los cultivos, el rango para las opciones de manejo están restringidas. Las primeras versiones del sistema FCC se enfocaron solamente a áreas tropicales en donde las temperaturas promedio del suelo en invierno y verano no diferían por más de 5° C. Smith (1989) encontró necesario identificar suelos con limitaciones de temperatura estacionaria para facilitar el agrupamiento de suelos para mejor precisión en recomendaciones de manejo. El modificador t± identifica aquellas áreas en donde las temperaturas de congelamiento prohiben aún la producción de hortalizas de grano o baya de ciclo corto. Este modificador incluye suelos con regímenes de temperatura promedio anual (MAST) < 10° C en latitudes tropicales y suelos con permafrost en latitudes polares. El modificador t identifica suelos cryic, frigid, mesic y thermic en Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1975). Por lo tanto, suelos hipertérmicos (no-iso) reciben los modificadores t o t±. Suelos isohipertérmicos, isotérmicos e isomésicos en los trópicos no reciben el modificador t.

SUMARIO

La revisión extensiva del sistema FCC publicado previamente, aunque no altera el concepto del sistema, provee grupos de suelos mejor definidos en relación a las recomendaciones que puedan hacerse. Como con cualquier sistema de clasificación, FCC no puede compensar la información defectuosa o los datos inadecuados. El sistema puede proveer un sistemático agrupamiento de suelos de acuerdo con sus propiedades, las que han sido identificadas como críticas para decisiones de manejo. Provee también una útil lista de chequeo con la que un agrónomo puede sistemáticamente evaluar un determinado suelo en relación a sus propiedades. Con la identificación por el sistema FCC, el agrónomo puede tener acceso a experiencia de manejo que otros hayan tenido en suelos similares. El sistema, entonces, provee una identificación de propiedades del suelo agronómicamente relacionadas, que definen las condiciones del suelo presentes en los lugares donde se conduce investigación, de tal manera que otros pueden aprender más fácilmente los resultados experimentales obtenidos.

El trabajo completo de Smith (1989) está actualmente siendo preparado para una más extensiva distribución, pero esto tomará algún tiempo. Se espera que esta breve presentación resuma los más recientes intentos para mejorar el sistema FCC. Como con todos los sistemas de clasificación, debe adaptarse y sufrir cambios para incorporar los nuevos avances de investigación. La clasificación no es ciencia, debe seguir a la ciencia.

LITERATURA CITADA

Alvarado, A. y S.W. Buol. 1985. Field estimate of phosphorus retention by Andepts. Soil Sci. Soc. Am. J. 49:911-914.

Blakemore, L.C., P.L. Searle, y B.K. Daly. 1981. Soil bureaus laboratory method. A: Methods for chemical analysis of soils. New Zealand Soil Bureau. Sci. Rept. 10A DSIRO, New Zealand.

Buol, S.W., P.A. Sánchez, R.B. Cate, Jr., y M.A. Granger. 1973. Soil fertility capability classification. p. 126-141 En E. Bornemiza y A. Alvarado (eds.) Soil management in Tropical America. North Carolina State University, Raleigh.

Buol, S.W. 1987. Fertlility capability classification system and its utilization. p.317-331. En M. Latham (ed.) Proceedings of the First Regional Seminar on Soil Management Under Humid Conditions in Asia: Asialand, October 13-20, 1986. International Board of Soils Research and Management, Bangkok, Thailand.

Fox, R.L. y E.J. Kamprath. 1970. Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirements of soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 34:902-907.

Sánchez, P.A., W. Couto, y S.W. Buol. 1982. The fertility capability soil classification system: interpretation, applicability and modification. Geoderma 27:283-309.

Smith, C.W. 1989. The fertility capability classification system (FCC)-3rd approximation: a technical soil classification system relating pedon characterization data to inherent fertility characteristics. Tesis del Ph.D., North Carolina State University, Raleigh, NC.

Soil Survey Staff. 1975. Soil Taxonomy. Agr. Handbook No. 436. USDA-SCS.

Resumen de la Sesion Sobre Capacidad de Uso de la Tierra

Alfredo Alvarado[1]

Sobre el tema disertaron cuatro expositores, empleando variados enfoques para estimar la capacidad del uso de la tierra, principalmente considerando las limitantes de fertilidad encontradas en suelos de América Latina y en particular en Panamá, Honduras y Costa Rica.

El trabajo del Ing. S. Jaramillo con Dystropepts de Panamá, combina el sistema diseñado por Buol *et al.* con aspectos de pendiente, erosión y pedregosidad. Las veinte unidades de mapeo, definidas por relieve en terrazas, colinas y montañas, permiten dividir las tierras en superficies con una constante de fertilidad definida como Caik (suelos arcillosos con problemas de acidez por Al, exceso de Fe y falta de K); en adición, los suelos muestran niveles bajos de Ca y Mg deficiencias no consideradas en el sistema de clasificación de Buol *et al.* Solamente dos unidades de mapeo mostraron alguna diferencia, clasificándose como LC (suelos de textura franca sobre arcillosa).

Los Ing. Zantúa y Moya, zonifican los suelos del la región de Santa Bárbara, Honduras en cinco unidades con requerimientos diferentes de N-P-K para fertilizar el cafeto. En este caso, se consideran primordialmente las necesidades fisiológicas de la planta en cada zona y suplen los macroelementos necesarios según varían sus condiciones edafoclimáticas.

En Costa Rica, los Ing. Henríquez *et al.* emplean un tercer enfoque de zonificación; la idea ya experimentada por el Proyecto Centroamericano de Suelos Análogos resurge, y los suelos se agrupan por órdenes taxonómicos. En el presente estudio se encontraron niveles críticos de potasio para cada orden de suelo extraído por diferentes métodos.

Finalmente, el Dr. Buol presentó las últimas modificaciones a su sistema de clasificación de suelos según fertilidad, proceso que recuerda la necesidad de adaptar los sistemas a los avances de la ciencia y del conocimiento.

Lo más revelante es quizá que de acuerdo al trabajo del Ing. Jaramillo, muchas unidades de mapeos se reunifican empleando el sistema de Buol, cuando se trata de manejar la fertilidad del suelo. El enfoque costarricense agrupa unidades edáficas de acuerdo a la Taxonomía de Suelos, situación que permite definir niveles críticos más exactos. Por otra parte, el ejemplo hondureño muestra cuán específicas son las necesidades de un determinado cultivo y como puede también zonificarse de acuerdo a este criterio.

[1]Asesor del Proyecto IBTA/Chapare, Casilla 1983 Cochabamba, Bolivia.

Recomendaciones del Grupo de Trabajo en Transferencia de Tecnología

Acuerdos

Consideraciones generales para el establecimiento de una sub-red orientada hacia la transferencia de tecnología.

1.Que la sub-red tenga como campo de acción el área tropical del Continente Americano y sirva de soporte a todos los grupos que componen RISTROP.

2.Que los investigadores de la sub-red de RISTROP ubicados en el área de Centro América se integren a la Red de Manejo de Suelos del CIMMYT para la ejecución de trabajos conjuntos.

3.Que RISTROP establezca acuerdos formales con las Instituciones Nacionales para institucionalizar el trabajo de esta sub-red.

4.Que RISTROP establezca acuerdos formales con la RED DE MAÍZ del CIMMYT para Centro América para trabajos conjuntos.

5.Que RISTROP gestione la consecución de fondos que ayuden a financiar los trabajos de investigación de la sub-red.

6.Que RISTROP establezca acuerdos formales con las instituciones nacionales de investigación para que se adopte el Soil Taxonomy y el FCC como sistemas para caracterizar sitios de investigación.

7.Que RISTROP establezca acuerdos formales con el USDA/SCS para el apoyo técnico en análisis mineralógicos.

8.Que la sub-red, en todo momento, concentre su esfuerzo en el mejor uso del suelo para garantizar su uso sostenido.

Justificación

Considerando que:

1.Los países miembros de RISTROP no utilizan un sistema uniforme para caracterizar los sitios de investigación, por lo que se hace difícil la comparación y transferencia de resultados de investigación en manejo de suelos con distintos cultivos.

2.No se está realizando un uso eficiente de todo el conocimiento científico generado, de manera tal que se contribuya a mejorar la eficiencia en la producción de alimentos, ya que no se tienen sistemas de clasificación similares que permitan la transferencia del conocimiento.

3.La falta de uniformidad en los criterios para caracterizar los sitios de investigación, dificultan la conformación de tecnologías que puedan contribuir al desarrollo de una agricultura sostenida en las regiones tropicales de América.

Se decidió establecer una SUB-RED de investigación en:

Clasificación de suelos y en calibración y correlación de métodos para predecir el uso de fertilizantes orientada hacia la transferencia de información tecnológica.

Objetivos de la Sub-red:

General:

Proporcionar una base científica para el estudio de los suelos del área tropical de América que sustente el desarrollo un programa de investigación capaz de incidir en el incremento de la productividad en la producción de alimentos, forraje y maderas de esa área.

Específicos:

1.Establecer convenios con las instituciones nacionales de investigación para que adopten el Soil Taxonomy y el FCC como sistemas para la caracterización de los sitios experimentales.

2.Promover entre los países miembros de RISTROP la calibración de soluciones extractoras con ensayos de invernadero y campo a fin de mejorar la predicción en el uso de fertilizantes por los cultivos, tomando como base las unidades de suelos del FCC.

3.Promover entre los países miembros de RISTROP la ejecución de ensayos de campo para determinar la respuesta de los cultivos a la aplicación de N-P-K-S, en las distintas unidades de suelo del FCC.

4.Promover la recopilación de información existente sobre fertilidad de suelos, para correlacionarla con la clasificación de suelos existente.

5.Promover el establecimiento de un sistema de información que garantice el intercambio de conocimiento.

Planes Experimentales:

1.Proyecto para clasificar los suelos de las áreas experimentales de todos los países miembros de la Red con el Soil Taxonomy y el FCC.

2.Proyecto para la recopilación de la información existente sobre fertilidad, a fin de correlacionarla con la clasificación de suelos que se tenga en cada uno de los países hasta la fecha.

3.Proyecto para el establecimiento de un sistema de información para el intercambio de conocimientos.

4.Proyecto para la calibración de soluciones extractoras, a fin de establecer niveles críticos de nutrientes por cultivo, tomando como base unidades FCC.

5.Proyecto para el establecimiento de ensayos de campo a fin de determinar respuestas de los diferentes cultivos a la aplicación de N-P-K-S tomando como base las unidades de FCC.

6.Proyecto para cuantificar las intensidades de lluvias erosivas y pérdidas de suelo en distintas unidades FCC con manejos diferentes.

Metodología:

1. Para el desarrollo del proyecto de investigación no. 1: a.Se utilizará Soil Taxonomy y FCC. b.Se tomará por lo menos un perfil por cada sitio de investigación. c.En lo posible se realizarán ensayos de invernadero para establecer nivel de fertilidad. d.Se caracterizará el clima de cada sitio de investigación. e.Se realizará una caracterización física de las variedades a utilizar.

2. Para el desarrollo del proyecto de investigación no. 2: a.Se recopilará toda la información existente sobre respuesta a fertilizantes en los diferentes suelos del país. b.Se detectará los tipos de respuesta a fertilizantes en cada uno de los suelos ya clasificados (ej. en Ultisols - - - tipo de respuesta a K-P S).

3. Para el desarrollo del proyecto no. 3: a.Se establecerá un responsable por país para la recopilación y envío de información a los demás miembros de la red.

b.Responsables:

Costa Rica	Freddy Sancho
Honduras	Carlos Moya
Salvador	Sonia Bonilla
Guatemala	Baltazar Moscoso
Panamá	Santander Jaramillo
U.S.A.	Ellis Knox
Bolivia	--
Brasil	--
Nicaragua	--

4. Para el desarrollo del proyecto de investigación no. 4: a.Para la calibración de soluciones extractoras se tomará como referencia las unidades de suelo FCC. b.Se deja a cada país en libertad para decidir la metodología a utilizar en el proyecto de investigación.

5. Para el desarrollo del proyecto de investigación no. 5: a.Se establecerán ensayos de campo para determinar curvas de respuesta a N-P-K-S en cada una de las unidades FCC identificadas. b.Se deja a cada país en libertad para que decida diseños experimentales y dosis de nutrientes a utilizar.

Logros Esperados

1. Haber caracterizado todos los sitios de investigación en donde se realizan ensayos de manejo de suelos, a fin de hacer más transferible la información generada y hacerla llegar a los agricultores a través de recomendaciones prácticas.

2. Haber recopilado y analizado la información sobre manejo de suelo existente, para establecer sus relaciones con los suelos ya clasificados.

3. Haber establecido los acuerdos formales con las instituciones nacionales de investigación para:
-el desarrollo del establecimiento de sistemas información para el intercambio de conocimientos.
-la ejecución de los proyectos de investigación que establezcan los niveles críticos de nutrientes por cultivo en las unidades FCC identificadas.
-la ejecución de los proyectos de investigación que establecerán las curvas de respuesta de los diferentes cultivos a la aplicación de N-P-K-S en cada una de las unidades FCC identificadas.
-determinar clasificación del poder erosivo de las lluvias y la pérdida de suelo que provocan cuando el suelo se encuentra con diferente cultivos y manejo.

4. Haber establecido los contactos con diferentes instituciones financieras para captar fondos para el desarrollo de los proyectos de investigación en cada uno de los países miembros de la red.

Participantes del Grupo de Trabajo

Santander Jaramillo (líder)- IDIAP, Panamá
Freddy Sancho- UCR, Costa Rica
Carlos Henriquez- UCR, Costa Rica
Alexis Vargas- MAG, Costa Rica
Vicente Watson- CCT, Costa Rica
Carlos Moya- FHIA, Honduras
Sonia Bonilla- CENTA, El Salvador
Baltasar Moscoso- ICTA, Guatemala
Elemer Bornemisza- UCR, Costa Rica
Ellis Knox- USDA/SCS, U.S.A.
Elvira Cuevas- IVIC, Venezuela
Stanley Buol- NCSU, U.S.A.
Russell Yost- Univ. Hawaii, U.S.A.
Pedro Sánchez- NCSU, U.S.A.

Situación de la Agroforesteria en el Subtropico Humedo de la Región del Chapare, Bolivia

R. Delgadillo, J. Aldunate y A. Alvarado[1]

INTRODUCCION

La agricultura migratoria típica de las zonas tropicales lluviosas del mundo, ha utilizado el sistema de tumba y quema como forma tradicional de limpiar el terreno para la siembra (Nye y Greenland, 1960). Es ampliamente conocido que este tipo de agricultura es una de las formas ecológica y económicamente racionales cuando la densidad y presión de población sobre el uso de la tierra es bajo y los períodos de barbecho son largos a fin de mantener la fertilidad natural de los suelos (Greenland, 1975). Después de varios años de cultivo, la fertilidad del suelo declina, fenómeno asociado a otros problemas, como el de la colonización de malezas difíciles de combatir, causando el abandono del terreno (Bornemisza y Alvarado, 1975; Kass, 1989). La presión de población ha conducido a la intensificación de otras formas de agricultura a partir de la migratoria hacia formas de uso permanente de las tierras agrícolas, que en el caso de la región del Chapare en Bolivia fue de mayor impacto debido a las grandes migraciones campesinas de las zonas de los valles y altiplanos a la región tropical, atraídos por el "boom" de la coca, lo que a su vez determinó también la disminución en los períodos de barbecho (chume) de 10 a 4 años (Aldunate y Mejía, 1990).

Estas situaciones están alterando el balance ecológico con su medio ambiente (FAO, 1984); por lo que debe buscarse un "enfoque sistemático de la reintegración de elementos básicos dentro de formas de uso de la tierra más productivas, sostenidas y políticamente viables, bajo presión de población y usos competitivos de la tierra y la mano de obra" (Nair y Fernández, citados por Raintre y Warner, 1986). Es en esta búsqueda de soluciones que la agroforestería ha merecido en los últimos años mayor atención como alternativa de un sistema de uso de la tierra, tratando de integrar la agricultura y ganadería con la forestería (Raintre y Warner, 1986).

Algunos autores como Sánchez (1987), sugieren la introducción de leguminosas como el kudzú (*Pueraria phaseoloides*) como componente de un barbecho corto. Kass (1989), propone la técnica de cultivo en callejones como una alternativa que permite cultivar el suelo en forma eficiente, manteniendo la fertilidad del suelo por períodos más prolongados. Raintre y Warner (1986) muestran diferentes vías y combinaciones basadas en la intensidad del uso de la tierra y la mano de obra en relación a diferentes estados de evolución a partir de la agricultura migratoria, que van desde el sistema "Taungya" hasta estados más complejos como los cultivos en multiestratos que combinan árboles con especies agrícolas de diferentes ciclos de producción.

El Proyecto IBTA/Chapare, está encarando la situación de trabajar en suelos de baja a moderada fertilidad, así como en suelos degradados producto de la erradicación de cocales. En algunos casos la única solución para recuperar el nivel de la fertilidad inicial es el abandono del terreno y mejorar la calidad del barbecho o chume con la inclusión de especies leguminosas arbóreas (*Inga* sp.) o coberturas vivas como el kudzú, *Mucuna* sp., *Desmodium ovalifolium*, etc. Sin embargo, el proyecto explora la posibilidad de otras formas de uso de la tierra que relacionen los aspectos socio-económicos con el uso adecuado de los recursos naturales, que permitan la obtención de rendimientos sostenidos. En el presente documento se presentan los resultados parciales de los trabajos relacionados a estas formas de uso de la tierra, obtenidos en la Región Chapare, Bolivia.

ADAPTACION, SELECCION Y MANEJO AGRONOMICO DE ESPECIES FORESTALES Y AGROFORESTALES

El objetivo de esta primera fase de investigación fue el de introducir y seleccionar especies destinadas a la producción forestal y agroforestal, considerando especies nativas e introducidas (Cuadro 1). Luego las especies que mostraron mayor crecimiento en altura y diámetro, como el caso de *C. alliodora* y *G. arbórea* fueron aplicados cal y fertilizantes al momento de la siembra (Cuadro 2). Posteriormente, se efectuó una comparación de estas especies en diferentes sistemas de plantaciones (Cuadro 3).

Las especies *Tabebuia amarilla*, *Ceiba pentandra*, *Gmelina arbórea* y *Sweitenia macrophilla* presentan un crecimiento inicial más acelerado que las otras especies

Cuadro 1. Altura y diámetro de diferentes especies forestales en dos épocas.

Especie	Edad De La Plantación (Meses) 18	23	18	23
	--Altura(m)--		-Diámetro(cm)-	
Tabebuia amarilla	1.8a	3.5a	1.5ab	4.1b
Ceiba pentandra	1.6ab	2.1bc	1.0bcd	1.5de
Gmelina arbórea	1.4abc	3.9a	1.6ab	7.3a
Tabebuia morada	1.2bc	1.9cd	0.7def	1.6de
Cordia alliodora	1.0c	2.3bc	0.9cde	3.1bcd
Swetenia macrophilla	1.0c	2.8ab	1.4abc	4.0bc
Pithecellobium spp.	1.0c	1.8bcd	0.9cde	1.8cde
Cedrela odorata	0.9c	2.0bc	1.7a	4.3b
Stamnadenia spp.	0.3d	0.8de	0.4ef	1.3de
Nectandra spp.	0.2d	0.4e	0.2f	0.2e

[1]Técnicos, Proyecto IBTA/Chapare y Asesor Experience Incorporated. Proyecto IBTA/Chapare. Casilla 4067. Cochabamba - Bolivia.

Cuadro 2. Respuesta de *Gmelina arbórea* y *Cordia allidora* a la aplicación de 200g cal y 150g de 15-15-15/árbol a la siembra.

Especie	Edad De La Plantación (Meses) 18	23	18	23
	---Altura(m)---		--Diámetro(cm)--	
Gmelina (con)	4.9a	7.8a	6.1a	8.5a
Gmelina (sin)	2.4b	5.5b	2.3b	7.8a
Cordia (con)	1.7bc	2.8c	1.0c	1.6b
Cordia (sin)	1.0c	2.2c	0.4c	1.8b

comparadas y el engrosamiento (DAP) es mucho mas rápido en *Gmelina arbórea*. Las especies *Stamnadenia spp.* y *Nectandra spp.* tienen un crecimiento inicial muy lento, lo cual las hace poca competitivas para asociaciones posteriores.

No obstante que la *Cordia alliodora* crece más lentamente que la *Gmelina arbórea*, ambos árboles crecieron dos veces más cuando se adicionó cal y fertilizante al repique, efecto que tiende a igualar en cuanto a engrosamiento a los 23 meses de edad. La ventaja que tienen los árboles encalados estriba en que compiten mucho mejor con las malezas, reduciendo notoriamente los costos de implantación (menos carpidas y mayor porcentaje de prendimiento).

Al sembrar *Cordia alliodora* con cultivos asociados, se obtuvo un mayor crecimiento inicial (estadísticamente no significativo) que cuando se sembró en plantaciones puras o en fajas dentro del bosque. Probablemente, bajo el primer sistema se beneficia del fertilizante aplicado a los cultivos. El único tratamiento que suprime su crecimiento es en el sombreo causado por el bosque nativo a las franjas (10m ancho^{-1} de laurel).

Cuadro 3. Efecto del sistema de plantación de *Cordia alliodora* sobre su crecimiento inicial (23 meses) en la E.E. La Jota.

Sistema De Plantación	Altura Arbol	Diametro Arbol
	----- m ------	----cm----
Asocio con Cultivos	3.2a	3.3a
Pleno Sol	3.1a	3.6a
Fajas en bosque	1.5b	0.7b

"ALLEY CROPPING" O CULTIVO EN CALLEJONES

Experimento No. 1
MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se implantó en un terreno explotado por 10 años consecutivos después de la tumba y quema de un bosque primario en la Estación Experimental de La Jota, Chapare, Bolivia. La zona es considerada como bosque muy húmedo tropical en transición a subtropical, con 4,628mm de precipitación promedio y una temperatura media de 24.7°C. Son suelos francos de baja fertilidad clasificados como Inceptisoles (Typic Dystropepts).

Especies utilizadas:
- E = *Erythrina poeppigiana*
- G = *Gliricidia sepium*

Cultivos:
- M = Maíz, variedad Tuxpeño Opaco 2
- F = Frijol, variedad ICA TUI y Carioca 80
- Y = Yuca, variedad Suelakhara

Distanciamiento de siembra:
- 4.0x1.0m = *Erythrina*
- 4.0x0.5m = *Gliricidia*
- 0.8x0.5m = Maíz
- 1.0x1.0m = Yuca
- 0.5x0.2m = Frijol

Combinaciones formadas:

1. M	7. M+E	13. M+G
2. Y	8. Y+E	14. Y+G
3. F	9. F+E	15. F+G
4. M+Y	10. M+Y+E	16. M+Y+G
5. M+F	11. M+F+E	17. M+F+G
6. Y+F	12. Y+F+E	18. Y+F+G

Los tratamientos estuvieron conformados por parcelas de 24m^2 (4x6m) distribuidos en bloques al azar con tres repeticiones. El ensayo fue establecido en mayo de 1986, habiéndose efectuado a la fecha (julio 1990), tres siembras y tres cosechas de cultivos anuales y cinco podas de las especies arbóreas; la primera poda se efectuó al año de la implantación y las otras cada seis meses, a una altura de 0.75m. Al iniciar el experimento las especies leguminosas arbóreas recibieron 100g de cal y 40g de fertilizante 15-15-15/planta, y los cultivos anuales el mismo fertilizante a razón de 100 kg/ha. A las siembras posteriores de anuales se adicionaron 1 t/ha de cal y 200 kg/ha del fertilizante 18-46-0, debido al pobre crecimiento observado durante el primer año de estudio.

Durante el experimento el control de malezas se realizó mediante carpidas manuales y el ataque de insectos y enfermedades se controlaron con aplicaciones de pesticidas. Las muestras de suelos se tomaron al empezar el ensayo y los otros dos después de la segunda y tercera cosecha.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 4, se presentan los datos de rendimiento de maíz, yuca y frijol, sembrados como monocultivos, asociados y en callejones de *Erythrina poeppigiana* y *Gliricidia sepium* por tres años consecutivos. Durante el primer año, los rendimientos de los tres cultivos fueron

Cuadro 4. Rendimiento de maíz, yuca y frijol cultivados en monocultivo y asociados en callejones de Erythrina y Gliricidia durante tres años consecutivos.

Sist.[1]	Maíz				Yuca				Frijol			
Cult.	87	88	89	Prom.	87	88	89	Prom.	87	88	89	Prom.
	t/ha											
M	0.1	2.5	1.7	1.4								
Y					38.8	19.8	24.4					
F									0.2	0.9	0.8	0.6
M+Y	0.1	2.1	0.9	1.0	18.2	35.5	20.5	24.7				
M+F	0.1	2.1	0.9	1.0					0.2	0.8	0.5	0.5
Y+F					19.5	36.8	23.3	26.5	0.1	0.7	0.5	0.4
Prom.	0.1	2.2	1.2	1.2	17.5	37.0	21.2	25.2	0.2	0.8	0.6	0.5
M+E	0.3	1.1	1.1	1.1								
Y+E					17.3	33.6	21.0	17.7				
F+E									0.2	0.6	0.5	0.4
M+Y+E	0.1	2.0	0.7	0.9	24.3	21.2	22.5	22.7				
M+F+E	0.2	1.7	0.6	0.5					0.2	0.6	0.3	0.4
Y+F+E					17.0	18.9	17.3	17.7	0.2	0.7	0.3	0.4
Prom.	0.2	1.9	0.8	0.8	19.5	24.6	20.3	19.4	0.2	0.6	0.4	0.4
M+G	0.1	1.1	0.9	0.1								
Y+G					16.2	27.3	14.2	19.2				
F+G									0.2	0.6	0.6	0.5
M+Y+G	0.1	1.9	0.6	0.9	18.5	18.9	15.9	17.8				
M+F+G	0.2	1.9	0.6	0.9					0.2	0.5	0.3	0.3
Y+F+G					19.2	24.7	16.3	20.1	0.1	0.5	0.3	0.3
Prom.	0.1	1.9	0.7	0.9	18.0	23.6	15.5	19.0	0.1	0.5	0.4	0.3
G. Prom	0.1	2.0	0.1	0.1	18.3	28.4	19.0	21.2	0.2	0.7	0.5	0.4

[1]M = maíz; Y = yuca; F = frijol; E = erythrina; G = gliricidia.

pobres indiferentemente del sistema de siembra, debido a lo degradado que se encontraba el suelo. Con la adición de cal y fertilizantes en el segundo año, se lograron rendimientos aceptables, los cuales disminuyeron durante el tercer año.

La *Gliricidia sepium* se adaptó mucho mejor al suelo que la *Erythrina poeppigiana*, obteniéndose más rendimiento acumulativo con los monocultivos (242 t/ha) que con callejones de Erythrina (186 t/ha) o de Gliricidia (182 t/ha). El mejor índice de uso de la tierra se logró con la asociación maíz - yuca (1.74), índice que aumentó cuando esta asociación incluyó la Erythrina (2.11), o la Gliricidia (1.81). El hecho de que el índice de uso de la tierra aumentó con la inclusión del componente arbóreo, se explica por la disminución del rendimiento de yuca, efecto causado por competencia de luz entre el cultivo y los árboles. Los sistemas de cultivo comparados (monocultivo, asocios simples y cultivos en callejones), afectan por igual las propiedades del suelo. Durante el período de estudio se notó que la fertilidad del suelo disminuyó cuando se obtuvo los mayores rendimientos (período 1987-1988) como resultado de la exportación de nutrimientos en el producto vendible. El efecto de los árboles en el sistema no fue significativo en el mejoramiento de las propiedades del suelo. El pH del suelo aumentó desde 4.4 hasta 5.1 durante el período de estudio como resultado de la aplicación de 1 t cal/ha al segundo año. Este aumento no causó una disminución de la saturación de Al debido a que los cultivos extrajeron una cantidad apreciable de Ca, K y Mg (Cuadro 5).

Mientras que el contenido de materia orgánica del suelo no varió significativamente durante el estudio, el contenido de P disponible disminuyó con el tiempo, en proporción a la extracción realizada por los cultivos. El único elemento que aumentó su disponibilidad con el tiempo fue el K, lo que obliga a replantear su adición como fertilizante.

CONCLUSIONES

1. Cuando la fertilidad natural del suelo se ha reducido a su mínima expresión no es posible recuperarla en tres años con cultivos en callejones.

2. Para lograr rendimientos aceptables con este sistema es indispensable la adición del cal y fertilizante.

3. Las propiedades del suelo se ven igualmente afectadas y dependen de los rendimientos obtenidos indiferentemente de que se siembre como monocultivo,

Cuadro 5. Efecto de los sistemas de cultivo sobre algunas propiedades del suelo en el Chapare.

Tratamiento[1]	pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	Al	Sat. Al
		%	mg/kg	-------cmol(+)/L-------%				
			----------86-87----------					
Test.	4.4	2.8	32	0.14	1.00	1.00	2.50	51
			----------87-88----------					
Test.	5.0	2.2	10	0.24	0.77	0.31	2.22	63
M+E	5.0	1.8	15	0.26	1.12	0.35	1.73	50
A+E	5.0	1.9	14	0.21	1.01	0.30	2.38	61
M+G	5.0	2.0	23	0.23	1.01	0.31	2.13	58
A+G	5.0	1.9	14	0.23	0.70	0.25	2.88	71
			----------88-89----------					
Test.	5.0	2.6	20	0.75	1.15	0.26	2.31	52
M+E	5.2	2.4	14	0.46	1.96	0.38	1.50	35
A+E	5.0	2.8	15	0.32	0.90	0.19	2.03	59
M+G	5.1	2.5	19	0.31	1.23	0.27	1.84	50
A+G	5.2	2.8	28	0.30	0.95	0.24	1.91	56

[1] Test. = testigo; M = monocultivo; A = asociación; E = erythrina; G = gliricidia.

asociaciones simples o cultivos en callejones.

Experimento No. 2
MATERIALES Y METODOS

Antecedentes del lote experimental

Antes del establecimiento del experimento, el lote estaba constituido por un barbecho (chume) de 10 años de edad, el mismo que fue desboscado bajo el sistema de roza, tumba y quema, para luego realizar siembras comerciales de arroz y frijol. El período bajo cultivo después de la quema fue de 12 meses, continuado con un barbecho corto de 6 meses antes de iniciar el experimento.

Diseño Experimental

Los tratamientos estuvieron conformados por parcelas de $27m^2$ (4.5x6m) distribuidos en bloques al azar con 4 repeticiones. En el experimento se utilizaron 4 especies: *Inga edulis*, *Cajanus cajan*, *Erythrina* sp. y *Gliricidia sepium*; con cultivos anuales de arroz y frijol de las variedades Bluebonnet e ICA PIJAO, respectivamente.

Procedimiento de campo

El ensayo fue establecido en marzo de 1989, con la implantación de las cuatro especies, efectuándose la primera poda en octubre de 1989 a 25, 50 y 75cm de altura para cada especie a excepción de *G. sepium* que tuvo un crecimiento inicial muy lento. A los 30 días después de la poda, el arroz fue establecido con una sembradora manual en los callejones de 4m de ancho y 6m de largo ($24m^2$) a una distancia de 0.40m entre surcos y entre plantas. Durante el desarrollo del cultivo se efectuó una carpida

Cuadro 6. Análisis físico y químico de suelos del ensayo en callejones, Est. Exp. La Jota.

Prof.	pH	P	K	Ca	Mg	CIC	Sat.Al	M.O.	N
cm		mg/kg	----cmol(+)/L----				------%------		
0-20	5.0	15.3	0.83	0.14	0.10	4.8	76	2.85	0.21

manual de malezas a los 30 días después de la siembra, asimismo, se realizaron controles fitosanitarios para el combate de *Piricularia* y la petilla (*Tribraca sp.*).

La cosecha de espigas se realizó a los 120 días en una parcela útil de $8m^2$, dejando el rastrojo del arroz para luego ser rozado conjuntamente con la segunda poda de las especies. A los 30 días se efectuó la siembra del frijol, utilizando 2 semillas por postura a una distancia de 0.50x0.25m.

Para conocer el estado de la fertilidad del suelo antes de iniciar el experimento, se tomó una muestra compuesta de suelos a una profundidad de 0-20 cm. El análisis físico y químico se efectuó en el Laboratorio de Suelos de la Estación Experimental de San Benito.

RESULTADOS Y DISCUSION

Estado inicial de la fertilidad del suelo: Los resultados del análisis de las propiedades físicas y químicas de las muestras de suelo se representan en el Cuadro 6. Se observa que el suelo tiene un nivel de fertilidad bajo o moderado, con problemas de acidez, alta saturación de Al, deficiencia de Ca y un nivel medio de materia orgánica.

Comportamiento de las especies arbóreas: En el Cuadro 7 se presentan las cantidades de biomasa aportada por tres especies para cada altura de corte. La poda a 25cm de altura produjo la mayor cantidad de biomasa para las tres especies, fluctuando la misma de 2.9 a 3.8 t/ha, debido a que se aportó más cantidad de tallos que en las otras alturas de poda. En promedio, independientemente de la altura de poda, la especie que más biomasa aportó al suelo fue *Cajanus cajan*, con 2.9 t/ha, posiblemente también a causa de una mayor producción de tallos y ramas con relación a las hojas. Con relación al tiempo de descomposición de los residuos, se pudo notar una rápida descomposición de las especies *Erythrina sp.*, *Cajanus cajan*, seguidas de *Inga edulis* que duró más tiempo en el campo, con una descomposición lenta y brindando una mayor cobertura de residuos (mulch).

Respuesta de los cultivos: En el Cuadro 7 se presentan las características agronómicas más importantes del arroz. La mayor altura de planta en promedio (132cm), se obtuvo en los callejones de *Cajanus cajan*, posiblemente debido a la competencia por luz entre especies, puesto que cajanus también desarrolló alturas considerables. Se presentó de 50 a 80% de plantas de arroz tendidas. El largo de las espigas no sufrió modificaciones notables. En cuanto al rendimiento del arroz se encontraron diferencias

Cuadro 7. Producción de biomasa (primera poda), características agronómicas y rendimiento de arroz sin pelar, sembrado en callejones, de 4 especies arbóreas a tres diferentes alturas de poda. Est. Exp. La Jota, 1989-90.

Tratamientos			Cultivo De Arroz		
Especie	Altura Poda	Biomasa	Altura Planta	Largo Espiga	Rendimiento[1]
	cm	t/ha	cm	cm	t/ha
Inga	25	2.9	131	32	2.25a
Inga	50	1.3	130	31	1.91abc
Inga	75	1.7	128	32	2.11ab
Promedio		2.0	130	32	2.09
Cajanus	25	3.8	134	33	1.97abc
Cajanus	50	2.8	128	34	1.44cd
Cajanus	75	2.2	133	36	1.42cd
Promedio		2.9	132	34	1.61
Erythrina	25	3.0	132	33	1.95abc
Erythrina	50	2.6	129	33	1.67abcd
Erythrina	75	2.5	126	32	1.70abcd
Promedio		2.7	129	33	1.77
Gliricidia	25	--	129	34	2.00abc
Gliricidia	50	--	129	32	1.53bc
Gliricidia	75	--	126	33	1.30d
Promedio		--	126	33	1.61
Testigo	--	--	121	30	2.07

[1] Los valores con la misma letra no difieren al 0.05% de probabilidad según la prueba de Duncan.

altamente significativas entre tratamientos, con una variación de 1.3 a 2.3 t/ha, correspondiendo la mayor producción al arroz sembrado en calles de *Inga edulis*. Estas diferencias se deben a la competencia por luz y nutrimientos entre los árboles y los cultivos, principalmente de aquellos árboles que presentaron rebrotes más rápidos.

CONCLUSIONES PRELIMINARES

1. La poda de 25cm de altura produjo mayor cantidad de biomasa con una fluctuación de 2.9 a 3.8 t/ha.
2. Las plantas de arroz alcanzaron mayores alturas con promedio de 132cm y acame de 50 a 80% en callejones con *Cajanus cajan*.
3. Las diferencias de rendimiento de arroz entre tratamientos fueron altamente significativas con una fluctuación de 1.3 a 2.3 t/ha.
4. Los mayores rendimientos de arroz se obtuvieron en parcelas con residuos de *Inga edulis*, con un rendimiento mayor (2.3 t/ha) para podas a 25cm de altura.

SISTEMAS MULTIESTRATOS
MATERIALES Y METODOS

Antecedentes del campo experimental

El terreno fue habilitado en el año 1986, mediante el sistema de roza, tumba y quema de un bosque primario disturbado, por extracción selectiva de madera, realizándose posteriormente siembras comerciales de arroz, como cultivo de cabecera y frijol como segundo cultivo.

Cuadro 8. Arreglo espacial de especies perennes en los sistemas agroforestales.

ESPECIES	ESPACIAMIENTO
	m
Café	2x1
Cacao	3x3
Coco	9x9
Macadamia	10x10
Pacay	8x8
Ceibo	6x6 (en café)
6x18 (en cacao)	
Laurel	10x10
Plátano	6x6

Diseño experimental

Los tratamientos estuvieron conformados por ocho combinaciones agroforestales en parcelas de 384m^2 (16 x 24m), distribuidos en bloques al azar con 4 repeticiones, ocupando una superficie total de 12,288m^2. En el experimento se utilizaron las siguientes especies perennes: *Coffea arabica*, *Theobroma cacao*, *Cocos nucifera*, *Macadamia integrifolia*, *Erythrina poeppigiana*, *Inga spp.*, *Cordia alliodora* y *Musa paradisiaca*. Durante el primer año aparte de las especies perennes, se sembraron cultivos de ciclo corto como el maíz, variedad Tuxpeño, seguido de la siembra de maní, variedad Colorado de hábito semirastrero.

Procedimiento de campo

El experimento fue establecido en agosto de 1987, donde tanto los cultivos perennes como forestales fueron implantados en forma simultánea. El arreglo espacial y las diferentes combinaciones se presentan en el Cuadro 8 y la Figura 1. La siembra de maíz se realizó en setiembre de 1987, a una densidad de 20,000 plantas/ha con dos plantas por golpe, distanciadas a 1 x 1m entre y sobre surcos, y el maní se sembró en abril de 1988, a razón de 2 semillas por golpe distanciados a 0.6 x 0.3m entre surcos y entre plantas, respectivamente. Para que las plantas de las diferentes especies tuvieran condiciones adecuadas para su normal desarrollo, cada tres meses se realizaron carpidas manuales y aplicación de pesticidas para el control de insectos y enfermedades.

Como el combate manual de malezas eleva los costos de mantenimiento, se efectuó la siembra de *Desmodium ovalifolium*, como cobertura vegetal a los 20 meses de establecido el experimento; esta permitió un adecuado combate de malezas, además de un aporte al suelo de materia orgánica y N.

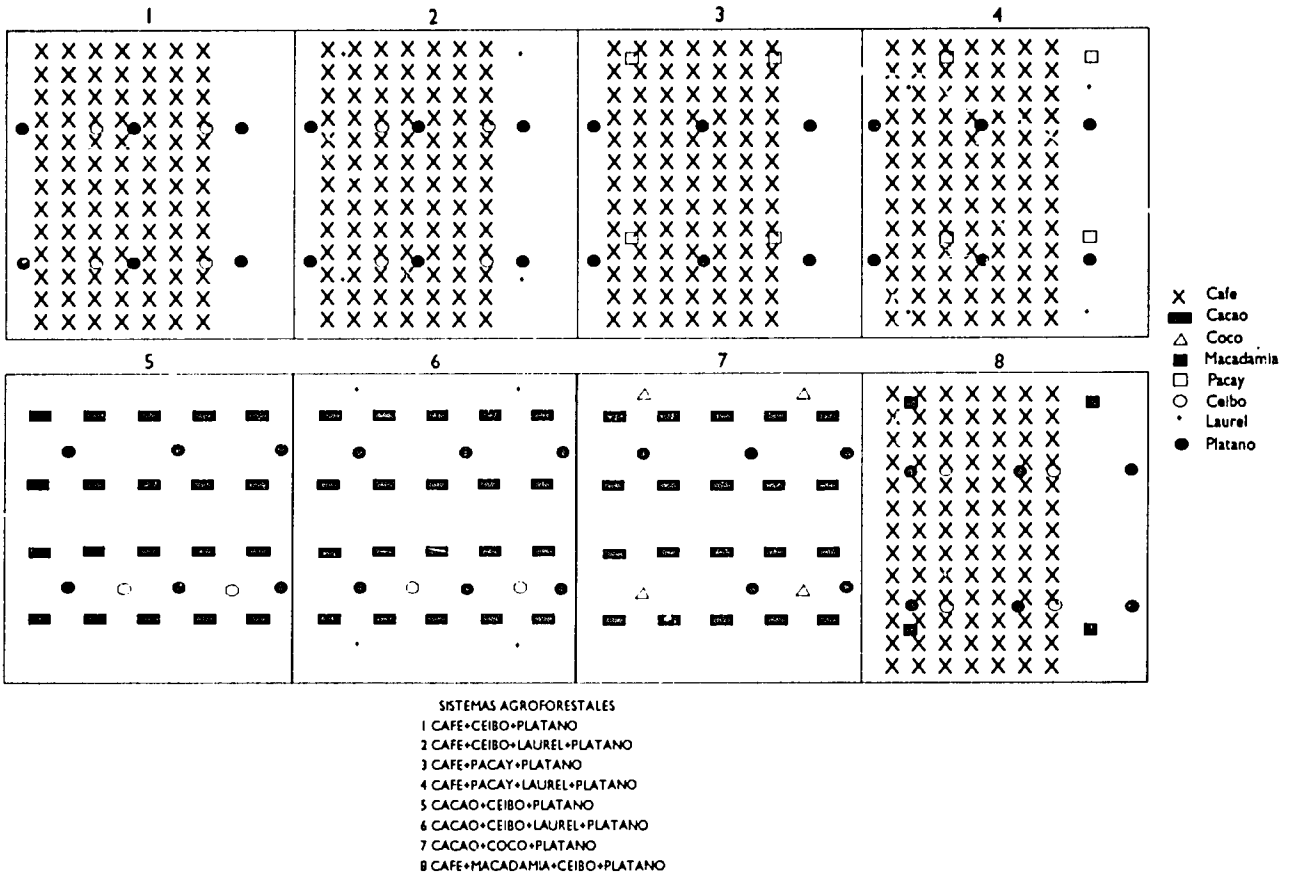


Figura 1. Arreglo espacial de ocho sistemas agroforestales.

Para determinar los cambios de fertilidad del suelo, se tomaron muestras de suelos (0-20 cm) y muestras de mantillo. El primer muestreo de suelos se realizó antes del inicio del experimento, luego se siguió con este procedimiento cada año. Los análisis fueron realizados en el laboratorio de la Estación Experimental de San Benito.

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis de la fertilidad del suelo

En el análisis de suelos, al iniciar el ensayo se observó un nivel de fertilidad medio con problemas de acidez (pH = 4.7), alta saturación de Al y deficiencia en Ca. Al año después de implantado el ensayo, el nivel de fertilidad mejoró levemente con un aumento del pH de 4.7 a 5.2, y del Ca de 0.38 a 0.90 cmol(+)/kg. A consecuencia de esto el Al intercambiable disminuyó de 3.44 a 2.40 cmol(+)/kg. Asimismo la saturación de Al disminuyó de 75 a 62% (Cuadro 9).

Estos cambios se debieron probablemente a que las bajas precipitaciones registradas en estos años, influyeron para que la velocidad de incorporación de las cenizas fuera lenta y el efecto residual más prolongado. Aldunate y Mejía (1990), consideran que el material parcialmente quemado (carbón) después de una lluvia empieza a desprenderse de los troncos aportando nutrientes al suelo. Se hace notar que en el ensayo se observó bastante cantidad de ramas y troncos parcialmente quemados.

Paralelamente al análisis de suelos efectuados al año de establecimiento, se tomaron muestras de mantillo para su respectivo análisis químico que se presenta en el Cuadro 9. Estos valores representan, a la larga, un aporte de nutrientes al suelo.

Cultivos Anuales

Como agricultura de subsistencia durante el primer año, fueron sembrados cultivos de maíz y maní. El maíz además de servir como sombra a las plantas de café y cacao en su fase inicial, proporcionó una cosecha promedio de 1.0 t/ha. La cosecha del maní no fue realizada debido a que al completar su ciclo, mediante muestreos se determinó que un 90% de las cápsulas no tenían grano, fenómeno que posiblemente se debió a los bajos niveles de Ca en el suelo (Cuadro 9).

Combinaciones agroforestales

Las diferentes especies que componen los ocho sistemas agroforestales, se encuentran en etapa de desarrollo vegetativo, con excepción del plátano (278 pl/ha) que inició su producción al primer año. Los

Cuadro 9. Resultado de análisis de suelos del ensayo de evaluación de ocho sistemas agroforestales. E. E. La Jota, 1987-1988.

Parametro		Inicio Exp.	1 Año		Mantillo
pH		4.70	5.20		
K	cmol(+)/kg	0.40	0.30	%	1.24
Ca	cmol(+)/kg	0.38	0.90	%	1.20
Mg	cmol(+)/kg	0.38	0.37	%	0.27
Na	cmol(+)/kg	0.18	0.57	%	0.23
Al	cmol(+)/kg	3.44	2.30		
P	mg/kg	30	22	%	0.07
Fe	mg/kg	1763	633	mg/kg	2543
Mn	mg/kg	13	5	mg/kg	271
Cu	mg/kg	6	4	mg/kg	22
Zn	mg/kg	21	4	mg/kg	56
M.O	%	2.90	3		
N	%	0.16	0.20	%	1.07
Sat.Al	%	75	62		

Cuadro 10. Características agronómicas y rendimiento de plátano en ocho sistemas agroforestales. Est. Exp. La Jota, 1988 - 1990.

	Primera Evaluación			Segunda Evaluación		
Sistema	Long. Racimo	Peso Racimo	Rendi-miento	Long. Racimo	Peso Racimo	Rendi-miento
	cm	kg	t/ha	cm	kg	t/ha
1	62.5	28.0	7.3	50	14	3.5
2	56.0	24.5	7.1	53	15	4.0
3	59.0	28.0	8.0	53	17	4.3
4	64.0	28.0	8.2	54	15	4.3
5	53.0	22.0	7.6	43	12	3.5
6	60.0	23.0	7.1	47	12	5.0
7	61.0	26.0	8.0	53	16	4.2
8	59.0	28.0	7.8	54	18	5.0
Promedio	59.3	26.0	7.6	51	15	4.2

rendimientos se presentan en el Cuadro 10. Los resultados muestran una disminución de los rendimientos promedio de 7.6 t/ha a 4.2 t/ha entre la primera y segunda cosecha. Esta tendencia también se observa para el peso promedio de los racimos de plátano. En general existió una disminución de rendimientos de aproximadamente 45%, posiblemente debido a la competencia con las otras especies y a la pérdida de plantas por efecto de volcamiento a causa de los vientos.

El café inició su fase reproductiva en la presente gestión agrícola y las plantas de cacao empezaron a emitir botones florales. Los otros rubros se encuentran en estado de crecimiento y desarrollo. La cobertura vegetal con *D. ovalifolium*, muestra buen comportamiento y a la fecha (julio 1990) gran parte de las parcelas se hallan cubiertas con esta leguminosa.

CONCLUSIONES PRELIMINARES

1. De los cultivos anuales el maíz tuvo una cosecha promedio de 1 t/ha y el maní produjo cápsulas vacías (sin grano).
2. El rendimiento promedio del plátano del segundo año con relación al primero disminuyó en 44.7%.
3. El contenido promedio de los nutrimientos del suelo del segundo año con relación al primero, tuvo un aumento en los niveles de pH, bases cambiables, materia orgánica y N y una disminución de los niveles de P, Al intercambiable y saturación de Al.

LITERATURA CITADA

Aldunate, J. Y Mejia, R. 1990. Dinámica de nutrimientos con bajos insumos,sistema arroz-caupí en el sub-trópico húmedo de la provincia Carrasco, Bolivia. (en impresión).

Bornemisza, E. y Alvarado, A. 1975. Manejo de suelos en la América tropical. Trabajos del Seminario sobre manejo de suelos y el proceso de desarrollo en la América tropical. CIAT, Cali Colombia. 582 p.

FAO 1984. Changes in shifting cultivation in Africa FAO Forestry Paper No. 50 FAO, Rome.

Greeland, D.J. 1975. Bringing the green revolution to the shifting cultivator. Science 190:841-844.

Kass, D.L. 1989. Resultados de seis años de investigación de cultivo en callejones (alley cropping), en "La Montana" Turrialba, Costa Rica, 5-24.

Nye, P.H. y Greenland, D.J. 1960. The soil under shifting cultivation. Technical Comm. No. 51. C.A.B. Londres, Inglaterra. 156 p.

Raintre, SB. y Warnwe, K. 1986. Agroforestry pathways for the intensification of shifting cultivation. Agroforestry systems 4:39-54.

Sanchez, P.A. 1987. Soil productivity and sustainability in agroforestry systems. pp.205-223. En Steppler, H.A. y Nair,P.K.R. (eds.) Agroforestry: a decade of development. ICRAF, Nairobi, Kenya.

Seleçao de Leguminosas para Cultivo em "Alley-Cropping" sob Condiçoes de Latossolo Amarelo em Porto Velho -Rondonia - Brasil

M. Locatelli[1], C.A. Palm[2] e M.S.F. Ricci[3]

INTRODUÇÃO

O Estado de Rondônia é caracterizado por solos ácidos, latossolos e podzólicos, que vêm sendo utilizados no sistema de cultivo migratório (desmatamento, queimada, cultivo e abandono). Essa agricultura itinerante é causada pelo manejo inadequado do solo, bem como pelas culturas plantadas, que fazem com que através de exposição às altas temperaturas e precipitações, sejam desencadeados processos de erosão e lixiviação de elementos.

Necessário se faz buscar alternativas para manutenção da produtividade das áreas por maior tempo. O sistema de cultivo em "alley-cropping" é uma das maneiras para que isto ocorra. "Alley-cropping", "hedgerow-intercropping" ou cultivo em alamedas, é uma tecnologia agroflorestal que consiste em cultivar plantas anuais entre fileiras ou "avenidas" de arbustos ou árvores. As árvores ou arbustos são podadas periodicamente durante o crescimento das culturas, para prevenir competição e proporcionar "inputs" orgânicos na forma de "mulch" (cobertura morta) para a cultura anual em desenvolvimento.

O objetivo deste trabalho é selecionar espécies de leguminosas arbóreas e arbustivas para uso em sistemas de cultivo em "alley-cropping", em condições de solo e clima de Porto Velho, Rondônia, Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Este experimento foi implantado no Campo Experimental da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária), em Porto Velho, Rondônia, Brasil, em dezembro de 1988. A área experimental esta situada a 8° 46' de latitude sul e 63° 55' de longitude oeste Gr. O relevo da região é plano e a altitude é de 98 metros. O solo da área é classificado como Latossolo Amarelo álico, textura argilosa, profundo, bem drenado com baixa fertilidade natural e boas propriedades físicas. O clima da região é do tipo Am, segundo a classificação de Koppen, com temperatura máxima média de 30,8° C e mínima de 21,7° C e precipitação média anual de 2871 mm (dados de 1989 - Figura 1). A vegetação inicial da área era floresta equatorial primária.

O delineamento experimental usado é o de parcelas subdivididas distribuídas em blocos ao acaso com quatro repetições, sendo a parcela representada pela espécie de leguminosa e a subparcela pelo sistema de condução (L1 - sem poda; L2 - poda a 0,5 m no plantio do arroz em dezembro e do caupi em abril; L3 - poda a 1,0 m em ambas as datas; e L4 - poda a 1,0 m no plantio, somente do arroz em dezembro). Em cada repetição existe um tratamento testemunha (sem leguminosa). Cada parcela foi constituída por quatro linhas de cinco plantas. O espaçamento entre linhas foi de 5 m e de 0,5 m entre plantas. Cada linha recebeu um tipo de sistema de condução. Nas parcelas foram plantadas culturas anuais (arroz e caupi), a fim de simular as condições de "alley-cropping".

Em função do sistema de plantio a ser utilizado, a área a ser ocupada deveria estar livre de tocos. Para isso o preparo da área foi realizado do seguinte modo: broca, derrubada, queimada, rebaixamento, encoivaramento, e logo após nova queimada (agosto de 1988).

Em dezembro de 1988, foi plantado o arroz, cultivar Cuiabano. As leguminosas foram plantadas em janeiro de 1989. As espécies utilizadas foram, a saber: *Clitoria racemosa*, *Cesalpinia tinctoria*, *Cajanus cajan*, *Parkia platycephala*, *Flemingia rodocarpha*, *Flemingia congesta*, *Gliricidia sepium*, *Pithecellobium edwallii*, *Acacia angustissima* (NFTA 472), *Acacia mangium*, *Inga edulis* e *Crotalaria juncea*. Em abril de 1989, foi plantado caupi, cultivar BR 4 - Rio Branco. Em dezembro de 1989, foi plantado o arroz, cultivar Guaporé e em abril de 1990 uma mistura de cultivares de caupi.

Estão sendo avaliadas as seguintes variáveis: sobrevivência das leguminosas; taxa de crescimento em altura das leguminosas; produção de biomassa (matéria seca); ocorrência de doenças e pragas nas culturas envolvidas; taxa de decomposição e transformações do solo.

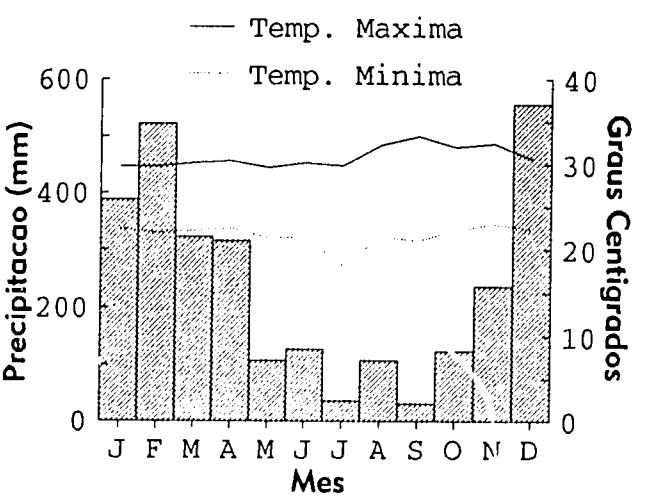


Figura 1. Dados climatológicos para 1989 em Porto Velho, Rondônia, Brasil.

[1]Engenheira Florestal, M.Sc., EMBRAPA/Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual (UEPAE) de Porto Velho, C.P. 406, 78.900 Porto Velho, Rondônia, Brasil.
[2]Professora Asistente en Ciências Florestais, Programa de Solos Tropicais, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695-7619, USA.
[3]Engenheira Agrônoma, M.Sc., EMBRAPA/UEPAE de Porto Velho, Rondônia, Brasil.

Quadro 1. Análise química do solo antes e depois da queimada em Latossolo Amarelo, Porto Velho, Rondônia, Brasil.

Época	Prof.	pH H_2O	Ca	Mg	Al	CTC Efet.	Sat. Al	P	K
	-cm-		-----cmol(+)/kg-----				%	--mg/kg--	
Antes[1]	0-15	4,3	0,19	0,08	2,0	2,38	84	2	44
	15-30	4,5	0.17	0,05	1,6	1,89	85	2	29
Depois[2]	0-15	4,4	0,38	0,12	1,7	2,31	74	3	44
	15-30	4,4	0,34	0,10	1,5	2,06	73	2	47

[1] Média de 3 amostras compostas.
[2] Média de 5 amostras compostas.

A primeira poda foi realizada em dezembro de 1989. Este material vegetal foi colocado sobre o solo para decomposição. O estudo de decomposição (velocidade e nutrientes liberados) será iniciado em novembro de 1990, coincidindo com o início do período chuvoso. Após cada poda, serão analisadas quimicamente, amostras do material vegetal utilizado para determinação de produção de matéria seca.

As amostras de solo para análise foram retiradas antes do desmatamento, após a queimada e antes da primeira poda, e continuarão a ser realizadas, anualmente, após cada poda. Para as análises de solo estão sendo utilizados os seguintes métodos de extração e determinação: P e K, extração com Mehlich (0,05N HCl + 0,025N H_2SO_4) e determinação por colorimetria e fotômetro de chama, respectivamente; Ca, Ca + Mg e Al, extraídos com KCl 1N e determinados por titulação, tendo os dois primeiros como titulante, o EDTA 0,025N e o Al, o NaOH; pH (1:2,5), extraído e determinado em água. O procedimento para a curva de adsorção de P foi o mesmo adotado por Fox & Kamprath (1970).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise química do solo da área experimental, antes e depois da queimada são apresentados no Quadro 1. Pode-se observar aumentos nos teores de Ca, Mg e P da camada superficial (0-15 cm) após a queima, na ordem de 100, 50 e 50%, respectivamente, assim como na camada de 15-30 cm de 100, 100 e 25%. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Smyth & Bastos (1984), muito embora estes autores tenham evidenciado alterações muito mais expressivas para tais nutrientes após a queima de um Latossolo Amarelo distrófico, textura muito argilosa na Amazônia.

Em relação ao K, este se manteve inalterado na camada superficial após a queima, tendo aumentado 62% na camada de 15-30 cm. O pH foi uma característica muito pouco alterada após a queima, no solo em estudo, o que não concorda com os resultados obtidos por Smyth & Bastos (1984), os quais evidenciaram alterações mais significativas no pH. Quanto ao Al, houve uma pequena redução no seu teor após a queima, em ambas as

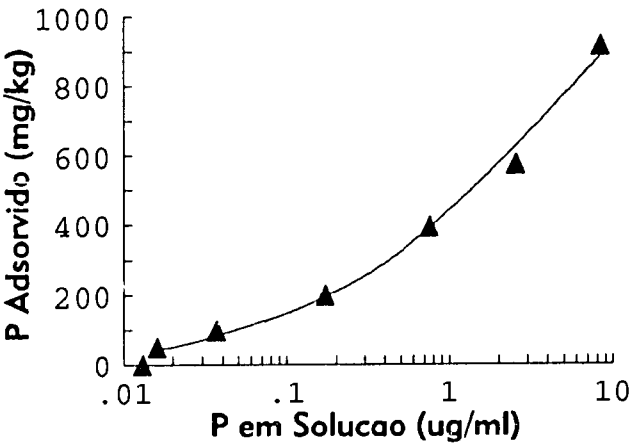


Figura 2. Curva de adsorção de P para o solo na área experimental. Porto Velho, Rondônia, Brasil.

profundidades estudadas, assim como também na percentagem de saturação de Al, embora tenha havido elevação no valor da soma da saturação de bases (Quadro 1). A Figura 2 mostra a curva de adsorção de P do solo da área experimental.

Com referência ao crescimento em altura e sobrevivência das espécies, aos 12 meses antes da poda, os dados se encontram no Quadro 2. A maioria das espécies tiveram taxas de sobrevivência superiores a 85%, enquanto que, *Acacia mangium*, *Cajanus cajan*, *Caesalpinia tinctoria* e *Pithecellobium edwallii* tiveram taxas próximas a 50%. Houve diferença estatística significativa para altura, sendo que a melhor foi *Acacia mangium*, seguida de *Inga edulis*, *Parkia platycephala* e *Acacia angustissima*.

O Quadro 2 também apresenta os dados de altura aos 90 dias após a primeira poda. Houve diferença estatística significativa para altura em relação a espécie. A melhor

Quadro 2. Dados de sobrevivência e altura das leguminosas aos 12 meses depois do plantio (antes da primeira poda, em 07/12/89) e altura, aos 90 dias depois da primeira poda (07/03/90). Porto Velho, Rondônia, Brasil.

Espécie	7/12/1989 Sobreviv.	Altura[1]	Altura Em 7/3/1990 Sem Poda	Com Poda[2]
	%	----------m----------		
Acacia mangium[3]	61,3	3,52a	3,03	1,38
Inga edulis	95,0	2,89ab	3,26	1,84
Parkia platycephala	86,3	2,75ab	2,81	1,95
Acacia angustissima	85,0	2,72ab	3,63	2,34
Flemingia congesta	91,3	2,58b	2,92	2,28
Flemingia rodocarpha	95,0	2,55b	2,70	2,36
Clitoria racemosa	91,3	2,39bc	2,76	1,79
Cajanus cajan	56,3	1,64cd	1,53	2,12
Caesalpinia tinctoria	60,0	1,51cd	2,07	1,42
Gliricidia sepium	92,5	1,44d	1,68	1,74
Pithecellobium edwallii	61,3	0,99d	2,09	1,24

[1] Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.
[2] Media dos três tratamentos de poda.
[3] Poda total das folhas em dois blocos do experimento.

Quadro 4. Peso de matéria seca total, percentagem de folhas e teor de N, Ca, Mg, K e P, na folha, após a primeira poda. Porto Velho, Rondônia, Brasil.

Espécie	Matéria Seca Total[1]	Folhas	Concentraçao Foliar N	Ca	Mg	K	P
	t/ha	%					
A. mangium	15.1a	44	3.16a	0.80abc	0.13cd	1.23b	0.15a
F. congesta	5.2bc	31	2.86a	049cd	0.07d	1.05b	0.21a
F. rodocarpha	4.0c	36	3.22a	0.52cd	0.11cd	1.06b	0.23a
I. edulis	10.5ab	47	3.17a	0.96ab	0.13cd	0.90bc	0.14a
A. angustissima	4.6c	38	3.70a	0.59cd	0.18bc	0.93bc	0.22a
C. cajan	2.1c	39	3.37a	0.45d	0.15cd	1.18b	0.23a
G. sepium	2.1c	33	3.61a	1.06a	0.27a	1.87a	0.25a
C. racemosa	3.1c	33	3.30a	0.50cd	0.10cd	0.96b	0.22a
P. platycephala	4.5c	48	3.02a	0.65bcd	0.13cd	0.50c	0.13a
C. tinctoria	1.2c	64	3.11a	0.77abc	0.25ab	1.05b	0.20a
P. edwallii	0.1c	58	3.71a	0.41d	0.10cd	1.13b	0.18a

[1] Inclui ramos, caules e folhas podadas. Médias em colunas seguidas pela mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo Teste de Tukey.

espécie foi *Acacia angustissima*, seguida de *Flemingia rodocarpa*, *Flemingia congesta*, *Inga edulis*, *Parkia platycephala* e *Clitoria racemosa*, todas com bom índice de sobrevivência.

No Quadro 3, estão os dados de sobrevivência relacionado com os diferentes tratamentos efectuados. Houve um efeito negativo da poda na sobrevivência de *Acacia mangium*, *Pithecellobium edwallii* e *Caesalpinia tinctoria*. Convem mencionar que estes dados são da primeira poda e espera-se maiores diferenças entre tratamentos nas podas subsequentes. Observa-se também, que a poda teve efeito positivo na sobrevivência de *Cajanus cajan*; o corte de ramas secas promoveu novos lançamentos.

Quadro 3. Dados de sobrevivência das leguminosas, 90 dias após a primeira poda, em relação aos diferentes tratamentos efetuados. Porto Velho, Rondônia, Brasil.

ESPÉCIE	TRATAMENTO DE PODA[1] L1	L2	L3	L4
	%			
Clitoria racemosa	95	95	90	95
Inga edulis	90	90	95	100
Flemingia rodocarpha	100	95	100	85
Gliricidia sepium	85	85	100	90
Flemingia congesta	95	100	95	70
Acacia angustissima	85	85	90	95
Parkia platycephala	85	95	80	85
Pithecellobium edwallii	75	55	65	25
Cajanus cajan	30	45	60	60
Caesalpinia tinctoria	65	05	85	25
Acacia mangium	60	45	30	25

[1] L1 - sem poda; L2 - poda a 0,5 m no plantio do arroz e do caupi; L3 - poda a 1,0 m em ambas as datas; L4 - poda a 1,0 m no plantio do arroz.

Em termos de biomasa produzida na primeira poda, a maior produção foi obtida com *Acacia mangium*, *Inga edulis* e *Flemingia congesta* (Quadro 4). As espécies *Acacia mangium*, *Inga edulis* e *Parkia platycephala* produziram a maior quantidade de folhas e tiveram a maior proporção de folhas na materia seca.

Os teores de N, Ca, Mg, K e P nas folhas das espécies na primeira poda são apresentados no Quadro 5. Não houve diferença estatística significativa para teores de N nas folhas das leguminosas, apesar das concentrações variarem de 3,7 (*Acacia angustissima*, *Pithecellobium edwallii*) a 2,9% (*Flemingia congesta*). Houve bastante variação nos teores de Ca, K e Mg entre espécies. Observou-se que *Gliridia sepium* apresentou concentrações elevadas para a maioria dos nutrientes.

PLANOS PARA O FUTURO

Este estudo tem sua conclusão prevista para abril de 1992. Após este experimento, pretende-se desenvolver com as espécies selecionadas estudos de "alley-cropping" com diferentes densidades de plantio de culturas anuais, incluindo avaliações da produção dessas culturas bem como, estudos mais detalhados sobre a interação das leguminosas com os cultivos anuais no que se refere a efeitos no solo e distribuição de raízes.

LITERATURA CITADA

Fox, R.L. & Kamprath, E.J. Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirements of soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34:902-907. 1970

Smyth, T.J. & Bastos, J.B. Alterações na fertilidade de um Latossolo Amarelo álico pela queima da vegetação. Rev. Bras. Ci. Solo 8:127-132. 1984.

Cultivos en Callejones: Algunos Resultados de la Investigación enYurimaguas -Cuenca Amazonica del Peru

Angel Salazar[1]

INTRODUCCION

La práctica de combinar árboles con cultivos anuales, con la finalidad de mejorar el estado de fertilidad del suelo y obtener a la vez otros beneficios como leña, palos para construcción, forrajes, etc. es muy antigua en algunas partes del mundo. Una de estas prácticas en la cual los árboles son ordenados formando hileras, las cuales son repetidas a distanciamientos constantes y los cultivos plantados entre las hileras de árboles, es conocida como cultivos en callejones (Metzner, 1981; Kang *et al.*, 1981). Los árboles son podados frecuentemente y las podas son depositadas en el área de los cultivos con la finalidad de proveer nutrientes a estos. La poda de los árboles reduce la competencia por luz, favoreciendo a los cultivos. Si los árboles son leguminosos, el N se constituye en el principal elemento que es aportado por las podas para los cultivos.

Los cultivos en callejones son considerados como la técnica más versátil, efectiva y ampliamente adoptable entre las de reciente desarrollo en agricultura conservacionista (FAO, 1984). Esta consideración se debe principalmente al éxito en el mantenimiento de la fertilidad del suelo y la productividad de los cultivos en Alfisoles y Entisoles de Nigeria. Resultados obtenidos a la fecha en Ultisoles no son comparables a los anteriores y la aplicabilidad del sistema en este tipo de suelos, es aún dudosa (Szott *et al.*, 1991).

En la Estación Experimental de Yurimaguas, los ensayos de cultivos en callejones se iniciaron en 1983. Es intención de este documento resaltar algunos resultados de importancia obtenidos desde esa fecha hasta el presente.

MATERIALES Y METODOS

Descripción del Sitio

La Estación Experimental de Yurimaguas está ubicada a 6 km de la ciudad de Yurimaguas, en la parte alta de la cuenca amazónica del Perú. Sus coordenadas son 76°05' longitud Oeste y 5°46' latitud Sur. La temperatura promedio mensual es 26.3° C y la precipitación promedio anual es 2200mm. El promedio de precipitación mensual es cerca de 200mm todos los meses a excepción de junio, julio y agosto cuando la precipitación disminuye a cerca de 100mm y marzo cuando se eleva a 300mm (Figura 1).

Los suelos de Yurimaguas son predominantemente Ultisoles en las partes altas no inundables, consideradas como terrazas bajas y altas; los suelos en las partes inundables y antiguos lechos de ríos son Entisoles o Inceptisoles (Tyler, 1975). La clasificación taxonómica y las propiedades químicas de esos suelos son presentados en el Cuadro 1.

La vegetación de las áreas experimentales eran bosques secundarios característicos de esos suelos. En las partes altas los bosques eran de 10-15 años y en las partes aluviales de 3-4 años. En ambos casos la preparación fue tradicional: tumba y quema. Las áreas fueron utilizadas previamente para agricultura migratoria y nunca fueron fertilizadas.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica y características químicas de los suelos en las áreas experimentales.

AREA	SAT. pH	P	Al	Ca	Mg	K	N	M.O.	Al
		mg/L	-------cmol(+)/L-------					--------%--------	
Alta[1]	4.4	4.9	4.8	0.77	0.26	0.14	0.14	--	80
Aluvial[2]	5.5	2.3	0.5	15.9	2.8	0.20	0.10	3.4	2

[1] Clasificación: franco, fino silíceo, isohipertérmico, Typic Paleudult.
[2] Clasificación: franco arcilloso, isohipertérmico, Typic Tropoflurent.

Diseño Experimental

Dos experimentos son reportados para las áreas de altura:

a. En el primero se ensayaron 6 especies de leguminosas: *Inga edulis*, *Erythrina* sp., *Cajanus cajan*, *L. leucocephala*, *L. diversifolia* y *Desmodium giroides*. El diseño estadístico fue realizado en parcelas sub-subdivididas, especies en parcelas principales, ancho de

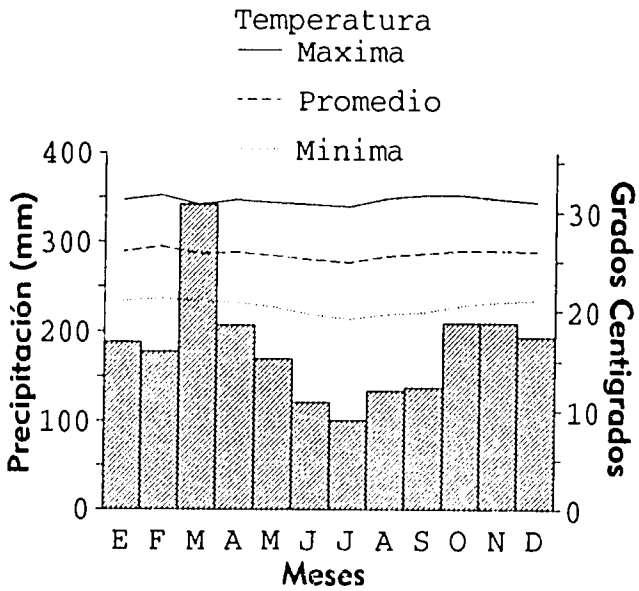


Figura 1. Temperatura promedio mensual y precipitación promedio anual. Yurimaguas, Perú.

[1]Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial, Yurimaguas, Loreto, Perú.

callejones en subparcelas y tratamientos de fertilidad en sub-sub-parcela (Szott, 1985). Se condujo un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones. Las parcelas experimentales consistieron de tres hileras de árboles plantados en un área de 218m^2 (9.5x23m). La hilera que estaba en medio era desplazada lateralmente 0.5m cada 7.62m para generar 6 diferentes anchos de callejones desde 2.0 hasta 4.5m. Los árboles en las hileras fueron plantados distanciados 0.5m (Figura 2). Previo a la plantación de los árboles, las áreas de las hileras fueron encaladas o no encaladas. Las áreas encaladas recibieron tratamientos de P o no P. Los cultivos fueron maíz en el primer ciclo y luego rotación de caupí y arroz.

b. El segundo es conducido en diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se están ensayando tres especies de leguminosas formando hileras: *Inga edulis*, *Cassia reticulata*, *Gliricidia sepium* y un tratamiento más con hileras alternadas de Inga y Gliricidia. A las especies de leguminosas se les aplicó dos tratamientos de anchos de callejones, 4 y 8m. Dos tratamientos de P, no P y 25 kg de P/ha como SFT fueron aplicados al voleo. Los cultivos son una rotación de caupí, caupí, arroz. El análisis estadístico es realizado en parcelas divididas en bandas, con especies en parcelas principales, anchos de callejones en sub-parcelas y tratamiento de P bandas.

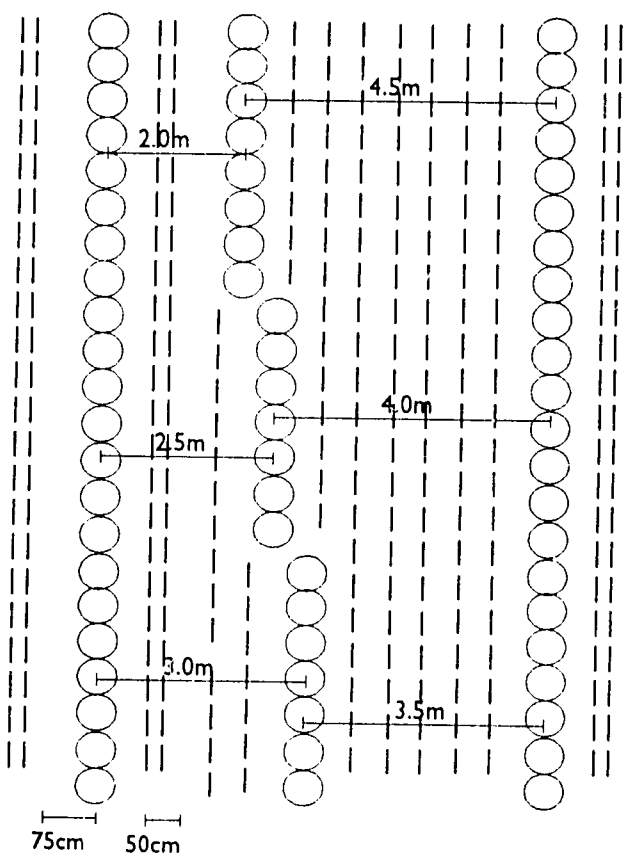


Figura 2. Diseño de parcelas del ensayo de cultivos en callejones, Yurimaguas 1983.

Dos experimentos son reportados para las áreas aluviales:

c. El primero conducido en bloques completos al azar, en un diseño de interfase (Huxley, 1986). Se ensayaron tres especies de leguminosas: *Inga edulis*, *Erythrina* sp. y *Leucaena leucocephala*. Las podas de estas especies fueron aplicadas en diferentes cantidades (0, 10 y 20 Mg/ha/año) a tres cultivos consecutivos de arroz. El análisis estadístico fue realizado en parcelas divididas, con especies en parcelas principales y cantidad de podas aplicadas en sub-parcelas.

d. El segundo experimento fue conducido en bloques completos al azar con 4 repeticiones. Los tratamientos son tres especies de leguminosas (*Inga edulis*, *Erythrina* sp. y *Leucaena leucocephala*) y dos anchos de callejones 4x8m. El análisis estadístico fue realizado en parcelas divididas, con ancho de callejones en parcelas principales y especies en sub-parcelas. Se incluyeron dos tratamientos testigos, sin árboles ambos, uno en donde los residuos del cultivo anterior permanecían en el campo y otro donde los residuos eran retirados.

Procedimiento de Campo

Todos los experimentos fueron iniciados de manera similar con tumba y quema. Los muestreos iniciales de suelo fueron hechos después de estas operaciones y antes de plantar los primeros cultivos. Las muestras de suelo son tomadas a diferentes profundidades dependiendo del ensayo pero todos fueron muestreados a profundidad 0-15cm. Las muestras fueron extraídas con un barreno de 1.2cm de diámetro.

En el primer experimento en suelos de altura los árboles fueron plantados en una sola hilera a distancias de 0.5m. Todas las especies fueron plantadas luego de 4 a 6 meses de vivero a excepción de desmodiun que fue plantado por semilla. Las plántulas de erythrina que no sobrevivieron fueron reemplazadas con estacas de 1.0-1.5m de largo y 2.0-5.0cm de diámetro. Las podas fueron realizadas a diferentes alturas dependiendo de las especies, pero al final se uniformó a 0.75cm.

En el segundo experimento en suelos de altura y en los dos de suelos aluviales las hileras de árboles fueron plantadas en dos líneas paralelas separadas 0.25m. Los árboles en las hileras estaban distanciados 0.5m. Erythrina fue plantada por estaca de 1m de largo y 3-5cm de diámetro a una profundidad de 0.25m. Leucaena, cassia y gliricidia fueron plantadas directamente por semilla. Estas, fueron escarificadas sumergiéndolas en agua caliente (80° C) y dejándolas sumergidas por 24 horas. *Inga edulis* fue plantada por semilla sin escarificar. Muchas semillas estaban pregerminadas en las vainas (viviparismo).

Procedimiento de Laboratorio

De las podas de los árboles se tomo una muestra para análisis de tejido. En algunos casos se separaron las hojas de las ramas. Los análisis se hicieron por digestión

húmeda con H_2O_2 y H_2SO_4. Los contenidos de K, Ca, y Mg fueron determinados por espectroscopía de absorción atómica, el P fue determinado por el método de azul de molibdeno (colorimétrico) (Murphy y Ryley, 1982) y el N fue determinado por microKjeldhal.

El análisis químico de suelos fue realizado en muestras secas al aire y molidas para pasar una malla 2mm. Las muestras fueron extraídas por el método de Olsen modificado, usando el método de azul de molibdeno para determinaciones de P y espectroscopía de absorción atómica para determinar K; o fueron extraídas con 1N de KCl para la determinación de Al mediante titulación con NaOH usando fenoltaleína como indicador y para la determinación de Ca y Mg por espectroscopía de absorción atómica. El pH fue determinado en una solución 1:2.5 suelo-agua. Carbono orgánico fue determinado usando el método de Walkley-Black.

RESULTADOS

Suelos de altura

Los siguientes resultados son de importancia en el primer ensayo de suelos de altura: De las seis especies ensayadas solo *Inga edulis* dio buen resultado, produjo 800g de materia seca por metro de hilera de árboles a una frecuencia de poda de 3-4 veces por año. De las restantes las dos leucaenas fueron sensibles a la acidez del suelo y la producción de biomasa fue insignificante. Desmodium parece no soportar repetidas podas; produjo inicialmente 127g de materia seca por metro de hilera pero luego declinó a 33 g. Cajanus tiene un ciclo de vida muy corto; al año las plantas comienzan a morir. Erythrina es susceptible a un barrenador del brote (*Hypsipyla* sp.), lo

Cuadro 2. Concentración de nutrientes en hojas y ramas de *Inga edulis* y *Erythrina* sp., promediados los tratamientos de fertilidad (Szott, 1987).

NUTRIENTE	PARTE	INGA[1]	ERYTHRINA[2]
		-------%-------	
N	Hoja	3.14	3.11
	Rama	1.26	1.49
P	Hoja	0.21	0.24
	Rama	0.14	0.21
K	Hoja	0.95	1.75
	Rama	1.08	0.90
Ca	Hoja	0.70	0.72
	Rama	0.35	0.38
Mg	Hoja	0.18	0.33
	Rama	0.10	0.20

[1] Promedio de seis podas realizadas entre los meses 9 y 26 después del trasplante.
[2] Promedio de tres podas realizadas entre los meses 18 y 26 después del trasplante.

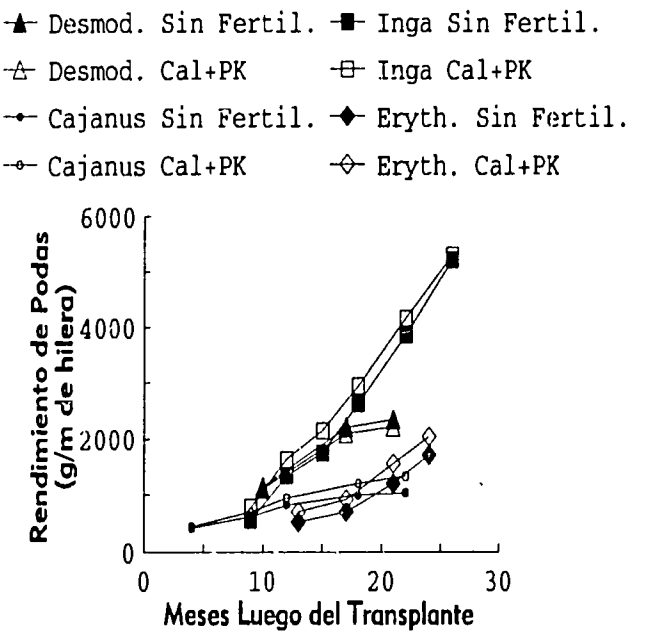


Figura 3. Rendimiento de podas de las especies leguminosas, basados en una densidad de 20,000 árboles/ha plantados a una distancia de 0.5m. (Szott, 1987).

que merma considerablemente la producción (Figura 3).

La concentración de nutrimientos fue siempre mayor en las hojas que en las ramas. El Cuadro 2 presenta datos de concentración de nutrientes en las hojas y ramas de Inga y de Erythrina. Los patrones temporales de concentración de nutrientes varían con el nutriente, las partes de la planta y las especies.

-En relación al rendimiento de grano, los cultivos en callejones rindieron menos o igual que cualquiera de los controles. La Figura 4 muestra los rendimientos de caupí y arroz en dos ciclos diferentes cuando los árboles están bien desarrollados. El rendimiento de arroz es afectado por las hileras de árboles; el caupí parece ser más indiferente.

En el segundo experimento en suelos de altura, los resultados más saltantes son:

Gliricidia sepium, está produciendo cantidades moderadas de podas. La producción inicial es baja, pero se incrementa paulatinamente con la edad de los árboles, a medida que estos son inoculados espontáneamente por cepas de *Rhizobium* nativo ya que no fueron inoculadas al momento de la siembra (Cuadro 3). *Cassia reticulata*, nueva leguminosa en ensayos de cultivos en callejones y ampliamente difundida en el Neotrópico, presenta concentraciones altas de N en las hojas aún cuando no presenta nodulación en las raíces. Produce cantidades más altas de podas que Inga pero a los 30 meses los árboles comenzaron a morir (Cuadro 3). Se modificó el método de podar los árboles y se ha logrado un consistente aumento en la cantidad de biomasa producida en las tres especies pero principalmente en Cassia.

Las aplicaciones de bajos niveles de P no producen incrementos significativos en las cantidades de podas producidas por todas las especies.

En relación a la producción de grano, hay mayor producción en callejones de Inga. El caupí no es influenciado por el ancho de callejones y los promedios son siempre más altos que los registrados para monocultivos. El arroz rinde más en los anchos de 8m. En los callejones con Inga, no se observa respuesta a la aplicación de P en el primer cultivo de arroz, pero en el siguiente cultivo de caupí se comienza a observar respuesta al tratamiento de P (Cuadro 4). En el segundo cultivo de arroz se sembró la variedad ITA 235 a 0.5x0.25m de distancia, la que produjo rendimientos de 1.48 Mg/ha. En el tercer cultivo de arroz se sembró nuevamente ITA 235. El distanciamiento se varió a 0.25x0.25m y el rendimiento se incremento a 2.38 Mg/ha.

Los cambios en las propiedades químicas de los suelos se presentan en el Cuadro 5. El pH, Mg y K intercambiable disminuyen con el tiempo. Fósforo, acidez y saturación de Al se incrementan con la aplicación de P.

Cuadro 3. Rendimiento de poda de tres especies leguminosa antes y después del tratamiento de P.

ESPECIES	Tratamiento De Fósforo ANTES[1]	DESPUÉS +P	DESPUÉS -P
	----------kg/m----------		
Inga edulis	0.511	0.371	0.359
Cassia reticulata	1.361	0.386	0.386
Gliricidia sepium	0.188	0.198	0.164

[1] Incluye la primera poda, que es la más abundante.

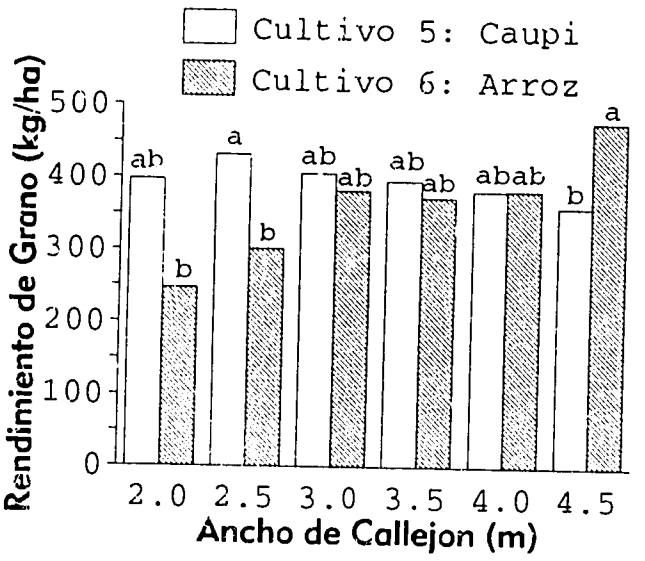


Figura 4. Rendimiento promedio de grano de caupi y arroz en cultivos en callejones de diferentes ancho. Para cultivo 5 los rendimientos son promedios por especies, tratamiento de fertilización y posiciones. En el cultivo 6 los rendimientos son promedios de tratamientos de fertilidad y posiciones con Inga (Szott, 1987).

Cuadro 4. Rendimiento de grano de 8 cultivos consecutivos en un sistema de cultivos en callejones en Ultisoles.

Trat. Especie	Ancho	P	Cultivos 1 C[1]	2 C	3 A[2]	4 C	5 C	6 A	7 C	8 A
	m		----------Mg/ha----------							
Ie[3]	4	+	1.1	0.7	0.7	1.0	0.8	1.9	1.1	2.6
		-			0.6	0.3	0.9	1.7	1.0	2.7
	8	+	0.9	0.8	0.9	0.7	0.8	1.6	1.0	2.4
		-			1.0	0.7	0.8	1.8	0.9	2.4
Cr	4	+	1.0	0.3	0.5	0.7	0.7	1.1	0.8	2.3
		-			0.5	0.6	0.6	0.9	0.7	2.5
	8	+	1.1	0.5	0.7	0.6	0.8	1.2	0.8	2.3
		-			0.8	0.7	0.8	1.6	0.8	2.5
Gs	4	+	0.8	0.5	0.7	0.6	0.5	1.3	0.7	2.2
		-			0.7	0.5	0.5	1.4	0.5	1.7
	8	+	1.0	0.6	1.0	0.6	0.7	1.6	0.7	2.0
		-			0.9	0.5	0.7	1.6	0.7	2.0
Mx	4	+	1.1	0.6	0.7	0.7	0.8	1.7	1.1	2.7
		-			0.6	0.7	0.8	1.5	0.8	2.1
	8	+	1.0	0.9	0.8	0.6	0.8	1.6	0.9	2.8
		-			0.9	0.6	0.7	1.8	0.9	2.4

[1] C = caupí
[2] A = arroz
[3] Ie = Inga edulis; Cr = Cassia reticulata; Gs = Gliricidia sepium; y Mx = Inga edulis + Gliricidia sepium.

Suelos aluviales

En el primer experimento en suelos aluviales, existe la tendencia a incrementar los niveles de producción de grano con incrementos en los niveles de podas aplicados. El efecto es constante con Leucaena. Con Inga la producción se incrementa cuando se aplican 10 Mg de podas/año, pero disminuye cuando se aplican 20.

En las hileras de cultivos más cercanas a las hileras de árboles, la producción de grano disminuye comparada con las hileras de cultivo más lejanas. En todos los

Cuadro 5. Cambio en las propiedades químicas del suelo luego de 8 cultivos consecutivos en un sistema de cultivos en callejones en un Ultisol de Yurimaguas.

Trat. Cultivo	P	pH	P	Al	Ca	Mg	K	Sat.Al
			mg/L	----- cmol(+)/L----				%
1	-	4.5	4.87	4.86	0.83	0.27	0.18	78
8	+	4.3	5.94	4.91	0.75	0.23	0.07	83
	-	4.3	5.27	4.51	1.02	0.23	0.09	77

Cuadro 6. Adición de nutrientes en podas, remoción con los cultivos y balance neto de nutrientes después de tres cultivos de arroz con aplicación de mulch de 20 Mg/ha en un sistema de cultivo en callejones en suelos aluviales. Yurimaguas Perú.

	PESO SECO	N	P	K	Ca	Mg
	Mg/ha/año	----------kg/ha----------				
			Inga edulis			
Adiciones						
Hojas	15.2	538	43	154	172	23
Ramas	4.8	84	12	86	31	5
Total	20.0	622	55	240	203	28
Remociones						
Grano	5.7	76	33	26	3	11
Rastrojo	11.2	124	39	150	18	21
Total	16.9	200	72	176	21	32
Balance Neto		422	-17	64	182	-4
			Erythrina sp.			
Adiciones						
Hojas	8.6	370	34	186	153	37
Ramas	11.4	119	27	176	121	27
Total	20.0	489	61	362	274	64
Remociones						
Grano	6.4	86	34	27	4	12
Rastrojo	13.1	131	46	163	21	25
Total	19.5	217	80	190	25	37
Balance Neto		272	-19	172	249	27
			Leucaena leucocephala			
Adiciones						
Hojas	12.0	575	36	187	256	58
Ramas	8.0	107	22	114	54	19
Total	20.0	682	58	301	310	77
Remociones						
Grano	5.7	75	31	24	2	11
Rastrojo	12.5	128	48	170	23	24
Total	18.3	203	79	194	25	35
Balance Neto		479	-21	107	285	42

cultivos los rendimientos se incrementan de manera curvilínea con respecto a la distancia de la línea de árboles. Los rendimientos con Leucaena son siempre más altos para todas las posiciones.

La concentración de nutrientes fue siempre más baja en Inga que en las otras especies. Mientras que Leucaena presentaba concentraciones más altas de N y Ca y Erythrina de K.

Cuando se ejecuta un balance entre las adiciones de nutrimientos hechas en 20 Mg de podas contra los nutrientes removidos en grano y el rastrojo del cultivo, en todas las especies, hay un balance positivo de N, K y Ca, y negativo para P. El balance de Mg fue positivo para Erythrina y Leucaena pero negativo para Inga (Cuadro 6).

Los cambios en las propiedades químicas del suelo siguen la misma tendencia que el balance de nutrientes. El P disponible decrece de 6 a 4 mg/L en tres cultivos. Ca y Mg intercambiables tienden a incrementar de 17 a 21 cmol(+)/L y 2.0 a 2.8 cmol(+)/L, mientras que K decrece de 0.18 a 0.14 cmol(+)/L. El pH en la capa de suelo de 0-15cm se mantiene en el rango de 5.8-6.0.

En relación al segundo ensayo en suelos aluviales los resultados mas saltantes son los siguientes:

El rendimiento de arroz muestra, con el tiempo, un ligero incremento en los tratamientos con árboles; se incrementa drásticamente en el testigo sin árboles con residuos y disminuye en los testigos sin residuos (Figura 5).

El caupí rinde menos grano en los tratamientos sin árboles y la producción se mantiene a través del tiempo (Figura 5). Con el tiempo, el maíz muestra un marcado incremento en la producción de grano en los tratamientos con árboles, así como una notoria disminución en los tratamientos sin árboles (Figura 5).

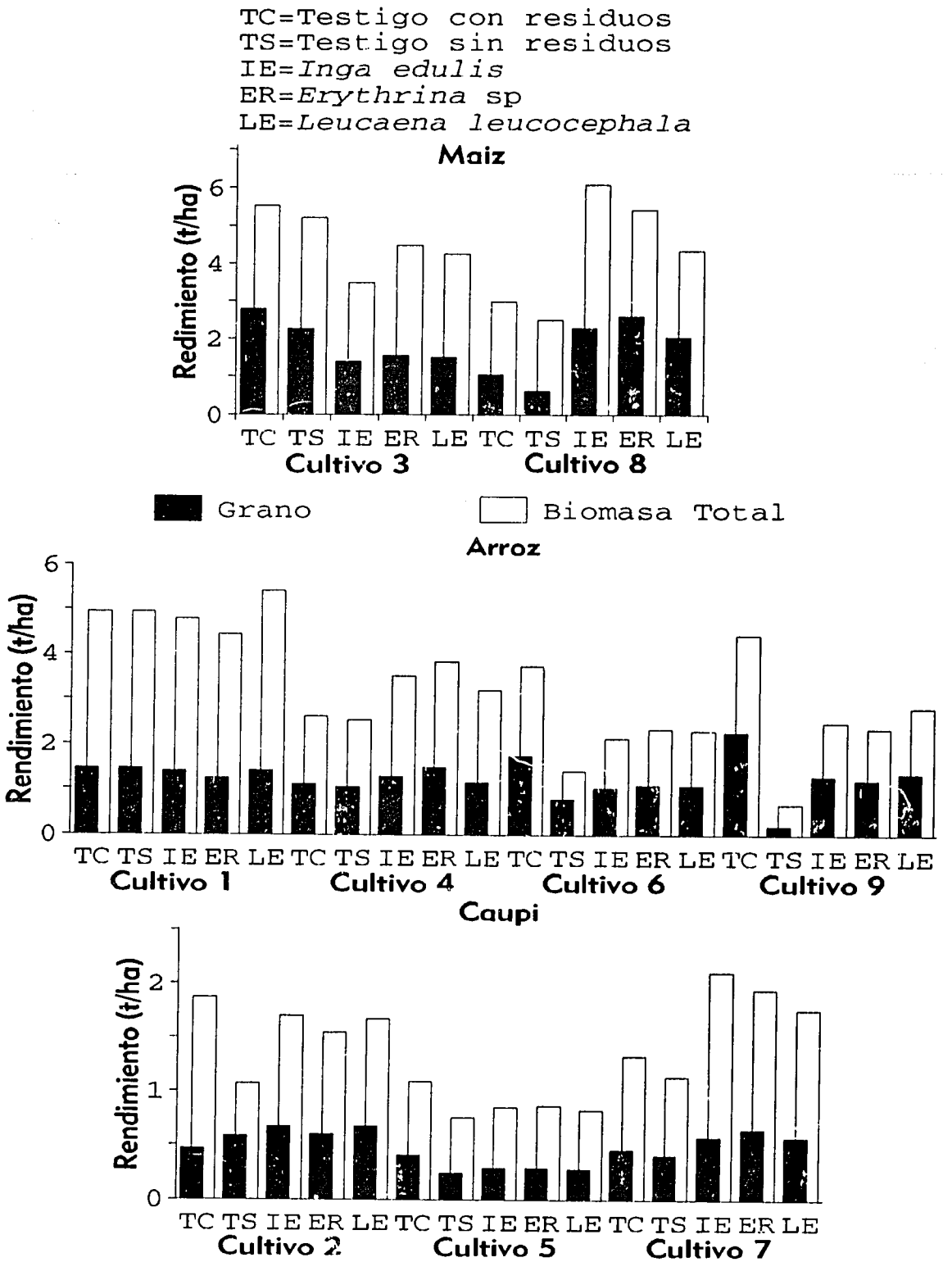


Figura 5. Rendimiento de grano y biomasa total de maíz, arroz y caupí en rotación de cultivos en callejones con 3 diferentes especies de leguminosas.

Para todos los cultivos la producción de los callejones de 8m es mayor que para los callejones de 4m.

La hileras de arroz y caupí, más cercanas a las hileras de los árboles, rinden menos que las hileras más alejadas. El efecto es contrario en el caso del maíz (Figura 6).

Las características químicas de los suelos muestran las siguientes tendencias: 1) en los tratamientos con árboles se nota un incremento de Ca y Mg, lo mismo que en el tratamiento control con residuos en el campo, pero decrece en el tratamiento control sin residuos en el campo; 2) los niveles de P decrecen en todos los tratamientos; 3) la acidez y el K decrecen en todos los

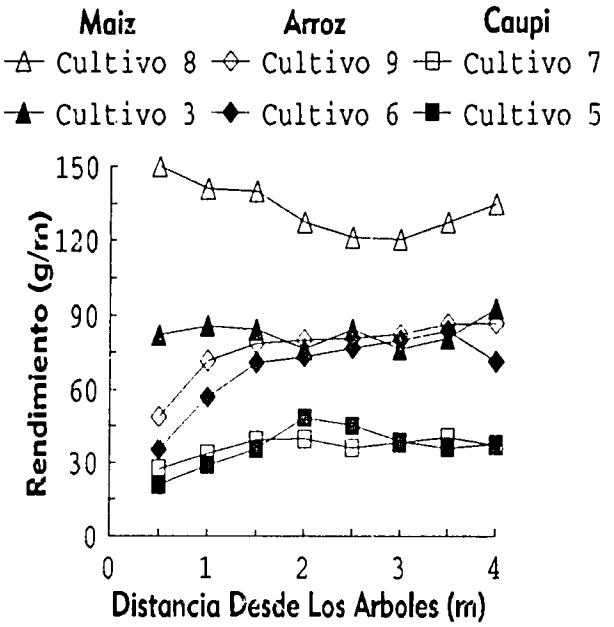


Figura 6. Rendimiento de grano de maíz, arroz y caupí por línea con respecto a la hilera de árboles en callejones de 4 y 8m de ancho.

tratamientos con excepción del tratamiento control sin residuos en donde la acidez se incrementa notoriamente; 4) en todos los tratamientos con árboles el N se incrementa, mientras que en los tratamientos sin árboles decrece (Cuadro 7).

CONCLUSIONES

En suelos aluviales, se repiten las experiencias exitosas que se han registrado en otros lugares. El resultado más saltante en este tipo de suelos es que el control de malezas se ve favorecido por la lenta descomposición del mulch producido por *Inga edulis*. Esto podría ser el mejor argumento para la adopción del sistema por los agricultores.

En suelos de altura, se debe mencionar la aceptable producción de biomasa de *Gliricidia sepium*, la cual es de fácil descomposición. Cuando se aplica al suelo mezclada con mulch de *Inga edulis*, produce los rendimientos más altos de grano de arroz.

En ambos tipos de suelos, el P parece uno de los elementos críticos. El balance es siempre negativo cuando se compara los nutrientes aplicados como mulch y lo removido en la cosecha de los cultivos. Potasio es otro elemento crítico que luego de 6 a 8 cultivos baja a los niveles críticos para los cultivos de maíz y arroz.

Observaciones preliminares enseñan que es mejor podar los árboles y aplicar el mulch y luego de 1 ó 2 semanas sembrar los cultivos. Esta práctica disminuye la competencia inicial de los árboles con los cultivos y se supera el efecto negativo en la germinación de cultivos por los primeros extractos de las hojas de los árboles. Sin embargo, esto puede resultar en asincronía entre disponibilidad y demanda de nutrientes.

Cuadro 7. Cambio de las características químicas del suelo en un sistema de cultivos en callejones después de 7 cultivos consecutivos (38 meses después de la quema). Profundidad 0-15cm.

Ancho	Especie[1]	Cultivo	pH	P	Al	Ca	Mg	K	N	MO
m				mg/kg	---------- cmol(+)/L ----------				------%------	
	C[2]	1	5.5	2.4	0.45	12.9	2.6	0.24	0.14	3.25
		7	5.4	1.8	0.20	13.4	2.8	0.17	0.11	--
	C[3]	1	5.5	2.4	0.45	12.9	2.6	0.24	0.14	3.25
		7	5.3	3.3	2.20	8.8	1.8	0.11	0.11	--
4	IE	1	5.5	2.0	0.47	17.0	3.0	0.19	0.10	3.35
		7	5.5	1.6	0.75	17.7	3.1	0.12	0.16	--
4	E	1	5.4	2.4	1.47	15.8	2.7	0.19	0.11	3.35
		7	5.5	1.1	0.65	18.3	3.1	0.12	0.14	--
4	LI	1	5.6	2.5	0.45	15.0	3.0	0.18	0.11	3.54
		7	5.4	1.3	0.40	14.9	3.1	0.12	0.15	--
8	IE	1	5.7	2.6	0.20	18.0	2.5	0.17	0.12	3.29
		7	5.7	1.4	0.20	24.0	3.1	0.14	0.16	--
8	E	1	5.6	2.2	0.40	18.5	2.8	0.17	0.11	4.18
		7	5.6	1.8	0.27	21.8	3.5	0.13	0.15	--
	LI	1	5.5	1.9	0.33	17.3	2.8	0.22	0.10	2.92
		7	5.5	1.3	0.55	18.3	3.2	0.13	0.14	--

[1] IE = *Inga edulis*; E = *Erythrina* sp.; LI = *Leucaena leucocephala*.
[2] Control sin árboles, los residuos del cultivo anterior permanecen en el campo.
[3] Control sin árboles, los residuos del cultivo anterior son removidos del campo.

PLANES FUTUROS

Los futuros pasos deben ser encaminados a la búsqueda de especies arbóreas, adaptadas a diferentes tipos de suelos y estudiar la influencia de diferentes regímenes de podas (altura y frecuencia) en los cultivos asociados con la finalidad de aminorar los negativos efectos de interfase entre el árbol y el cultivo.

Algo más sería la búsqueda de cultivares de arroz y caupí o de los cultivos específicos para cada zona que sean en cierta manera tolerantes a la competencia por luz que ejercen los árboles sobre los cultivos.

LITERATURA CITADA

FAO. 1984. Changes in shifting cultivation in Africa. FAO Forestry Paper N° 50. Rome. 185 pp.

Huxley, P. A. 1986. The tree/crop interface, or simplifiying the biologigal/environmental study of mixed cropping. Agroforestry Systems 3:252-266.

Kang, B. T., G.F. Wilson y L. Sipkens. 1981. Alley cropping of maize (Zea mays L.) and leucaena (Leucaena leucocephala Lam) in southern Nigeria. Pl. Soil 63:165-179.

Lundgren, B.O. y Raintree J.B. 1983. Sustained agroforestry, in agricultural research for development: potentials and challanges in Asia. The Hague. ISNAR. 1983.

Metzner, J. A. 1981. Innovations in agriculture incorporating traditional production methods: the case of Amarasi (Timor). Appl. Geog. Develop. 17:91-107.

Murphy, J. y J. P. Riley. 1962. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta 27:31-36.

Szott, L.T. 1987. Improving the productivity of shifting cultivation in the Amazon Basin of Perú though the use of leguminous vegetation. Ph.D. Tnesis, North Carolina State University, Raleigh, NC. 168 pp.

Szott, L.T., C.A. Palm, y P.A. Sánchez. 1991. Agroforestry systems in acid soils of the humid tropics. Adv. Agron. 22 (por publicar).

Tyler, E.J. 1975. Génesis of the soils within a detailed soil survey area in the upper Amazon Basin, Yurimaguas, Perú. Tesis del Ph.D., North Carolina State University, Raleigh, N.C. 165 pp.

Ensayo de Proveniencias De *Gliricidia Sepium* (Jacq.) Walp. en un Ultisol de la Amazonia Peruana

Erick C.M. Fernandes[1]

INTRODUCCION

Tecnologías agroforestales, que involucran distintas combinaciones de árboles y cultivos, tienen buen potencial para una productividad sostenida de los cultivos a la vez que conservan el suelo. Especies de árboles de rápido crecimiento son los componentes mayores de estas tecnologías. Con la excepción de *Leucaena leucocephala*, la gran mayoría de especies arbóreas actualmente usadas en agroforestería no han sido ensayadas para determinar su potencial biológico y adaptabilidad a condiciones locales y a factores de manejo tales como, poda, competencia con cultivos y fertilización.

Gliricidia sepium (Jacq.) Walp. es un árbol leguminoso nativo de México y América Central; fue introducido a muchas áreas en los trópicos y es actualmente utilizada en sistemas agrícolas tradicionales para producir leña, forraje, postes, cercos vivos, estacas para plantas trepadoras y abonos verdes (NAS, 1980; NFTA, 1987; Budelman, 1990). En la mayoría de suelos donde se usa Gliricidia, la acidez del suelo está en un rango de pH de 5.5-7.0 en la cual la saturación de Al es insignificante (Perino, 1979; Agboola, 1981; CATIE, 1986).

Las limitaciones químicas de los suelos ácidos para el crecimiento de árboles fijadores de N puede reducir severamente el potencial de una productividad sostenible en sistemas agroforestales (Szott, 1990). Resultados de ensayos conducidos por el Centro Internacional de Ganadería en Africa (ILCA) y la Asociación de Arboles Fijadores de N (NFTA) indican que algunas proveniencias de Gliricidia crecen mejor que otras cuando la acidez del suelo está en un rango de pH de 4.3-4.7 (Atta-Krah, 1987; Glover, 1987). Proveniencias de Gliricidia con tolerancia a 60-80% de saturación de Al podrían contribuir significativamente como un componente de sistemas agroforestales en suelos ácidos.

OBJETIVOS

La colaboración internacional con el Instituto Forestal de Oxford (OFI), que coordina centralmente la exploración y organiza la colección de semillas, ha resultado en colecciones de amplio rango con más de 2,400 individuos de 30 proveniencias en ocho países (Hughes, 1987). Estas colecciones representan una amplia base genética, que permitirá una mayor flexibilidad en la futura selección y mejoramiento de Gliricidia para un rango de localidades en ambientes diferentes.

Los objetivos específicos de este estudio son:

1. Evaluar el crecimiento y la productividad de biomasa de accesiones seleccionadas (OFI) de *Gliricidia sepium* en un Ultisol de la Amazonía Peruana.
2. Seleccionar proveniencias con tolerancia a condiciones de suelos ácidos para futuras pruebas en diferentes localidades.
3. Identificar correlaciones de crecimiento juvenil/maduro para ayudar en futuras evaluaciones y selecciones.
4. Contribuir con información para la Red Internacional de Ensayos de Proveniencias de Gliricidia ayudando en la interpretación de interacciones genotipo/ambiente.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se localizó en la Estación Experimental de Yurimaguas en la hoya Amazónica del Perú (76° 05' de longitud O, 5° 45' de latitud S, 180 m de altitud). El área tiene una precipitación anual promedio de 2200mm que excede a la evapotranspiración potencial durante nueve meses del año y una temperatura promedio anual de 26°C. La Figura 1 presenta los datos de lluvia y temperatura para el período en el que se condujo el estudio. El protocolo experimental para el ensayo de proveniencias proporcionado por OFI (Hughes, 1987) sirvió como la mayor referencia para los métodos y el diseño experimental.

Procedimientos en el vivero

Se obtuvieron del Instituto Forestal de Oxford (OFI), Reino Unido, semillas de 15 proveniencias de 5 países en

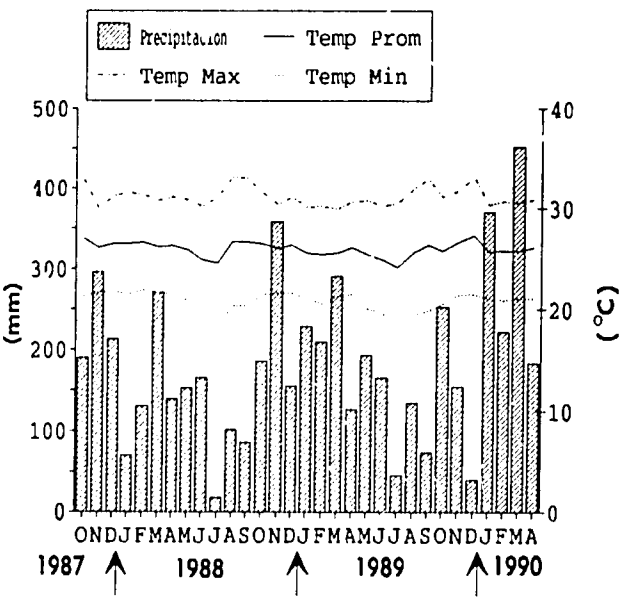


Figura 1. Precipitación promedio mensual y temperaturas máxima, promedio y mínima para el período del estudio.

[1] Programa de Suelos Tropicales, North Carolina State University, Raleigh, NC 27695-7619.

Cuadro 1. Números de identidad y origen de las proveniencias de *G. sepium*.

IDENTIDAD NO.	PAÍS DE ORIGEN	LATITUD N	LONGITUD O
11/86	Costa Rica	10° 15'	85° 18'
12/86	Costa Rica	10° 19'	85° 54'
13/84	Guatemala	14° 22'	89° 46'
14/84	Guatemala	14° 33'	91° 39'
24/84	Honduras	13° 24'	86° 58'
25/84	Honduras	14° 16'	87° 58'
10/86	Honduras	13° 26'	87° 11'
34/85	México	19° 46'	96° 25'
36/85	México	18° 20'	95° 06'
37/85	México	16° 18'	92° 22'
39/85	México	16° 48'	99° 15'
40/85	México	16° 15'	93° 58'
29/[illegible]	Nicaragua	12° 23'	85° 45'
3[illegible]/[illegible]4	Nicaragua	12° 14'	86° 27'
[illegible]/86	Nicaragua	11° 37'	85° 48'

Centro América. El Cuadro 1 presenta los números de identidad y el origen de cada proveniencia. Las semillas fueron sembradas en camas de vivero conteniendo un suelo similar al del lugar del experimento. Este suelo contenía raíces finas y nódulos de *Pueraria phaseoloides* (kudzú) en abundancia. Las raíces de kudzú fueron evaluadas para determinar el nivel de infección por hongos micorrizófilos vesículo-arbusculares (MVA) y se encontró que el 84% de la longitud de las raíces estaba infectado. Por consiguiente, se consideró que el suelo tenia un adecuado inóculo de MVA nativo.

Previamente a la siembra en las camas, todas las semillas de *Gliricidia* fueron inoculadas con una línea específica de *Rhizobium* proporcionada por NIFTAL. Las semillas de la mayoría de las proveniencias germinaron cuatro días después de la siembra evaluándose el porcentaje de germinación para cada proveniencia. Tres semanas después de la germinación, las plántulas fueron sacadas cuidadosamente de la camas y sembradas en bolsas de polietileno que contenian aproximadamente 1 kg de suelo secado al aire.

Las plantas fueron regadas regularmente para mantener el contenido de humedad del suelo en las bolsas en 60% de la capacidad de campo. Las bolsas fueron levantadas y movidas un poco cada semana para prevenir el enraizamiento en el suelo. Tres semanas antes de la siembra en el campo, las plantas fueron movidas de la sombra parcial en el vivero, a plena luz y las frecuencias de riego fueron reducidas para hacer a las plantas más tolerantes a sequía principalmente. Cuatro meses después de la germinación las plántulas más saludables de cada proveniencia fueron sembradas en el campo.

Cuadro 2. Características químicas del suelo en el lugar experimental. Clasificación: Typic Paleudult fino, franco, silíceo, isohipertérmico.

PROF.	(H_2O)	Intercambiable Al+H	Ca	Mg	K	ECEC	P[1]	Sat. De Al
cm		---------- cmol(+)/kg------					mg/kg	%
0-15	4.4	3.82	0.88	0.25	0.10	5.63	8.5	75
15-30	3.9	4.00	0.42	0.11	0.06	4.59	5.7	91

[1] P disponible por el método de Olsen Modificado.

Descripción del Proceso de Campo

El experimento fue conducido en un suelo ácido en una terraza plana alta que previamente había sido usada para conducir una evaluación de especies de árboles fijadores de N y luego abandonada. El suelo era un Typic Paleudult franco fino, silíceo, isohipertérmico. El contenido de arcillas en los primeros 15 cm promedió 27% teniendo caolinita como el mineral predominante en la fracción arcilla (Tyler, 1975). El lugar nunca había sido fertilizado. El barbecho (de cerca de un año), que incluía remanentes de algunas de las especies probadas, árboles nativos y gramíneas, fue desmontado manualmente, quemándose la vegetación una vez seca *in situ*.

Después de la quema, la capa superficial del suelo tenía una capacidad efectiva de intercambio de cationes de 5.63 cmol(+)/L, pH 4.4 y saturación de Al de 75%. El C y N totales fueron de 1.10 y 0.11%, respectivamente. El Cuadro 2 presenta datos de las propiedades químicas del suelo a una profundidad de 30 cm. En términos agronómicos, este lugar podría ser considerado pobre, proporcionando por consiguiente, una prueba difícil para las proveniencias de Gliricidia. Las características químicas del suelo son representativas de los lugares abandonados por agricultores migratorios en la región.

Diseño Experimental

Para evaluar las proveniencias de Gliricidia se utilizó un esquema de cultivos en callejones. El diseño experimental fue bloques completos al azar con seis repeticiones y 12 parcelas de árboles en fila. El esquema básico comprendió filas individuales de árboles espaciados a 0.5 m en las filas y 4 m entre filas, con tres filas de cultivos entre dos filas de árboles (ver Figura 2). Las proveniencias fueron aleatorizadas en las repeticiones. Se anticipó que los niveles de saturación de Al del suelo podrían tener una mayor influencia en el crecimiento de Gliricidia, por lo que los bloques fueron ordenados para minimizar la variación en saturación de Al en los bloques y maximizarla entre los bloques. Areas con drenaje pobre y en donde existieron nidos de hormigas y termitas fueron excluídas de los bloques. Las plántulas que quedaron después de sembrar el ensayo fueron usadas para bordes en el

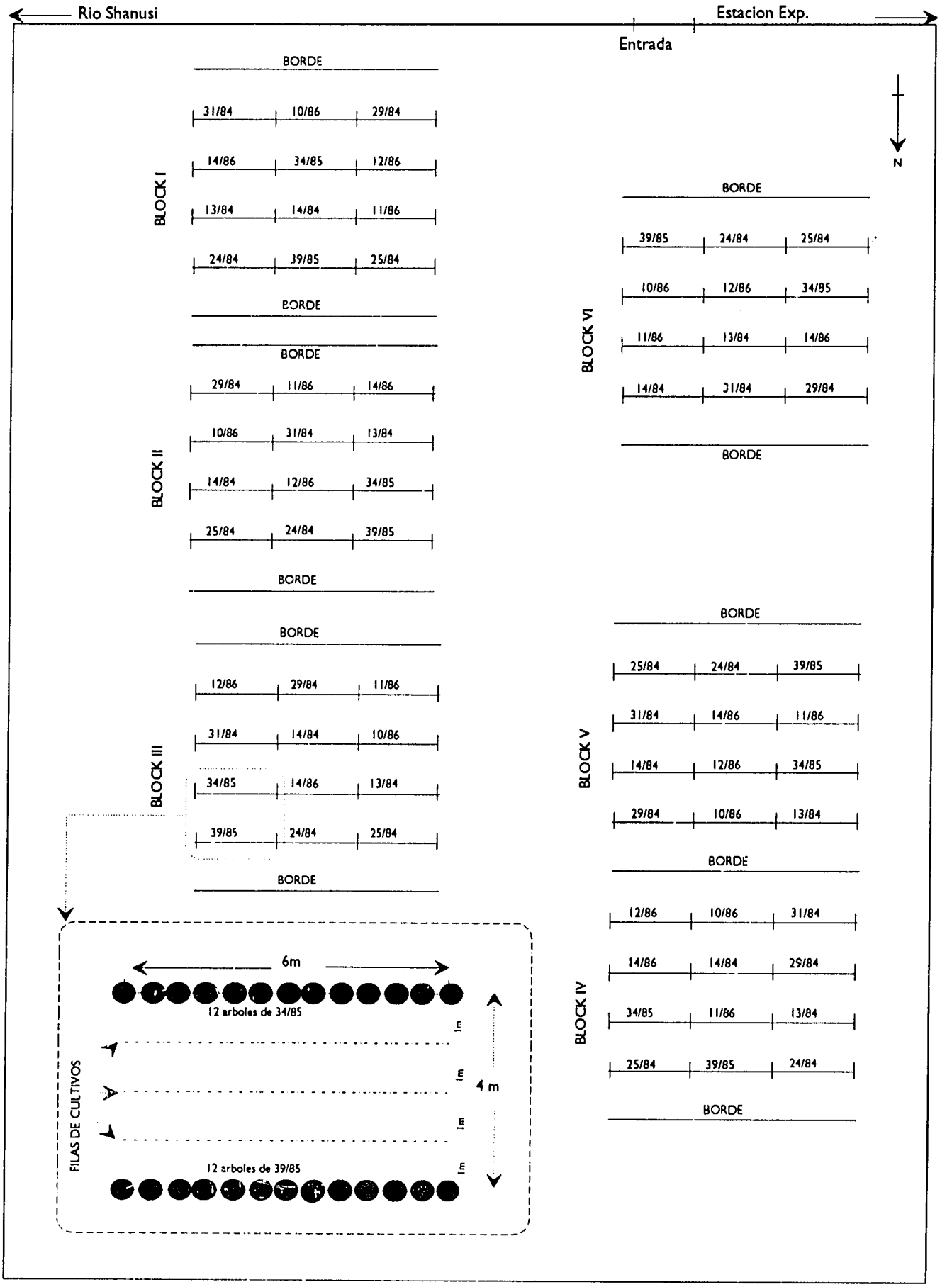


Figura 2. Esquema del ensayo de proveniencias de *Gliricidia sepium*.

perímetro del campo.

Procedimientos en el campo

Dos semanas después de la siembra, se evaluó la supervivencia de los árboles, reemplazándose las plántulas muertas con árboles de la misma proveniencia. Se sembró un cultivo de caupí (*Vigna unguiculata* var. Vita 7) en los callejones. Los cultivos subsiguientes incluyeron caupí-arroz-arroz-caupí-arroz-arroz basados en un sistema de bajos insumos propuesto por Sánchez y Benítes (1987). La Figura 3 muestra las operaciones de campo para Gliricidia y las rotaciones de cultivos, respectivamente. Aunque el protocolo del ensayo proporcionado por OFI sugirió maíz como cultivo en los callejones, esta especie no fue usada ya que hubiera crecido pobremente en un suelo con saturación de Al de 75%. La deshierba se hizo manualmente usando machetes de punta cuadrada. Los árboles fueron deshierbados al mismo tiempo que los cultivos. Después de cosechar los cultivos, todos los residuos de paja fueron retornados a los callejones para

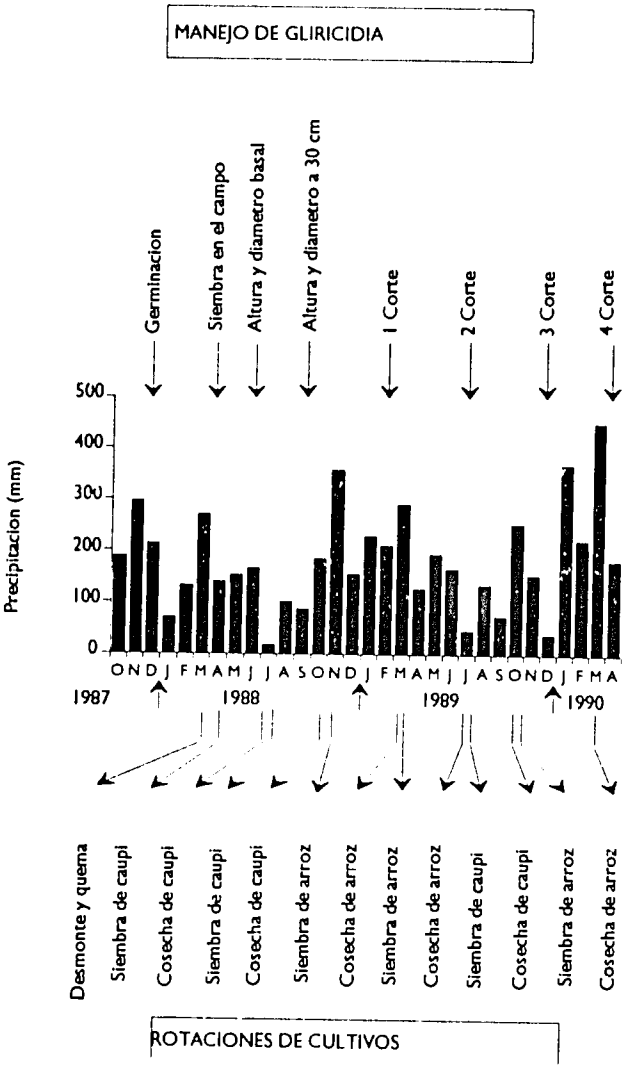


Figura 3. Cronología del manejo de *Gliricidia* y de las rotaciones de cultivos.

minimizar la exportación de nutrientes del lugar. No se midieron los rendimientos de grano y de paja.

Dos meses después de la siembra, se midió la altura y el diámetro basal en todos los árboles. La altura y el diámetro a los 30 cm sobre el suelo fueron medidos a los seis meses de la siembra, en la rama más gruesa de cada árbol (aún si esta rama no era la más alta). Se tomaron dos lecturas de diámetro en ángulo recto para obtener un promedio. Para árboles inclinados, se midieron las alturas a lo largo del tallo y no verticalmente desde el suelo. Se midieron solamente los diez árboles centrales en cada parcela dejando los árboles del principio y del final de la parcela como bordes, para aminorar efectos de borde.

El primer corte fue hecho a 0.75 m de altura a los 11 meses después de la siembra. Cortes subsiguientes fueron hechos aproximadamente cada 4.5 meses (Figura 3) siendo este período el normalmente usado por un cultivo de arroz de altura, el cultivo principal en estos suelos ácidos. En cada corte, se midieron el rendimiento total en peso fresco de las hojas y de madera para cada uno de los árboles. Aunque todos los árboles de la parcela fueron cortados, se evaluaron solamente los 10 centrales. La pesada se hizo inmediatamente después del corte para minimizar errores debidos a pérdidas de humedad. Después de la pesada, las ramas cortadas fueron esparcidas uniformemente en los callejones adyacentes como un mulch verde. En el segundo corte y en los subsiguientes, se contó también el número de brotes para cada árbol.

En cada parcela se seleccionaron al azar dos árboles con la finalidad de obtener un estimado del contenido de humedad y de la producción de materia seca; las hojas y la madera se secaron separadamente en un horno de aire forzado a 105°C, hasta peso constante, para determinar los pesos respectivos.

Procedimientos En El Laboratorio

Análisis de nutrientes del material vegetal Las muestras de hojas de Gliricidia (hojuelas + raquis) secadas al aire fueron secadas en un horno a 60°C y luego molidas para que pudieran pasar una malla de 1mm, en un molino tipo Wiley. Se analizó N mediante el método de microKjeldahl. El P, K, Ca y Mg se determinaron mediante digestión en H_2SO_4 concentrado y extraído con H_2O_2 al 30%. El P fue medido colorimétricamente por el método de molibdato azul (Murphy y Riley, 1962) mientras que K, Ca y Mg se midieron mediante el espectroscopio de absorción atómica.

Análisis de suelo El suelo fue muestreado después de la quema. Se colectaron muestras compuestas de los bloques a profundidades de 0-15 y 15-30 cm. Las muestras fueron secadas al aire y molidas para pasar una malla de 2 mm. Se extrajeron muestras con los extractantes Olsen Modificado o 1 M KCl (Hunter, 1979). El extracto de suelo con Olsen Modificado fue usado en la determinación colorimétrica de P por molibdato azul (Murphy y Riley,

1962) y en la determinación de K intercambiable se usó el espectroscopio de absorción atómica. Aluminio intercambiable, Ca y Mg fueron medidos en los extractos de suelo con KCl. Los niveles de Al + H intercambiables fueron hechos mediante titulación con NaOH con referencia a fenolftaleína (Hunter, 1979). Calcio y Mg intercambiables fueron medidos con el espectroscopio de absorción atómica. Los valores de pH del suelo fueron medidos en una solución suelo:agua (1:2.5). Se determinó C orgánico mediante el método de Walkley-Black (Nelson y Sommers, 1982).

RESULTADOS PRELIMINARES Y DISCUSION

A pesar de que la semilla de todas las proveniencias tuvo el mismo tratamiento con respecto a almacenamiento, inoculación con *Rhizobium* y siembra, hubo una gran diferencia en los porcentajes de germinación (Cuadro 3). Dado que el suelo en las camas del vivero y en las bolsas fue completamente mezclado previamente a su utilización, es poco probable que diferencias en el suelo hayan tenido que ver por la gran variación observada en la germinación. La hipótesis es que los resultados pueden ser debidos a una tolerancia diferencial entre las proveniencias a niveles altos de saturación de Al.

Las alturas de planta seis meses después de la siembra muestran significativas diferencias entre las proveniencias (Figura 4). La proveniencia 14/84, de Guatemala, fue significativamente mejor que todas las otras y fue 40% más alta que la proveniencia 25/84 que ocupaba el segundo lugar en orden. El coeficiente promedio de variación (CV) en los 10 árboles en cada proveniencia fue de 21% para la altura a los 3 meses y 37% para la altura a los 6 meses. Es interesante señalar que las proveniencias 14/84, 11/86, 31/84 y 10/86, que tuvieron altos porcentajes de germinación, estuvieron también entre las más altas a los 6 meses.

Cuadro 3. Porcentaje de germinación de las proveniencias de *G. sepium*.

Numero De Identidad	Germinación*
	%
14/84	73
11/86	67
31/84	64
13/84	63
10/86	63
14/86	62
12/86	61
34/85	59
29/84	49
24/84	43
25/84	39
39/85	22
40/85**	26
37/85**	20
36/85**	12

* Germinación evaluada dos semanas después de la siembra.
** Descartadas del ensayo debido a número insuficiente o a pobre calidad de las plántulas.

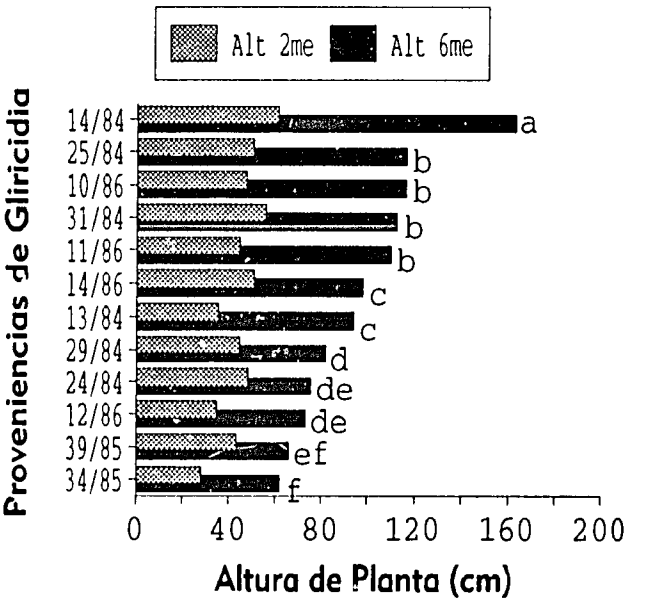


Figura 4. Alturas de planta a los 2 y 6 meses después de la siembra en el campo. Las columnas de altura a los seis meses, con la misma letra no son significativamente diferentes al nivel de k = 100 (Waller Duncan).

La producción acumulativa de hojas, madera y biomasa total después de tres cortes (20 meses después de la siembra en el campo) fue significativamente diferente entre las proveniencias (Figura 5). Una vez más, la proveniencia 14/84 fue significativamente más productiva y rindió 41% más en hojas, 98% más en madera y 70% más en biomasa total que la proveniencia que le seguía en segundo lugar. Después de tres cortes, la proveniencia 14/84 tuvo una biomasa total promedio de 680 g/árbol/4.5 meses. En un ensayo previo con especies en el mismo lugar, Salazar y Palm (1987), reportaron un rendimiento promedio de biomasa de 338 g/árbol/3 meses para otra proveniencia de Gliricidia, que es equivalente a un promedio de biomasa total de 1352 g/árbol/12 meses en comparación con 1813 g/árbol/12 meses para la proveniencia 14/84. El espaciamiento entre árboles para el primer caso fue de 5 x 1m y para la 14/84 fue de 4m x 0.5m.

En un ensayo de proveniencias *G. sepium* en 10 lugares con precipitación variable y acidez del suelo (pH 4.3 to 6.6), Attah-Krah (1987) reportó que 14/84 estuvo entre las mejores en tasa de crecimiento y producción de biomasa. Esto indicaría que 14/84 podría tener una amplia adaptabilidad a una variedad de lugares y condiciones ambientales. Pruebas futuras sobre un

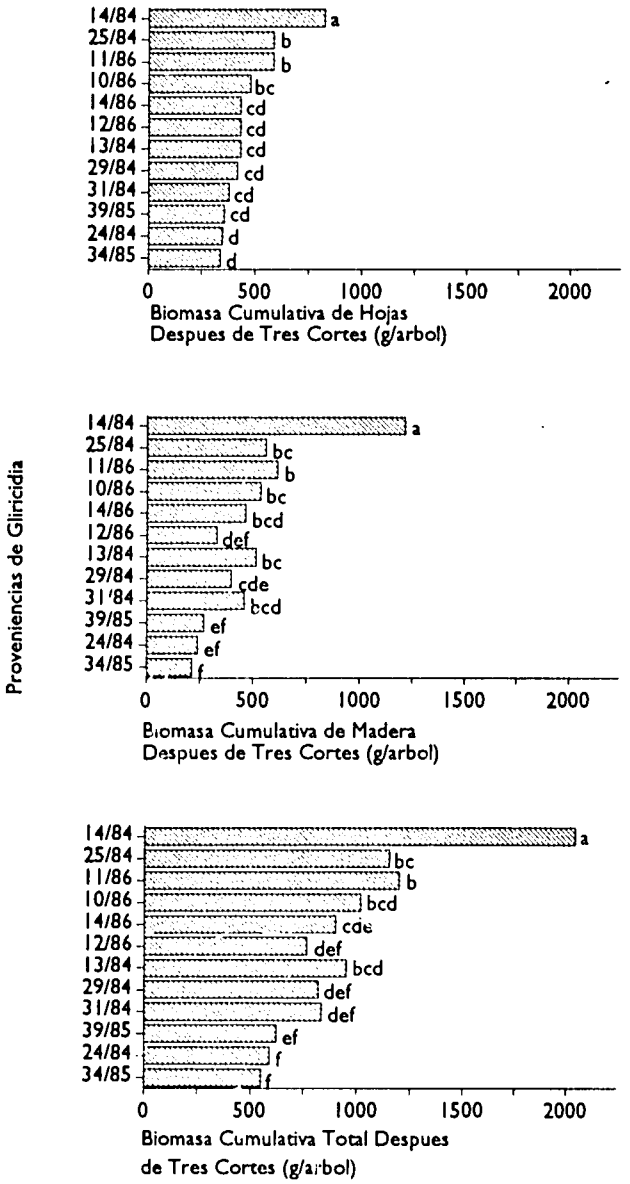


Figura 5. Biomasa acumulativa de hojas, madera y total después de tres cortes. En cada figura, columnas con la misma letra no son significativamente diferentes al nivel de k = 100 (Waller Duncan).

extensión de suelos ácidos y condiciones ambientales son necesarias para confirmar esto. Siendo el P muy importante para la nodulación, fijación de N y crecimiento de las especies leguminosas, es esencial probar la proveniencia 14/84 en un rango de valores de P en el suelo.

El CV promedio en los 10 árboles de cada proveniencia fue de 70% para la producción acumulativa de hojas, 88% para la producción acumulativa de madera y 77% para la producción acumulativa de biomasa total. Existe una variación mucho más grande en y entre las proveniencias para la producción de biomasa que para el crecimiento en altura. Esta alta variación sugeriría que ganacias genéticas más grandes podrían obtenerse seleccionando primeramente proveniencias superiores y luego árboles superiores de las proveniencias seleccionadas.

El Cuadro 4 presenta las correlaciones entre el crecimiento juvenil y maduro (72 árboles por proveniencia). No se encontró una correlación significativa entre la altura a los dos meses o el diámetro y la biomasa a los 11 meses (primer corte) o a los 15 meses (segundo corte). La altura y el diámetro a los 6 meses después de la siembra fue altamente correlacionado con la biomasa total a los 11 y los 15 meses. La biomasa total en el primer corte también correlacionó con la biomasa en el segundo corte.

Evaluaciones previas de árboles multipropósito en el mismo lugar (Salazar y Palm, 1987) indicaron problemas de establecimiento y supervivencia para especies exóticas como *Albizia procera, Flemingia congesta* y *Acacia auriculiformis*, debido a la constante defoliación por hormigas cortadoras de hoja. En este estudio, *G. sepium* no fue atacada a pesar de una gran actividad de estas hormigas en el lugar, evidenciado por ataques a cultivos de caupí.

IMPLICACIONES DE LOS RESULTADOS Y PLANES FUTUROS

Dada la escasez de especies de árboles de rápido crecimiento adecuados para tecnologías agroforestales en suelos ácidos (Kang et al., 1990), la identificación de proveniencias de *G. sepium* con tolerancia a la acidez del suelo podría proveer una potencialmente importante especie multipropósito para los agricultores en suelos ácidos de los trópicos húmedos. La proveniencia 14/84 muestra un buen potencial de producción de hojas y de madera para suelos ácidos. Además, su establecimiento en el campo es relativamente fácil mediante esquejes (Budowski, 1987) y de acuerdo con nuestras observaciones, Gliricidia no es atacada por hormigas cortadoras de hoja. Está previsto que *G. sepium* podría ser un componente importante para cultivos en callejones en laderas, para árboles de sombra y alimento en pasturas de gramíneas y para cercos vivos, en sistemas agro-silvo-pastoriles en suelos ácidos.

Cuadro 4. Matriz de correlación entre las medidas de crecimiento juvenil/maduro a los 3, 6, 11 y 15 meses después de la siembra.

	3 Mes Altura	3 Mes Diametro	6 Mes Altura	6 Mes Diametro	11 Mes Biomassa
3 Mes Di.	0.939***				
6 Mes Alt.	0.491***	0.419**			
6 Mes Di.	0.577***	0.575***	0.936***		
11 Mes Bio.	0.300*	0.209ns	0.914***	0.794***	
15 Mes Bio.	0.171ns	0.209ns	0.784***	0.664***	0.585***

*** $p < 0.001$
** $p < 0.01$
* $p < 0.05$

Las grandes diferencias en las tasas de crecimiento y en la productividad de las proveniencias de *Gliricidia sepium* enfatiza la importancia en la identificación del origen de la semilla especialmente cuando especies exóticas o no adaptadas son probadas. Es probable que muchas especies potencialmente promisorias sean descartadas con base en ensayos que involucren solamente una fuente de semilla. Un factor importante en contra al probar diferentes proveniencias de cada especie es la dificultad o el costo para obtener semilla certificada. La colaboración y el intercambio de germoplasma entre los científicos en una red como RISTROP podría proveer un método efectivo de reducción de costos para obtener semilla para ensayos de proveniencias.

El actual ensayo continuará siendo controlado por otros dos años para hacer un seguimiento de la productividad de las proveniencias en función del tiempo y para proveer datos críticos de las correlaciones juvenil/madura. Es probable que sin fertilización, en estos suelos ácidos, infértiles, cuatro años sea el período máximo para cultivos en callejones con bajos insumos, antes de ponerlo en barbecho. Consecuentemente, las variables de crecimiento de los árboles, tales como altura inicial, diámetro y/o proporción hoja:madera al primer corte, que son altamente correlacionadas con la productividad de biomasa en los cortes subsiguientes en el tercer y cuarto año después de la siembra, podrían ser de gran ayuda en la selección temprana de proveniencias y de árboles individuales para incrementar la productividad.

Se harán comparaciones entre las proveniencias en lo que a contenido de nutrientes en las hojas y en la madera se refiere, con la finalidad de estimar el potencial de ciclaje de nutrientes. Además, la biomasa de raíces finas será muestreada a tres profundidades (0-15, 15-30 y 30-45 cm) para las cinco mejores proveniencias. La hipótesis es que la proveniencia 14/84 es superior a las otras proveniencias porque tiene una mayor cantidad de biomasa de raíces finas y/o más raíces a menores profundidades del suelo, que las otras proveniencias.

LITERATURA CITADA

Agboola, A.A., G.F. Wilson, A. Getahun y C.F. Yamoah. 1981. Gliricidia sepium: a possible means to sustained cropping. pp. En L.H. Macdonald (ed.) Agroforestry in the African Humid Tropics. Proceedings of a workshop held at IITA, Ibadan, Nigeria. U.N. University, Tokyo, Japan. 159 p.

Attah-Krah, A.N. 1987. Research on Gliricidia germplasm evaluation and improvement in West Africa. pp. 146-161. En D. Withington, Glover y J.L. Brewbaker (Eds.) Gliricidia sepium (Jacq.) Walp.: Managementand Improvement. Proceedings of a workshop held at CATIE, Turrialba, Costa Rica, June 1987. Nitrogen Fixing Tree Association Special Fublication 87-01. 225 pp.

Budelman, A. 1990. Woody legumes as live support systems in yam cultivation. 1. The tree-crop interface. Agroforestry Systems 10: 47-59.

CATIE. 1986. Silvicultura de especies promisorias para producción de leña en América Central. Informe Técnico No. 86. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 220 pp.

Budowski, G. 1987. The development of agroforestry in Central America. pp 69-88. En H.A. Steppler y P.K.R. Nair (eds.) Agroforestry: A Decade of Development ICRAF, Nairobi.

Glover, N. 1987. Variances among provenances of Gliricidia sepium (Jacq.) Walp. and implications for genetic improvement. pp. 168-173. En D. Withington, N. Glover y J.L. Brewbaker (Eds.) Gliricidia sepium (Jacq.) Walp.: Management and Improvement. Proceedings of a workshop held at CATIE, Turrialba, Costa Rica, June 1987. Nitrogen Fixing Tree Association Special Publication 87-01. 255 pp.

Hughes, C. 1987. International Provenance Trial of Gliricidia Sepium. Trial Protocol. Oxford Forestry Institute, South Parks Road, Oxford OX1 3RB, UK.

Hunter, A.H. 1979. Suggested soil and plant analytical techniques for tropical soils research program labs. Agro Services International, Orange City, Florida.

Kang, B.T., Reynolds, L. y Aha-Krah, A.N. 1990. Alley farming. pp 315-359. En N.C. Brady (ed.). Advances in Agronomy, volume 43. Academic Press, Inc. San Diego Calif.

Murphy, J. y J.P. Riley 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta 27, 31-36.

NAS. 1980. Firewood crops: shrub and tree species for energy production. National Academy of Sciences, Washington, USA. 237 pp.

Nelson, D.W. y L.E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. pp. 539-580. En A.L. Page, R.H. Miller y D.R. Keeney (Eds.) Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. Agronomy Ser. No. 9. Am. Soc. Agron., Madisom, WI.

NFTA. 1987. Gliricidia sepium (Jacq.) Walp: Management and Improvement. Proceedings of a workshop held at CATIE, Turrialba, Costa Rica, June 1987. Nitrogen Fixing Tree Association Special Publication. 87-01. 255 p.

Perino, J.M. 1979. Rehabilitation of a denuded watershed through the introduction of kakawate (Gliricidia sepium Jacq.). Sylvatrop. Philip. For. Res. J. 4(2):49-67.

Reynolds, L. y S.A.O. Adeoye. 1989. Planted leguminous browse and livestock production. pp. 44-54. En B.T. Kang y L. Reynolds (Eds.) Alley farming in the humid and subhumid tropics. Proceedings of an international workshop held at Ibadan, Nigeria, 10-14 March, 1986. Ottawa, IDRC, 252p. (Proceedings series/IDRC).

Salazar, A. y C.A. Palm. 1987. Screening of leguminous trees for alley cropping on acid soils in the humid tropics. pp. 61-67. En D. Withington, N. Glover y J.L. Brewbaker (Eds.) Gliricidia sepium (Jacq.) Walp.: Management and Improvement. Proceedings of a workshop held at CATIE, Turrialba, Costa Rica, June 1987. Nitrogen Fixing Tree Association Special Publication 87-01. 255 pp.

Sánchez, P.A. y J.R. Benítes. 1987. Low-input cropping for acid soils of the humid tropics. Science 238: 1521-1527.

Szott, L.T., E.C.M. Fernandes y P.A. Sánchez. 1990. Soil plant interactions in agroforestry systems. (por publicar). Proceedings of the World Conference on Agro-forestry held at the University of Edinburgh, 25-29 July 1989. Department of Forestry and Natural Resources, Edinburgh, Scotland.

Tyler, E.J. 1975. Genesis of the soils within a detailed soil survey area in the upper Amazon Basin, Yurimaguas, Peru. (Sin publicar, tesis del PhD). North Carolina State University, Raleigh, N.C. 165 p.

Agroforestería en Costa Rica y su Relación Con el Manejo de Suelos

Gerardo Budowski[1]

INTRODUCCION

La agroforestería es una palabra relativamente nueva para una serie de prácticas, algunas muy antiguas, donde se asocian en el mismo espacio, tanto en forma simultánea como secuencial, árboles con cultivos, árboles con pastos (o animales) o los tres componentes juntos. Todavía hay discusiones sobre las fronteras de la agroforestería, inclusive su propia definición, pero ya existe una impresionante literatura, inclusive varias revistas especializadas y una revista de abstractos sobre este tema. Costa Rica ha sido particularmente afortunada en publicaciones técnicas gracias en gran parte a la labor del CATIE donde funciona la especialización agroforestal desde 1976 y los numerosos cursos ofrecidos por diferentes instituciones en el país.

Las principales prácticas agroforestales que se encuentran en Costa Rica son:

-Arboles de "sombra" sobre café y cacao; a veces incluyen un estrato más alto de árboles maderables.

-Arboles asociados con cultivos anuales o semiperennes, incluyendo el sistema secuencial conocido como taungya.

-Arboles en potrero bajo diversas modalidades y cumpliendo varias funciones.

-Cercos vivos, establecidos principalmente por estacas grandes.

-Cortinas rompevientos, especialmente en zonas lecheras de altura.

-Huertos caseros tropicales mixtos (árboles, arbustos, anuales y animales domésticos menores cerca de las casas rurales).

-Mejoramiento del rastrojo en la fase de recuperación en terrenos donde se practica agricultura nómada.

-Modalidades secuenciales donde se alterna pasto con bosques secundarios manejados para la producción de madera.

Además se están realizando investigando con otras prácticas agroforestales especialmente cultivos en franjas ("alley cropping"), establecimiento de leguminosas forrajeras en plantaciones forestales, etc.

En todas estas modalidades hay claras interacciones con el suelo, generalmente efectos positivos, debido al aporte de materia orgánica y el efecto de las raíces sobre las propiedades físicas del suelo. El efecto es particularmente notable cuando se trata de árboles que fijan el N del aire a través de actividades de microorganismos en los nódulos de las raíces (*Rhizobium* en muchas de las leguminosas, *Frankia* en los géneros *Alnus* y *Casuarina*).

Aun existen muy pocas investigaciones específicas sobre la acción sobre suelos excepto en cultivos en franjas y los efectos de árboles de sombra de café sobre el aporte de N, la presencia de lombrices de tierra y la especificidad de *Rhizobium* en *Erythrina*. También hay estudios de largo plazo sobre recirculación de nutrimentos en cafetales cuya sombra se poda regularmente.

Se recapitulan las principales influencias que tienen los árboles sobre los suelos y se destacan los temas más promisorios de investigación y las oportunidades para su financiación con fuentes externas. Se considera que tales investigaciones son ampliamente justificadas ya que son fundamentales para promover el cammbio de prácticas actualmente degradantes de uso de la tierra hacia sistemas sostenibles que a su vez reducen la dependencia de insumos externos, principalmente abonos nitrogenados. De particular interés aparecen las prácticas de manejo de árboles de diferentes modalidades agroforestales a través de podas cuidadosas y su aporte en materia orgánica, nutrimentos y cambios físicos favorables sobre la estructura del suelo.

[1] Director de Recursos Naturales, Universidad para la Paz. San José, Costa Rica.

Avances Recientes de Investigación en Agroforestería

Cheryl A. Palm[1]

En los pasados cinco años la investigación en agroforestería ha pasado de ser una actividad primeramente descriptiva a una ciencia más cuantificada y rigurosa. Mucho de este cambio es un resultado de la comunicación y de la publicación efectivas por el Consejo Internacional para la Investigación en Agroforestería (ICRAF), la Asociación de Arboles Fijadores de Nitrógeno (NFTA) y de varias redes de investigación, incluyendo RISTROP. La investigación está siendo conducida a varios niveles (Figura 1) desde ensayos de selección de árboles (investigación del componente) a ciclaje de nutrientes y balance de sistemas agroforestales específicos (investigación de sistemas). Todos estos niveles de investigación son necesarios y pueden ser conducidos en secuencia progresiva, de investigación del componente a investigación de sistemas, pero en muchos casos los dos tipos de investigación pueden y deben ser conducidos en forma concurrente para que la agroforestería tenga un impacto significativo en el uso de la tierra y en el manejo de los recursos en los trópicos en el futuro cercano. Esta separata presentará resultados de varios niveles de investigación en agroforestería que están siendo conducidos a través de los trópicos húmedos. Se intenta mostrar la importancia de cada nivel de investigación, para ofrecer diseños experimentales efectivos y para proveer una posible dirección para la investigación.

DIAGNOSIS Y DISEÑO

La investigación en agroforestería en cualquier localidad debe empezar con algún tipo de análisis de las prácticas corrientes de uso de la tierra y de las limitaciones para la producción. La investigación debe entonces, ser dirigida y diseñada para proveer un uso de la tierra más eficiente dadas las limitaciones. La agroforestería ofrece muchas posibilidades para aumentar la producción de alimentos y combustibles en los trópicos, pero no debe ser considerada como la única alternativa. La Metodología de Dignosis y Diseño del ICRAF (Raintree, 1983) provee un método relativamente rápido de evaluación comprensiva para identificar las limitaciones de la producción. La examinación es seguida con recomendaciones para alternativas promisorias de uso de la tierra y acompañada por los diseños respectivos para la investigación requerida para efectuar las modificaciones y la implementación de estas alternativas para cada localidad.

[1] Profesor Asistente en Ciencias Forestales, Programa de Suelos Tropicales, North Carolina State University, Raleigh, N.C. 27695-7619, USA.

INVESTIGACION EN AGROFORESTERIA

- Diagnosis y Diseño
- Investigación de Componentes
  - Ensayos de selección de árboles y proveniencias
  - Ensayos de manejo
- Investigación de Sistemas
  - Diseño de sistemas
    - Integración de la arquitectura y del componente para maximizar la producción por área
  - Investigación de ecosistemas
    - Ciclaje y balance de nutrientes
  - Análisis económico
    - Costo beneficio, Optimización mediante programación lineal
- Investigación en extensión y ensayos en fincas

Figura 1. Niveles de investigación en agroforestería.

INVESTIGACION DEL COMPONENTE

Ensayos de selección de árboles, ensayos de proveniencias y manejo de árboles son ejemplos de investigación del componente. Los ensayos de selección de árboles pueden incluir investigación muy básica para encontrar las especies que puedan sobrevivir y crecer en

Cuadro 1. Resultados del experimento de selección de árboles llevado a cabo en un Ultisol de la selva Peruana.

Porcentajes de supervivencia despues de 10 meses

Especies	% Supervivencia
Cassia reticulata	100
Cassia sp.	100
Inga sp.	100
Samanea saman	100
Pithecellobium dulce	100
Gliricidia sepium	85
Calliandra calothyrsus	70
Schizolobium amazonicum	50
*Acacia auriculiformis**	25
*Albizia procera**	0
*Flemingia congesta**	0

* No nativas en la América Trópical (Salazar y Palm, 1987)

un régimen climático y ambiente de suelo en particular. Los primeros ensayos de selección fueron enfocados primeramente con especies exóticas tales como *Leucaena leucocephala*, pero pronto se descubrió que muchas de estas especies no crecían bien en el ambiente introducido; muchas no toleraban los suelos ácidos, encontrados a través de la mayoría de los trópicos o no eran resistentes a las plagas y enfermedades locales (Cuadro 1). Por lo tanto, ensayos de selección recientes dan importancia al uso de especies nativas, locales, árboles que son usados en agroecosistemas tradicionales, así como de especies potencialmente útiles que crecen en los alrededores.

Los ensayos de selección requieren tiempo y esfuerzo, pero solamente hasta que se conozca cuales especies se comportan bien en un ambiente en particular, futuros ensayos de sistemas procederán. La supervivencia y el crecimiento son necesarios pero no son suficiente como criterio para seleccionar especies para un sistema agroforestal; una especie debe ser elegida con alguna función o funciones particulares en mente. Como un ejemplo, un árbol podría ser necesario para cercos vivos pero podría ser también usado como una fuente de forraje para animales. Tal árbol necesitaría ciertas características para proveer ambos servicios: troncos persistentes y hojas palatables.

Afortunadamente, durante los pasados 10 años o más, considerable información ha sido reunida y sintetizada por ICRAF, de 1000 especies de árboles adecuados para sistemas agroforestales. La información incluye condiciones climáticas y de suelo bajo las cuales los árboles crecieron, características de los árboles y los productos y servicios provistos por los árboles (von Carlowitz, 1989). La información ha sido catalogada y computarizada y es conocida como base de datos de árboles y arbustos multipropósito (MPTS Database). Con esta base de datos una lista de especies puede ser preseleccionada para un uso o usos específicos en un lugar en particular; de esa lista, una pocas especies pueden ser probadas en tal área, ahorrando de esta manera, mucho del tiempo y esfuerzo de los ensayos de selección de especies. Las características a considerarse cuando se selecciona un árbol para sistemas agroforestales incluyen, arquitectura del árbol, patrones de enraizamiento, fenología y características químicas y nutricionales de las hojas. Algo de esta información estará disponible del MPTS Database, pero otra información, tal como los patrones de enraizamiento deberán ser obtenidas de ensayos de campo.

Una vez que una especie ha sido seleccionada para ser usada en un sistema agroforestal, sería necesario probar diferentes variedades de esta especie para adaptar la variedad apropiada al suelo y clima locales. Tales pruebas son conocidas como ensayos de proveniencias. Los ensayos de proveniencias son un reciente desarrollo en la investigación en agroforestería; el valor de estos ensayos es ilustrado en forma efectiva en el ensayo de *Gliricidia sepium* de Fernandes (1990).

El manejo efectivo de cada especie es también necesario para un sistema agroforestal productivo. El régimen de manejo dependerá del propósito del árbol en el sistema. Si el árbol fue elegido para producir mulch o forraje, entonces la prioridad sería la maximización en la producción de biomasa foliar. Si el árbol fue elegido para leña o para producción de madera, entonces el régimen de manejo será completamente diferente. Un punto importante a tomarse en cuenta es que los árboles multipropósito pueden ser seleccionados para una variedad de propósitos, pero ellos, generalmente no pueden ser usados para servir multipropósitos al mismo tiempo; un árbol que es manejado para la producción de hojas no produce mucha madera utilizable.

Un buen ejemplo de un ensayo de selección y manejo de árboles para maximizar la producción de biomasa foliar para uso en cultivos en callejones es provisto por Duguma *et al.* (1988). En este estudio conducido en Nigeria suroccidental, las especies *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* y *Sesbania sesban*, fueron podadas en una combinación de varios intervalos de tiempo (1, 2, 3 y 6 meses) y de alturas (25, 50 y 100 cm). El experimento fue conducido en ambas estaciones, seca y húmeda. En cada poda se midieron supervivencia de plantas, producción de biomasa de hojas y de madera y contenido de N. Las tres especies tuvieron la producción de biomasa más alta cuando se incrementó la altura de la poda y a intervalos de tiempo más largos entre las podas. *L. leucocephala* tuvo la producción de biomasa más alta en todas las alturas y frecuencias de poda. *S. sesban* podada a intervalos de 1 mes no sobrevivió más de 6 meses. La producción de biomasa de madera/hoja aumentó en la estación lluviosa y con la menor frecuencia de podas y a la menor altura. Este estudio muestra la importancia de los ensayos de selección y manejo antes de que los sistemas agroforestales sean instalados. Si un sistema de cultivos en callejones hubiera sido diseñado e instalado en esta parte de Nigeria usando *S. sesban* como la especie de callejón, el ensayo probablemente hubiera fracasado.

Otros tipos de manejo de componentes en ensayos que puedan aumentar la eficiencia y la velocidad de la investigación en agroforestería incluyen la densidad de plantas y el espaciamiento y métodos de propagación.

INVESTIGACION DE SISTEMAS

La investigación de sistemas puede ser vista desde varios aspectos, incluyendo diseño de sistemas (análisis de comunidad de plantas), balance y ciclaje de nutrientes (investigación de ecosistemas) y análisis económico.

Diseño de sistemas

A la fecha, la mayor parte de la investigación se ha concentrado en el diseño de sistemas. Esta investigación

involucra la integración de los diferentes componentes (árboles, cultivos y animales) para minimizar la competencia entre los componentes productivos con la finalidad de maximizar la producción.

Un ejemplo clásico de integración de componentes a través de la selección de especies compatibles en agroforestería en plantaciones de cocos, es decrito por Nair (1983). Durante la fase de establecimiento, de aproximadamente 8 años, los árboles de coco son lo suficientemente pequeños de tal forma que cultivos anuales y otras plantas pueden ser sembradas entre las filas de árboles. Cuando los árboles tienen de 8 a 25 años, las copas cubren la mayor parte del suelo y las ramas están dirigidas hacia el suelo de tal manera que otras plantas no pueden ser cultivadas entre los árboles debido a que son sombreadas o no tienen suficiente espacio. Después de 25 años, los árboles son tan altos que la luz penetra el sotobosque pudiéndose sembrar nuevamente otras plantas en forma intercalada.

El éxito de los cultivos en callejones podría determinarse en gran parte mediante la selección de una apropiada combinación árbol-cultivo. Una competencia significativa entre filas de árboles de *Inga edulis* y *Erythrina sp.* y arroz ha sido demostrada en un sistema de cultivos en callejones en un Ultisol de la Amazonía peruana (Figura 2) (Palm y Scholes, en preparación). Las filas de árboles de las dos especies redujeron los rendimientos de arroz a distancias de por lo menos 2 m de los árboles. Yamoah y Burleigh (1990) encontraron un patrón similar de competencia entre frijoles y *Sesbania sesban* en un Oxisol en Ruanda. Estos hallazgos tendrían un impacto significativo en el futuro diseño de sistemas de cultivos en callejones debido a que comúnmente se recomiendan distanciamientos entre callejones de 4m; callejones más

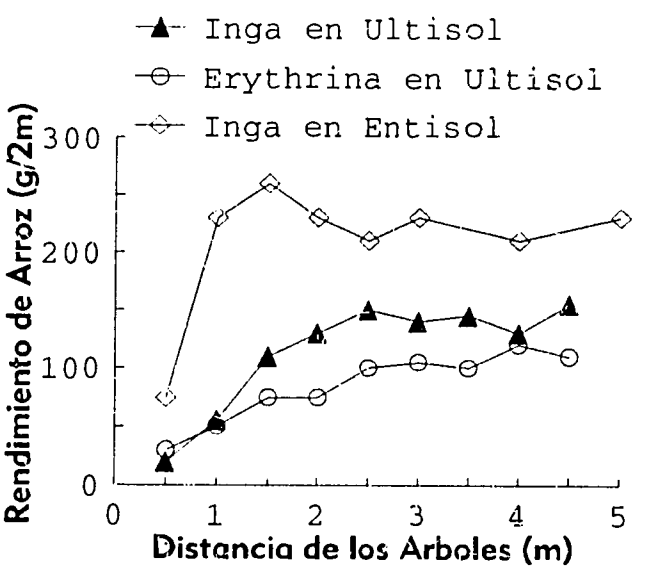


Figura 2. Rendimientos de arroz en función de la distancia de la línea de árboles de *Inga edulis*, o *Erythrina* sp. en un suelo ácido de altura o en un suelo aluvial fértil.

anchos se recomendarían en tales situaciones. El manejo de árboles, tales como podas más frecuentes o poda de raíces, podría ayudar a reducir la competencia.

En contraste a los estudios de cultivos en callejones en suelos ácidos infértiles, menos competencia se encontró entre *Inga edulis* y arroz en un suelo aluvial más fértil (Salazar et al., en revisión). Adicionalmente, hubo mucha menor reducción en los rendimientos en maíz que en los de arroz cuando crecieron entre filas de árboles de *Leucaena leucocephala*, *Inga edulis* y *Erytrina sp.* en el mismo suelo aluvial (Salazar, A. 1990, comunicación personal). La diferencia entre la interacción árbol-cultivo en suelos de diferente fertilidad recalca la importancia de ensayos para diferentes combinaciones cultivo-árbol-suelo; la extrapolación de los resultados para diferentes situaciones pueden ser completamente erróneas y pueden conducir a recomendaciones pobres.

Investigación de ecosistemas

Hasta recientemente ha habido poca investigación de ecosistemas en agroforestería. Esto es a pesar de repetidos reclamos de que la agroforestería es eficiente en el ciclaje de nutrientes, los árboles "bombean" y reciclan los nutrientes del subsuelo y de que hay pocas pérdidas de nutrientes en estos sistemas; todo implicando que los sistemas agroforestales son en algo auto-sostenidos. Un método para el balance de nutrientes para investigación en agroforestería proveerá un entendimiento del funcionamiento y de la productividad del ecosistema y proveerá indicios de los límites de sostenibilidad. Unos pocos ejemplos ilustrarán el valor de este método.

Un balance simple de nutrientes para dos sistemas de cultivos en callejones, uno en un Ultisol ácido infértil y el otro en un Alfisol más fértil, es presentado en el Cuadro 2. Las podas abastecen de suficiente N, K y Ca para balancear la cantidad extraída por los granos de arroz y maíz, pero no hay suficiente P para siquiera un cultivo, indicando que este elemento pronto será limitante para la producción. Otro punto importante es que la pérdida total de nutrientes a través de la cosecha, incluyendo N, excede a la de la adición total al sistema; los nutrientes adicionados en las podas son reciclados dentro del sistema y no son una ganancia neta al sistema. Por lo tanto, otros nutrientes, además de P, podrían ser limitantes en corto tiempo, pero no hay manera de conocer cuando y cual nutriente, sin estudios más detallados en ciclaje de nutrientes. Este tipo de investigación debería recibir más atención en los años venideros.

Otro ejemplo es el de ciclaje de nutrientes en una plantación de cacao en Costa Rica (Heuvelop *et al.*, 1988). El cacao es tradicionalmente cultivado bajo árboles de sombra; en este caso se usó *Cordia alliodora*. El balance de nutrientes muestra que los nutrientes reciclados en la hojarasca es mucho mayor que el extraído en los frutos (Cuadro 3). Aunque se podría concluir que la producción

Cuadro 2. Nutrientes adicionados con las podas y extraídos en la cosecha en dos sistemas de cultivos en callejones en un Alfisol (Ibadan, Nigeria) y un Ultisol (Yurimaguas, Peru).

	Bio-masa	N	P	K	Ca	Mg
Alfisol[1]:	t/ha/cult.	--------kg/ha/cultivo--------				
Podas de *Leucaena*	3.0	98	8	74	40	6
Maíz[2]						
Grano	3.0	75	18	45	9	6
Paja	4.5	45	9	54	13.5	9
Ultisol[3]:						
Podas de *Inga edulis*	2.5	62	5	24	15	4
Arroz[4]:						
Grano	1.5	35	7	10	1.4	0.3
Paja	1.5	7	1	18	2.6	2.2

[1] Adaptado de Kang y Wilson, 1987; Sánchez, 1976
[2] Fertilizado con 20 kg de P y 20 kg K/ha en cada cultivo
[3] Adaptado de Szott et al., 1990; Sánchez, 1976
[4] Sin fertilización

fue sostenida en este sistema vía ciclaje de nutrientes a través de la hojarasca, es importante notar que los nutrientes fueron también adicionados como fertilizantes inorgánicos (120 kg N/ha/año, 29.3 kg P/ha/año y 33 kg K/ha/año) a niveles más altos que los extraídos en los frutos (Fassbender *et al.*, 1988). Luego, este sistema estuvo lejos de ser auto-sostenido.

Una mirada superficial al balance de adiciones y de productos de nutrientes en estos sistemas agroforestales seleccionados indican que no hay auto-sostenimiento debido a la gran cantidad de nutrientes exportados en los productos en relación a las cantidades adicionadas o recicladas. Es común el error conceptual de que los sistemas agroforestales no son altamente extractivos en términos de nutrientes; de hecho, en una base anual, más nutrientes son extraídos de una plantación de cacao, café o té que de dos cultivos de maíz o arroz (Turner y Gillbanks, 1974; Sánchez, 1976). Los nutrientes adicionados en la hojarasca pueden servir como una esponja para mantener la producción en el sistema por un tiempo, hasta cierto límite en que una fuente externa de nutrientes deberá ser añadida para mantener la productividad. Hasta ahora no hay estudios que provean información en este importante tópico.

Los balances de nutrientes proveen una mirada a groso modo del funcionamiento del sistema y de sus limitaciones. Estudios más detallados de los procesos de

Cuadro 3. Flujo de nutrientes en plantaciones[1] de cacao bajo *Cordia alliodora* en un Dystropept en Turrialba, Costa Rica.

	N	P	K	Ca	Mg
	----------kg/ha/año----------				
Extracción de nutrientes por los frutos de cacao	19.3	4.0	28.4	5.3	4.3
Nutrientes en la hojarasca	114.8	13.9	65.5	124.8	50.3

De: Heuvelop et al., 1988.
[1] Aplicación de 29.3 kg P/ha/año; 11.8 y 10.5 kg P/ha acumulados en los troncos y en las ramas.

nutrientes que provean información del tiempo de la disponibilidad y de las pérdidas de los mismos, son necesarios para su manejo más eficiente en el sistema. De nuevo, estos estudios son raros en agroforestería. Estudios de laboratorio recientes, en los patrones de disponibilidad de N en hojas de leguminosas, sugieren que no todas las leguminosas proveen una rápida fuente de N para las plantas. Hojas de leguminosas con alto contenido de polifenoles tienden a liberar el N mucho más lentamente que hojas con contenidos bajos (Palm y Sánchez, 1990b). Como un ejemplo, *Inga edulis* y *Cajanus cajan*, ambas con alto contenido de polifenoles (3.4 y 4.3% de equivalentes de ácido tánico, respectivamente) liberaron, o aún inmovilizaron N en el caso de *C. cajan*, más lentamente que *Erythrina sp.* que tuvo un porcentaje bajo de polifenoles (1%) (Figura 3). Otros nutrientes son liberados en un patrón similar al del N (Palm y Sánchez, 1990a).

Estudios de campo son ahora necesarios para seguir los patrones de descomposición y liberación de nutrientes de una variedad de árboles leguminosos y de cultivos de

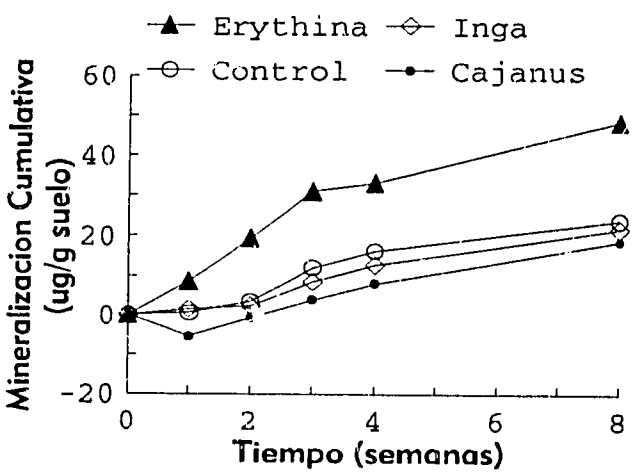


Figura 3. Patrones de mineralización neta de N en hojas de *Inga edulis*, *Cajanus cajan* y *Erythrina* sp. Comparados en un suelo sin fertilización (Palm y Sánchez 1990a).

cobertura, y de los patrones de absorción de nutrientes de las plantas asociadas con estos en sistemas agroforestales. Existen importantes implicaciones para la selección y manejo de leguminosas para ser incluidas en sistemas agroforestales; el N y otros nutrientes deben ser libreados en sincronía con las demandas del cultivo. Esta sincronía se obtendría regulando el tiempo de aplicación de residuos de leguminosas o seleccionando las leguminosas de acuerdo a sus patrones de descomposición.

Análisis económico

Los sistemas agroforestales no serán adoptados por los agricultores a menos que sean económicamente factibles y aún hay pocos análisis económicos disponibles para las diferentes prácticas agroforestales. Ha sido sugerido que las principales razones por las que los sistemas agroforestales no han sido adoptados se debe a la excesiva labor requerida para establecerlos y mantenerlos, y al tiempo que toman para producir productos comerciables. Por otro lado, menos labor se requiriría en otras tareas, como deshierba, o la labor podría ser extendida más uniformemente a lo largo del año. También, los costos del establecimiento de los árboles podrían ser compensados sembrando cultivos intercalados en los primeros años. Algunos relativamente simples análisis de costo/beneficio ayudarían considerablemente a determinar la factibilidad económica de diferentes prácticas agroforestales o proveer indicaciones para modificar un sistema de tal manera que sea más lucrativo. Revisiones de metodologías económicas y su aplicación son presentadas por Betters (1988) y Hockstra (1990).

Dos estudios ilustran el valor del análisis económico en la toma de decisiones. Betters (1988) presenta un ejemplo hipotético de eucalipto intercalado con frijoles o con maíz. La información de la producción conjunta la permite decidir cual combinación de plantas o que nivel de manejo es la mejor elección. Otro ejemplo de Hocking y Rao (1990), comparan los valores en el mercado de productos obtenidos bajo diferentes prácticas de manejo de Leucaena intercalada con sorgo. Sorgo sólo o leucaena sóla dan los valores más altos en el mercado, pero intercalando con podas periódicas de leucaena proveen de forraje y de leña como productos adicionales y por consiguiente, un valor de mercado relativamente competitivo para el sistema. Decisiones como cual sistema es el mejor, dependerían en parte de la cantidad de tierra y de los objetivos de la producción de cada agricultor en particular.

Tal como con otros aspectos de la investigación agroforestal, los análisis económicos son específicos para un lugar en particular y deberán ser extrapolados con gran cuidado. El análisis de sensibilidad y una herramienta económica conocida como programación lineal, permite analizar sistemas dadas las principales limitaciones para la producción, tales como tierra o labor limitadas (Betters, 1988).

INVESTIGACION DE EXTENSION Y ENSAYOS EN FINCAS

La adopción de prácticas agroforestales no tradicionales por los agricultores de los trópicos ha sido algo decepcionante. Una de las razones podría ser que la investigación fue hecha sin considerar las necesidades y las limitaciones de los agricultores para los que la investigación está dirigida, de nuevo recalcando la importancia de un diagnóstico inicial y de un diseño que dirija el tipo de investigación. Algunos factores podrían ser recalcados para asegurar que una tecnología tiene el potencial para ser adoptada (Cuadro 4). Estos factores se relacionan con la tierra, con la labor y con las economías de producción. Si no hay un abastecimiento de semillas ya disponible, técnicas simples de propagación o un mercado seguro para los productos obtenidos por los árboles recomendados para el sistema, es probable que estos árboles no sean aceptados. Una práctica agroforestal no sería aceptable si el establecimiento o el mantenimiento requiere excesiva labor o está en conflicto con épocas de alta demanda de labor para otras actividades agrícolas. Si un agricultor no tiene título o derechos sobre la tierra, probablemente no sembrará árboles. Finalmente, como previamente se dijo, el sistema no da una oportunidad de éxito a los agricultores si éste no es económicamente factible o si otros incentivos económicos no son provistos.

Algunos métodos están siendo usados en la actualidad para mejorar el nivel de adopción de las prácticas agroforestales. Estos, generalmente, involucran al agricultor en las primera etapas. Uno de estos métodos es similar a la mayoría de programas de extensión agrícola. Una vez que la investigación ha alcanzado un cierto estado y la tecnología parece prometedora, se conducen días de campo a los que se invitan a los agricultores a venir y a observar las parcelas demostrativas y otras actividades de investigación. Se les pregunta por sus opiniones y recomendaciones para mejorar el sistema. A este punto, se podrían buscar voluntarios para instalar ensayos en finca, incorporando las recomendaciones sugeridas. Aquí,

Cuadro 4. Factores a considerar para la extensión y adopción de semilla agroforestal.

- Disponibilidad, calidad y distribución de semilla
  - Labor
  - Demanda
  - Epocas
- Mercados
- Economías de producción
- Necesidades de entrenamiento
- Propiedad de la tierra

si la tecnología es exitosa en los campos de los agricultores, esta estará lista para un activo trabajo de extensión.

Un método donde participa el agricultor en extensión de agroforestería está siendo usado exitosamente en Las Filipinas por el IRRI (Fujisaka y Garrity, 1988). Este método involucra a agricultores en una etapa temprana de toma de decisiones en la investigación. Se les pregunta por ideas o posibles soluciones para los problemeas que ellos encuentran y las varias soluciones son probadas en sus campos. Los agricultores están también involucrados activamente en una fase de extensión llamada entrenamiento de agricultor a agricultor, en la que los agricultores con experiencia y entrenamiento en tecnologías exitosas enseñan a los otros agricultores. Hay etapas posteriores de seguimiento con ensayos que los agricultores establecen en sus campos. Los ensayos exitosos pueden luego servir como parcelas demostrativas para áreas locales.

La agroforestería tiene el potencial para resolver muchos de los problemas de la producción a los que enfrentan los agricultores en áreas marginales en los trópicos. Si un gran progreso ha de ser hecho pronto, la investigación debe ser dirigida más a las necesidades y a las limitaciones de los agricultores, y así, los deberá involucrar desde las etapas iniciales del diseño.

LITERATURA CITADA

Betters, D.R. 1988. Planning optimal economic strategies for agroforestry systems. Agroforestry Systems 7:17-31.

Duguma, B.. B.t. Kang y D.U.U. Okali. 1988. Effect of pruning intensities of three woody leguminous species grown in alley cropping with maize and cowpea on an Alfisol. Agroforestry systems 6:19-35.

Fassbender, H.W., Alpizar, L., Heuvelop, J., Folster, J. y G. Enriques. 1988. Modelling agroforestry systems of cacao (Theobroma cacao) with laurel (Cordia alliodora) and poro (Erythrina peoppigiana) in Costa Rica. III. Cycles of organic matter and nutrients. Agroforestry Systems 6:49-62.

Fujisaka, S. y D.P. Garrity. 1988. Developing sustainable food crop farming systems for the sloping acid uplands: A farmer-participatory approach. Papel presentado en el 4th Southeast Asian Universities Agroecosystem Network (SUAN) Research Symposium, Khon Kaen, Thailand.

Heuvelop, J., Fassbender, H.W., Alpizar, L., Enriquez, G. y Folster, H. 1988. Modelling agroforestry systems of cacao (Theolsroma cacao) with laurel (Cordia alliodora) and poro (Erythrina peoppigiana) in Costa Rica. II. Cacao and wood production, litter production and decomposition. Agroforestry System 6:37-48.

Hocking, D. y D. Grangadjar Rao. 1990. Canopy management possibilities for arboreal Leucaena in mixed sorghum acid livestock small farm production systems in semi-arid India. Agroforestry Systems 10:135-152.

Hockstra, D.A. 1990. Economics of agroforestry. pp 310-331. En: K.G. MacDicken y N.T. Vergara. Agroforestry: Classification and Management. John Wiley and Sons. New York.

Kang, B.T. y Wilson, G.F. 1987. The development of alley cropping as a promising agroforestry technology. En H.A. Steppler y P.K.R. Nair (eds.) Agroforestry: A Decade of Development. ICRAF, Nairobi pp 227-243.

Nair, P.K. 1983. Agroforestry with coconuts and other tropical plantation crops. pp 71-77 En P.A. Huxley (ed.) Plant Research and Agroforestry, ICRAF, Nairobi

Palm, C.A. y P.A. Sánchez. 1990a. Decomposition and nutrient release patterns of the leaves of three tropical legumes. Biotropica (por publicar).

Palm, C.A. y P.A. Sánchez. 1990b. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. Soil Biology and Biochemistry (por publicar).

Raintree, J.B. 1983. Guidelines for agroforestry diagnosis and design. ICRAF. Working Paper No. 6, 25 pp.

Salazar, A. y C.A. Palm. 1987. Screening of leguminous trees for alleycropping on acid soils of the humid tropics. En Gliricidia sepium: Management and Improvement. Nitrogen Fixing Tree Association. Special Publication 87-01, Honolulu, Hawaii, pp 61-67.

Sánchez, P.A. 1976. Properties and Management of Soils in the Tropics. John Wiley and Sons, New York, 618 pp.

Szott, L.T., C.A. Palm y P.A. Sánchez. 1991. Agroforestry Systems for Acid Soils in the Humid Tropics. Vol. 45 Advances in Agronomy.

Turner, P.D. y Billbanks, R.A. 1974. Oil Palm cultivation and management. Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, Malaysia. 672 pp.

von Carlowitz, P.G. 1989. Matching trees with technologies using ICRAF's MPTS database pp 31-35. En P.A. Huxley y S.B. Westley (eds.). Multipurpose trees-selection and testing for agroforestry. ICRAF, Nairobi.

Yamoah, C.F. y J.R. Burleigh. 1990. Alleycropping Sesbania-sesban (L) Merill with food crops in the highland region of Rwanda. Agroforestry Systems 10:169-181.

Resumen de Artículos Presentados Sobre Sistemas Agroforestales

José Di Stéfano[1]

Los sistemas agroforestales fueron identificados como una alternativa de gran potencial en las estrategias de manejo sostenido de los suelos tropicales, con el fin de mantener la fertilidad inicial del suelo después de la quema y la productividad de los cultivos por períodos más prolongados, y para diversificar el sistema buscando una mejoría en la situación económica del agricultor.

Entre los diversos sistemas agroforestales, se consideró al cultivo en callejones ("alley cropping") como uno de los más versátiles, efectivos y fácilmente adoptables, resaltándose la necesidad de conocer mejor su funcionamiento en Ultisoles y Oxisoles del Trópico Americano. Como primera etapa, se presentó una evaluación del comportamiento ecológico de una diversa gama de especies arbóreas, así como de los efectos de éstas sobre los cultivos y el suelo. La mayoría de los trabajos presentaron resultados preliminares, especialmente para el caso de los sistemas agroforestales dónde se requieren de datos tomados durante un largo plazo para poder llegar a conclusiones concretas.

Las investigaciones se realizaron en suelos de baja a moderada fertilidad, alta saturación de Al y pH ácidos. La precipitación promedio anual osciló entre 2000 a 5000mm con temperaturas promedio entre 20-30° C. La historia anterior del sitio fue variable en cuanto al tipo y estadío de la vegetación que existía antes de su quema. Las especies de árboles estudiadas también fueron variables pero sobresalieron *Gliricidia sepium*, *Inga edulis*, *Erythrina* sp., y *Cajanus cajan*. Entre los cultivos, predominaron el arroz, el maíz y el caupí bajo diversos sistemas de rotación. Algunos de los trabajos presentaron experimentos con un amplio número de tratamientos y variadas condiciones, lo que dificulta hacer generalizaciones o comparaciones entre éstos aunque resalta la variabilidad encontrada.

Los objetivos principal es de los trabajos fueron, analizar:

1. El comportamiento de varias especies arbóreas y procedencias bajo suelos de baja fertilidad.
2. El efecto de los árboles sobre el suelo y los cultivos en varios anchos de callejones.
3. El efecto de podas sobre el crecimiento y producción de biomasa de los árboles, así como su efecto en el control de malezas y fertilidad del suelo.
4. La situación en la investigación de sistemas agroforestales.
5. Los sistemas agroforestales como una posible alternativa para el desarrollo agrícola y forestal de los países latinoamericanos.

El trabajo de Delgadillo *et al.* presentó resultados de varios experimentos en la Región del Chapare, Bolivia. Se llegaron a las siguientes conclusiones:

-Especies como *Gmelina arborea*, *Ceiba pentandra*, y *Cordia alliodora*, presentaron buenos crecimientos iniciales en altura y diámetro, con máximos de 3.9 y 7.3cm, respectivamente, a 23 meses de edad.

-Se encontraron respuestas positivas en el crecimiento de los árboles cuando se aplicó cal y se fertilizó con N, P y K. El aumento fue de al menos dos veces en *C. alliodora* y *G. arborea*. Crecimientos iniciales rápidos fueron considerados de importancia para reducir la probabilidad de competencia por malezas, aunque las especies que rebrotaron rápidamente después de la poda, produjeron mayor competencia sobre los cultivos.

-No se notaron problemas de crecimiento de *C. alliodora* cuando se asoció con cultivos.

-No se notaron mejorías sustanciales en las condiciones del suelo tres años después de la plantación con *Gliricidia sepium* y *Erythrina poeppigiana*. *G. sepium* se adaptó mejor.

-Los rendimientos de los cultivos tendieron a ser superiores cuando no estaban asociados a árboles, siendo necesario en todos los casos, aplicar cal y fertilizantes para lograr rendimientos aceptables.

-Las propiedades de los suelos se vieron mayormente afectadas por la extracción de las cosechas que por el sistema agrícola utilizado.

-Podas a 25cm de altura produjeron la mayor cantidad de biomasa (entre 2.9 a 3.8 t/ha, con un fuerte componente de ramas) en *Inga edulis*, *Cajanus cajan*, *Erythrina sp.* y *G. sepium*. En ésta última se notó un crecimiento inicial lento mientras que *C. cajan* fue la que mayor biomasa produjo.

-Se presentó mayor acame en arroz cuando se sembró junto *C. cajan* debido a la mayor sombra generada.

-La descomposición de hojarasca de las podas fue mayor en Erythrina y menor en Inga, siendo ésta última considerada con un mayor potencial para el control de malezas, y para liberar lentamente los nutrimientos.

Locatelli *et al.* realizaron un estudio del comportamiento de 10 especies de árboles leguminosos en un sistema de cultivo en callejones en la región de Rondonia, Brasil. Sus principales conclusiones fueron:

-*Acacia mangium*, seguida por *I. edulis* y *Parkia platycephala*, fueron las especies que presentaron las mayores alturas (entre 2.7-3.5m después de 12 meses) antes de la poda, con supervivencias mayores del 50%.

-Las especies que más aportaron biomasa en la primera poda, un año después de la siembra, fueron *A. mangium*, *I. edulis* y *Flemingia congesta* (entre 5 a 15 kg/ha).

-La poda tuvo un efecto significativo sobre varias especies en su supervivencia y crecimiento. Luego de la

[1]Profesor de Ecología Forestal, Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

poda, *Acacia angustissima* fue la que alcanzó la mayor altura a los 90 días. La supervivencia de *A. mangium* bajó a un 40% luego de la poda.

-En cuanto a la concentración de nutrimientos en la biomasa de la primera poda, se notaron pocas diferencias estadísticas en elementos tales como N y P. Las concentraciones variaron de acuerdo a la parte de la biomasa analizada siendo mayores en las hojas.

-*Pithecellobium edwallii* tendió a comportarse pobremente en las características estudiadas.

Por su parte, el Ing. Salazar presentó varios trabajos iniciados desde 1983, en el cultivo en callejones en la región de Yurimaguas, Perú. Se estudió el comportamiento de especies como *I. edulis*, *G. sepium*, *Erythrina sp.* y *C. cajan*, así como el de los cultivos maíz, caupí y arroz, asociados a los diferentes árboles plantados a diferentes anchos de callejones y con diferentes alturas de poda. Sus resultados principales fueron:

-*I. edulis* fue una de las especies que mayor biomasa produjo (800 g MS/m de hilera) cuando la frecuencia de poda alcanzó de 3 a 4 veces por año. Se observó un buen control de malezas cuando se aplicó la biomasa de esta especie. La concentración de nutrimentos tendió a ser baja. *Cassia reticulata* también produjo altas cantidades de biomasa con altas concentraciones de N en las hojas (aunque no noduló). *G. sepium* tuvo una producción moderada de biomasa, tolerando bastante bien la acidez del suelo. Su descomposición se catalogó como rápida. La aplicación de fertilización con P mejoró la producción de biomasa.

-Algunas especies de leguminosas estudiadas no respondieron bien en cuanto producción de biomasa debido a la acidez del suelo (e.g. *Leucaena leucocephala*), baja supervivencia (e.g. *C. cajan*), baja resistencia al número de podas (e.g. *Desmodium gyroides*) y ataque de barrenadores (e.g. *Erythrina sp.*)

-En suelos de altura, cultivos en callejones rindieron menos o igual que los controles. A un mayor ancho del callejón mejoró el rendimiento de arroz, y el de caupí no se afectó. Sin embargo, en suelos aluviales se notó una leve mejoría del arroz asociado con árboles, lo mismo que para el caupí, y el maíz.

-En el caso del arroz y caupí, se notó una disminución de producción entre más cerca estuvieran de las hileras de árboles, contrario a lo que se observó en maíz.

-Los rendimientos tendieron a aumentar cuando se aumentó la biomasa de poda aplicada.

-El P y el K tendieron a bajar en el tiempo, mientras que la acidez y la saturación de Al tendieron a aumentar La aplicación de podas no fue suficiente para mantener los rendimientos de cultivos.

-Cambios en densidades y variedades de arroz dieron mejores resultados de rendimiento, lo que prueba que se puede mejorar el diseño de estos sistemas.

El trabajo del Ing. Fernandes consistió en evaluar 15 procedencias de *G. sepium* para determinar cuál de ellas se comportaba mejor en condiciones de suelos de baja fertilidad, con elevada acidez y saturación de Al. Obtuvo diferencias significativas en cuanto a porcentajes de germinación, supervivencia, y producción de biomasa. Se encontró que una procedencia de Guatemala fue la que dio mejores resultados, concluyéndose que es peligroso descartar una especie con potencial agroforestal sin antes evaluar diferentes procedencias.

El trabajo del Dr. Budwoski consistió en hacer un análisis de las principales prácticas agroforestales realizadas en Costa Rica y su relación con el manejo de suelos. Se hace énfasis en la necesidad de hacer más estudios sobre la especificación de *Rhizobium* en leguminosas como Erythrina, sobre el efecto de los árboles en otros organismos del suelo como lombrices, sobre los aportes y aprovechamiento de N en los sistemas agroforestales con leguminosas, y sobre la importancia de realizar investigaciones a largo plazo. Se recapitulan las principales influencias que tienen los árboles sobre los suelos y se destacan las más promisorias líneas de investigación.

Finalmente, en el trabajo del Ing. Vázquez se señala la importancia que los sistemas agroforestales tienen como una alternativa de gran potencial para el desarrollo agrícola y forestal de Costa Rica, país altamente dependiente de los recursos naturales. Se destaca la necesidad de cambiar algunas prácticas de uso de la tierra frecuentes en este país, los cuales están provocando una destrucción acelerada de los bosques y los suelos.

Como conclusiones generales se pueden señalar las siguientes:

1.Hubo diferencias significativas en el comportamiento de las especies y procedencias de árboles utilizados en cuanto a la tolerancia a condiciones de baja fertilidad, alta acidez y saturación de Al, y a la frecuencia y altura de podas. Se evidenció la necesidad de realizar más trabajos en este campo.

2.Los rendimientos de los cultivos en los sistemas de callejones tendieron a ser más bajos que en monocultivo pero pueden mejorarse variando las especies arbóreas, altura de poda y el ancho de los callejones, y cambiando las variedades (más resistentes a la competencia por árboles) y las densidades de siembra de los cultivos.

3.En los primeros años, no se notaron mejorías en las condiciones del suelo con la presencia de los árboles, y las podas no fueron suficientes para mantener los rendimientos de los cultivos. En la mayoría de los casos bajó la concentración de elementos como P, y se aumentó la acidez y la saturación de Al. La extracción de las cosechas tuvo un efecto mayor sobre el suelo que los diferentes sistemas agrícolas probados. La fertilización y el encalamiento fueron necesarios para mejorar los rendimientos de los cultivos y el crecimiento de los árboles. Sin embargo, hacen falta más estudios a largo plazo.

4.La aplicación de podas mejoró, en algunos casos, el rendimiento de los cultivos y redujo el crecimiento de malezas.

Recomendaciones del Grupo de Trabajo en Sistemas Agroforestales

Justificación

Doce personas participaron de las discusiones sobre asuntos agroforestales y una vez más se manifestó interés en formar parte de la red. Los participantes recomendaron que RISTROP considere la posibilidad de elegir un coordinador específico para la red agroforestal, que se encargue de centralizar las actividades sobre los siguientes puntos:

1. Estudios de especies de propósito múltiple para suelos ácidos y con problemas de fertilidad.
2. Evaluación de huertos caseros, actividades agroforestales espontáneas o tradicionales desde el punto de vista sociológico-agronómico.
3. Evaluación económica de las experiencias agroforestales exitosas, principalmente de aquellas de validación en finca.
4. Identificación, entre los participantes de RISTROP, de instituciones con necesidades específicas y de posibles instituciones que puedan satisfacer tales necesidades.
5. Intercambio de información sobre los experimentos en conducción y sobre los otros aspectos mencionados con anterioridad.

Con la finalidad de implementar la red, se diseñó un experimento muy simple en relación al primer punto mencionado, selección de árboles de propósito múltiple. Fue de común acuerdo, aceptar las necesidades que impone un ensayo pequeño, que limita las amplias aspiraciones del grupo; pero se comprendió que es una situación transitoria necesaria para dar unidad al grupo.

El grupo de discusión manifestó preferencia por dos tipos de ensayo, uno para la producción de biomasa para ser usada como mulch y otro para producción de madera para leña.

Ensayo A: Producción de mulch, abono verde o forraje.

Metodología

Tratamientos: Se propone ensayar, en común, dos especies de leguminosas:

Inga edulis, variedad local (mulch o abono verde)

Gliricida sepium, var. 14/84 Guatemala (mulch, abono verde o forraje)

Otras especies de leguminosas pueden ser usadas según criterio del investigador y la disponibilidad de mano de obra y tiempo.

Diseño de Campo: Las leguminosas serár sembradas a 4m entre hilera y 0.5m entre árboles, y se evaluarán los

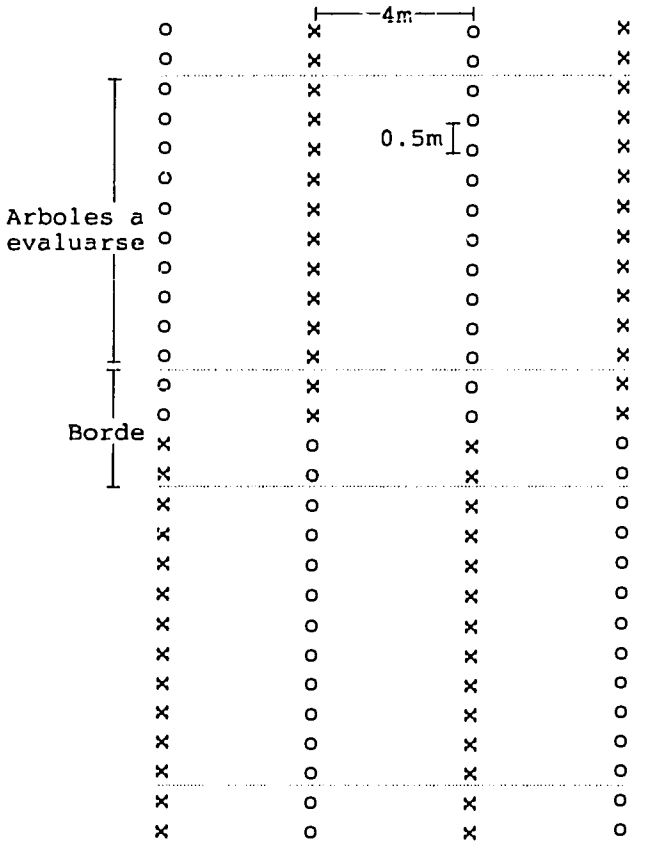


Figura 1. Diagrama de campo para el ensayo de mulch, abono verde o forraje.

árboles interiores (Figura 1). Seis repeticiones.

Análisis estadístico: Se estabelecerá un diseño irrestricto al azar que a juicio del investigador puede variar a bloques completos al azar si pudiera bloquear por textura de suelos o saturación de Al.

Medidas

1. Análisis químico de suelo, inicial que incluya: pH, textura, N, P, K, Ca y Mg.
2. Crecimiento a los seis meses y a la primera poda en altura de planta y diámetro del tronco a 10cm del suelo.
3. La primera poda se realizará 10 meses luego del trasplante a una altura de 0.25m. En este momento se medirá peso total de lo podado, % de ramas y % de hojas. Se tomarán dos submuestras de componentes para determinación de peso seco y análisis de tejido para macro-nutrientes.
4. Se harán 2-3 podas al año coincidiendo con las épocas de siembra de cultivos o con marcadas épocas de lluvia o sequía. Se medirá: total podado, % de ramas, %

de hojas y peso seco. Se recomienda realizar análisis de tejido vegetal para contenido de macronutrientes.

Sugerencias

1.Se sugiere producir las plantas de vivero y luego de tres meses llevarlas a plantación definitiva buscando homogeneidad de tamaño por especie.

2.RISTROP coordinará el envío de semillas de *Gliricidia sepium*. *Inga edulis* se obtendrá localmente.

3.RISTROP proporcionará servicios de análisis de suelos y tejido vegetal como apoyo para aquellos que no cuenten con estas facilidades.

Ensayo B. - Producción de leña

El diseño será coordinado posteriormente entre los participantes.

Participantes del Grupo de Trabajo

Angel Salazar (líder)- INIAA, Perú
Máximo Arcos- INIAA,Perú
Wilberth Campos- CATIE, Costa Rica
Manoel Cravo- EMBRAPA, Brasil
Erick Fernandes- NCSU, Kenya
Enrique González- Fac. Ing. Agr., Paraguay
Marilia Locatelli- EMBRAPA, Brasil
Raúl Mejía- IBTA, Bolivia
Florencia Montagnini- Yale Univ., USA
Cheryl Palm- NCSU, USA
Alberto Ricse- INIAA, Perú
Rubén Sinclair- Esc. Nal. Agr., Honduras
Lawrence Szott- CATIE, Costa Rica

CONTROL DE DEFORESTACION

Algunas Alternativas Para el Desarrollo Agrícola y Forestal en Costa Rica

Alexis Vásquez[1]

INTRODUCCION

Costa Rica posee un área de 51.100 km^2 y una población de 2.830.000 habitantes, con una tasa anual de crecimiento de 2.67%. Se ubica entre los 8° 02' y 11° 13' de latitud norte y entre 82° 33' y 85° 58' de longitud oeste. Aunque administrativamente el país se subdivide en provincias, cantones y distritos, para fines de planificación la división es por regiones, así:

a) Región Chorotega: comprende principalmente la Provincia de Guanacaste, al extremo noroeste, en el litoral pacífico.

b) Región Atlántica: se distribuye por toda la zona atlántica, hacia el este.

c) Región Huetar Norte: abarca toda la zona norte del país.

d) Región Brunca: incluye toda la región sur y suroeste del país, en el litoral pacífico.

e) Región Central: comprende tota la zona del valle Central, tanto oriental como occidental.

f) Región Pacífico Central: abarca la parte central del litoral pacífico, hacia el oeste.

En estas regiones se presenta una gran variabilidad bioedáfica, climática y topográfica, que han propiciado el desarrollo de muy variadas actividades productivas, como variada es la problemática generada por las mismas. En este documento se presenta una breve caracterización de la problemática de los recursos de tierras del país y se proponen algunas recomendaciones para el desarrollo agrícola, pecuario y forestal, sobre la base de la propia capacidad productiva de estos recursos.

DIAGNOSTICO GENERAL

Desde el siglo pasado Costa Rica ha tenido una economía basada principalmente en la producción agrícola. La distribución de los recursos naturales facilitó la producción de café, banano, cacao, caña de azúcar, ganado y otros productos agrícolas y forestales, que constituyen el sustento de la economía nacional.

Históricamente, el sector agropecuario ha mantenido una importante participación en el Producto Interno Bruto, generando alrededor de un 30% del mismo; además, provee cerca de un 28% del empleo nacional y aporta un 65% de las divisas totales por exportaciones. Más del 50% de la industria esta basada en la producción del sector agropecuario, lo que ha creado una fuerte interdependencia de ambos sectores entre sí y con los recursos naturales.

Las características de los distintos modelos de desarrollo económico del país adoptados en los últimos 40 años, de corte eminentemente productivistas en el sector agropecuario, estimularon, por un lado, el surgimiento de importantes actividades productivas, pero por otro lado, un crecimiento irracional de la frontera agrícola. Este crecimiento provocó un deterioro significativo del recurso forestal, especialmente con el fomento de la ganadería extensiva en grandes áreas de terrenos de vocación forestal.

Estos procesos de desarrollo, a partir del año 1950, pueden caracterizarse por las siguientes etapas:

a. En la década de 1950, la producción nacional se orientó hacia el fomento de las exportaciones tradicionales de café y banano, principalmente.

b. Con la emisión de la Ley de Tierras y Colonización en 1961, la década del 60 se caracteriza por la incorporación de nuevas tierras al proceso productivo, en especial la ganadería extensiva, a expensas de la ampliación de la frontera agrícola.

c. A principios de la década del 70, el estado orienta sus recursos al desarrollo industrial que, a finales de la década, demostró ser muy vulnerable a factores externos, particularmente la crisis energética y la devaluación económica. Esta situación afectó severamente a la industria nacional, a causa del alto componente importante que esta demandada. En esta época, dentro del sector agropecuario se dio un fuerte impulso a la ganadería, a través de recursos financieros subsidiados, aportados por la Banca Estatal. La crisis del sector industrial identificó al sector agropecuario como eje central del desarrollo económico del país, aunque simultáneamente se hicieron evidentes no solo limitaciones de orden tecnológico, sino también el deterioro de los recursos productivos, ocasionado por modelos de desarrollo agropecuario con un alto subsidio ambiental.

d. En la década de los 80 y hasta el presente, se han venido fomentando rubros no tradicionales para exportación, como flores, plantas ornamentales, frutas, raíces, tubérculos, macadamia, etc., lo que ha favorecido el desarrollo socioeconómico del país en función de una diversificación de la producción y de los mercados, sin descuidar los productos tradicionales de expotación y autoabastecimiento.

Estos procesos de evolución agrícola se reflejan en le cambio de uso de la tierra, tal y como se observa en el Cuadro 1. Del año 1950 a 1984 (año del último Censo Agropecuario) el área dedicada a cultivos se incrementó de un 4% a un 12% de la superficie total del país, mientras que el área de pastos aumentó de un 12% a un 33%.

Esta evoluación en el uso de la tierra se vio fortalecida por una serie de acciones adoptadas por el estado, dirigidas a una mejor dotación de infraestructura rural e incentivos como el crédito y la legislación necesaria para provocar el cambio de uso de la tierra, generando un claro fometo de la deforestación. Por lo tanto, estos modelos de desarrollo económico del país provocaron que el sector forestal evolucionara como una acción producto del desarrollo de

[1]Ministerio de Agricultura y Ganadería, Apto. 100094-1000, San José, Costa Rica.

Cuadro 1. Evaluación del uso de la tierra según los Censos Agropecuarios de 1950, 1955, 1963, 1973 y 1984.

Categoria De Uso	1950	1955	Años 1963	1973	1984
	---------- miles de ha ----------				
Cultivos anuales	111,7	114,8	158,2	156,0	385,6
Cultivos perennes	99,2	124,8	195,6	190,1	235,5
Pastos	625,1	907,3	937,2	1558,1	1651,6
Bosques	576,9	541,6	818,9	716,5	492,1
Otras tierras	254,4	150,2	302,9	357,4	305,5
Total censado[1]	1667,3	1838,8	2412,7	2978,2	3070,3

[1] Superficie total del país: 51.100 km², incluyendo islas. Fuente: Plan de Acción forestal (1990).

otros sectores, particularmente el agropecuario.

Toda esta situación ha provocado una fuerte degradación del recurso forestal. La Dirección General Forestal (1989) estima que desde el año 1950 a la fecha, la tasa de deforestación promedio ha sido de 50.000 hectáreas anuales. El recurso forestal ha disminuido su cobertura boscosa de un 53% en ese año, a un 29% en 1987. De este 29% sólo un 5.3% se estima con potencial susceptible para la producción de madera, ya que el resto de la cobertura forestal está dentro del sistema de áreas protegidas y sus zonas de amortiguamiento.

SITUACION ACTUAL DE LOS RECURSOS DE TIERRAS Y SUS POTENCIALIDADES DE DESARROLLO

Según SEPSA (1986), el uso actual de la tierra, en el año 1984, permite determinar que el área bajo diversas formas de vegetación natural, incluyendo el forestal, es de un 44.3% del territorio nacional (Cuadro 2). En ese cuadro se puede observar que existen 2.249.250 ha con tipos de cobertura natural (bosque, charral, palmar, manglar, páramos, bambú, pantano, embalses, y lagunas), que permiten un balance más adecuado de los ecosistemas. También, según información reciente del Ministerio de Agricultura y Ganadería, el área actual bajo producción pecuaria se estima en 1.600.000 ha, por lo que habrían aproximadamente 600.000 ha de pastizales abandonados, con respecto a los datos del Cuadro 2.

Por supuesto, estas distintas formas de uso de la tierra han ocurrido en su mayor parte espontáneamente, con poca o ninguna consideración a la propia capacidad productiva de los suelos. Esto está porvocando serios problemas por sobreuso y subuso de la tierra. Asociados a estos problemas, la mayor parte de las tierras del país sufren desde moderadas hasta altas tasas de erosión. Al respecto, estimaciones preliminares del Centro Científico Tropical (1982), establecen que cerca de un 17.7% del territorio nacional sufre de erosión severa a muy severa y

Cuadro 2. Uso actual de la tierra en 1984.

USO DEL SUELO	AREA ha	%
Urbano	26.570	0,6
Cultivos anuales	210.150	4,1
Cultivos permanentes	315.010	6,2
Pastos	2.229.030	43,9
Bosques	1.638.470	32,3
Otra veg. natural	594.890	11,7
Otros tipos de tierra	45.180	0,9
Lagunas y embalses	16.280	0,3
Total	5.075.580	100,0

Fuente: Adaptado de SEPSA (1986), Diagnóstico del sector agropecuario.

un 24.4% presenta erosión leve a moderada. Asimismo, el abuso o uso no controlado que se practica en algunas actividades agrícolas con agroquímicos está provocando impactos secundarios muy peligrosos en el control de plagas y enfermedades, al aliminarse drásticamente los enemigos naturales de muchos de estos patógenos, además del deterioro que provocan en recursos fluviales y costeros.

Por otro lado, estudios recientes sobre capacidad de uso del suelo realizados por el proyecto "Apoyo al Servicio Nacional de Conservación de Suelos y Aguas" (Vásquez, 1989), han determinado la distribución de tierras (Cuadro 3).

De lo anterior, se puede concluir que el país tiene 2.125.000 ha (41.7%) de protección, donde dicho estudio estima que sólo un 10% de ellas tiene un potencial que permite una extracción forestal bajo técnicas cuidadosas

Cuadro 3. Distribución de las tierras de Costa Rica según su capacidad de uso.

USO DEL SUELO	AREA ha's	%
Tierras agrícolas	989.310	19,6
Agrícola restringido	550.730	10,9
Cultivos permanentes, pastos, y bósques de producción	1.392.140	27,5
Bosques de protección	1.775.978	35,1
Areas de conservación y turismo	322.784	6,4
Otras clases de tierra	25.540	0,5
Total	5.056.462	100,0

de conservación, por ser tierras de relieve muy empinado, aunque de suelos profundos. Por lo tanto, el área nacional remanente de tierras que se consideran con potencial para actividades productivas (tierras agrícolas, pecuarias y de producción forestal) es de 2.975.000 ha (58.3%).

Por otro lado, y de acuerdo con las tendencias en la evolución del uso de la tierra, el país podría poner bajo cultivo (anuales y perennes), en los próximos 25 años, unas 750.000 ha (14,7% del territorio nacional). El análisis anterior permite colegir que quedan disponibles alrededor de 2.225.000 ha (43.6%) para ganadería y plantaciones forestales. Si la demanda nacional de madera se puede satisfacer con la plantación de 30.000 ha anuales durante 20 años, que se considera un tiempo apropiado para la maduración de estos bosques, se requiría entonces la siembra global de 600.000 ha de bosques comerciales (11.8%). Esto dejaría disponible 1.625.000 ha (31.9% del país) para actividades pecuarias, cifra bastante cercana al área actual bajo este tipo de uso, en donde necesariamente deberán aumentarse los rendimiento por unidad de área, para propiciar la expansión de estas actividades.

En resumen, y de acuerdo con la capacidad productiva de la tierra, se propone el siguiente cambio de uso en el Cuadro 4.

Sin embargo, para lograr este cambio de uso, es indispensable la adopción de varias estrategias, entre las que destacan:

1. Se debe propiciar una reorientación de los procesos productivos dentro de los sectores agropecuario y de recursos naturales, a través de un ordenamiento territorial nacional, basado en la capacidad de uso de las tierras, en forma tal que se delimiten apropiadamente las tierras de protección de aquellas que pueden sustentar actividades productivas, como la agricultura, ganadería y la producción forestal. Este ordenamiento territorial deberá ser vinculante para cualquier acción pública o privada de uso de la tierra.

2. Se deberán disponer incentivos que propicien la regeneración natural de tierras de protección o el mantenimiento de su cobertura boscosa, en forma análoga a como se disponen incentivos para la reforestación comercial.

3. Dentro de las actividades agrícolas y pecuarias, se deberá promover la introducción del árbol como práctica conservacionista, en forma de cortinas rompevientos, cercas vivas, como sombra para cultivos perennes, en franjas arbóreas, etc.

4. En tierras de ladera bajo uso agropecurio, se deberán impulsar prácticas agroforestales, tanto con cultivos tradicionales como no tradicionales, y prácticas silvopastoriles, con árboles que tengan propósitos forrajeros, madereros y para leña.

5. Se deberá desincentivar el pastoreo en laderas de alta pendiente, ofreciendo al mismo tiempo incentivos para respaldar técnicas de manejo menos intensivas en el uso de la tierra, como sistemas agroforestales y silvopastoriles, producción forestal y prácticas que favorezcan el manejo de cuencas.

6. Se deberán promover y evaluar las prácticas mecánicas, agronómicas y biológicas de conservación de suelos, para el mantenimiento y mejoramiento de su productividad y regeneración, favoreciendo la participación y el beneficio comunal.

7. Se deberán proveer mejores mecanismos de supervisión, control y manejo de agroquímicos, para propiciar un uso racional de los mismos.

8. Se deberá fortalecer la investigación agropecuaria y forestal y los programas de extensión agrícola, promoviendo prácticas de cultivo ecológicamente sanas y financieramente viables. Asimismo, se deberá conceder especial énfasis a la investigación en agricultura biológica, manejo integrado de plagas, fijación simbiótica de N y otras tecnologías que favorezcan una producción sostenible.

En síntesis, lo que se pretende básicamente es lograr un uso más racional de los recursos naturales, y aprovecharlos de acuerdo a su propia capacidad productiva, estimulando en esta forma un desarrollo sostenible de los mismos, en beneficio tanto de las generaciones actuales como futuras.

Cuadro 4. Cambios propuestos en el uso de tierras de Costa Rica.

Uso Del Suelo	Area Actual	Area Propuesta
	(%)	(%)
Agrícola	10.3	14.2
Pastos	43.9	31.4
Bosques	44.9	
Producción		11.8
Protección		41.6
Otros	0.9	1.0

LITERATURA CITADA

Centro Científico Trópical. 1982. Perfil Ambiental de Costa Rica: estudio de campo. San José, Costa Rica. 151 p.

FAO/SEPSA. 1986. El Sector Agropecuario: Diagnóstico. Doc-SEPSA-107. San José, Costa Rica. 520 p.

Garita C., D. 1989. Mapa de cobertura boscosa de Costa Rica (escala 1:200.000). Dirección General Forestal, Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas. San José, Costa Rica.

Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas. 1990. Estratégias de conservación para el Desarrollo sostenible de Costa Rica. San José, Costa Rica. 162 p.

Ministerio de Recursos Naturales, Energía y Minas. 1990. Plan de Acción forestal para Costa Rica. Documento Base. San José, Costa Rica. 84 p.

Vásquez M., A. 1989. Cartografía y clasificación de suelos de Costa Rica. Proyecto GCP/COS/009/ITA "Apoyo al Servicio Nacional de Conservación de Suelos". Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 117p. (en prensa).

Iniciativa para la Reducción de la Deforestación: un Imperativo para la Sostenibilidad del Mundo en el Siglo Ventiuno[1]

Pedro A. Sánchez[2]

SUMARIO

Los mayores efectos adversos del calentamiento en el mundo son predichos por los Estados Unidos y otros países de latitudes medias. En este contexto, del 15 al 25% del calentamiento en el mundo resulta del desmonte de los bosques húmedos tropicales. El crecimiento de la población en el tercer mundo obliga a los pobladores rurales sin tierras a emigrar y sobreexplotar los bosques húmedos tropicales, un problema exacerbado por políticas gubernamentales de colonización en países como Brasil, Perú e Indonesia. La agricultura resultante es insostenible y conducente a una posterior deforestación y emigración a centros urbanos.

La investigación ha demostrado que estas tendencias pueden ser reversibles. Una manera integrada consistente en el desarrollo y aplicación de tecnologías sostenibles de manejo para suelos tropicales y políticas de gobierno adecuadas, eliminará la presión para la futura deforestación. Algunas tecnologías de manejo que están disponibles y otras en evolución permitirán la producción contínua. Por cada hectárea puesta bajo manejo sostenible, cinco a diez hectáreas de bosque son salvadas cada año.

Doce de los 64 países con bosques húmedos tropicales contribuyen con el 75% del carbono resultante del desmonte. Otros diez, cuentan por mucho del balance. Se propone una Iniciativa de Reducción de Deforestación coordinada, a nivel mundial, involucrando investigación, educación y formulación de políticas en y entre los países en cuestión. Esta propuesta se discute a continuación.

EL PROBLEMA

Los mayores efectos adversos del calentamiento mundial se espera que ocurran en los Estados Unidos y en otros países de latitudes medias dentro de los próximos 30 a 60 años. La incrementada concentración de gases de invernadero en la atmósfera (dióxido de carbono, óxidos nitrosos y metano) aumentarán la temperatura promedio anual en los Estados Unidos en 4° a 10° F, inundarán algunas áreas costeras debido al aumento en 4 pies en el nivel del mar y aumentará la incidencia de sequías. El efecto esperado en los trópicos es mínimo, pero el centro de gravedad para la producción agrícola puede migrar hacia el norte, hacia Canadá y la Unión Soviética.

Estimados recientes de EPA (Agencia para la Protección del Ambiente) indican que del 15 al 25% del calentamiento global se debe al desmonte de los bosques húmedos tropicales, que está ocurriendo ahora a una tasa anual de 7 millones de ha. La magnitud actual de estas emisiones (1 billón de toneladas de carbono por año) equivale a las actuales emisiones de la combustión industrial en los Estados Unidos. La investigación ha demostrado que algo puede hacerse para disminuir la tasa de deforestación en los trópicos y de esta forma atenuar los esperados efectos adversos.

La deforestación es manejada por un conjunto complejo de fuerzas demográficas, biológicas, sociales y económicas (Figura 1). El crecimiento de la población en el tercer mundo continúa a una tasa alta, mientras que la mayoría de las tierras fértiles y accesibles son intensamente utilizadas. Las políticas de gobierno a menudo exacerban la escasez de tierras al permitir grandes desigualdades en la tenencia de la tierra. Estos factores resultan en un aumento en la población rural sin tierras, la que tiene esencialmente tres elecciones: estáncarse donde está, emigrar a las ciudades o emigrar a los bosques húmedos constituyendo la frontera de muchos países del Tercer Mundo. Aunque las migraciones urbanas son espontáneas, las políticas nacionales en países claves incluyen la ocupación de sus bosques húmedos tropicales mediante programas de colonización; notablemente en Brasil, Perú e Indonesia.

Ambientes rurales densamente poblados, tales como los valles Andinos, noreste brasilero y Java sufren de un siempredecreciente tamaño de sus terrenos y de una sobreutilización de áreas en laderas. Esto resulta en una diseminada erosión del suelo, obstrucción de los reservorios y otros efectos adversos no locales sobre los centros urbanos. La migración a las ciudades en busca de una mejor vida resulta en amargos disgustos y junto con la limitada infraestructura urbana, produce ciudades inmanejables con excesivas poblaciones, mucho mayores a sus capacidades de carga e infraestructura.

La migración a los trópicos húmedos rara vez resulta en un generoso cuerno de la abundancia (con pocas excepciones notables). El equilibrio entre el trópico húmedo y la agricultura migratoria en sociedades tradicionales de los trópicos húmedos es roto por los colonizadores; y en algunos países, por especuladores de tierras. El resultado es una agricultura migratoria en desequilibrio que rápidamente se convierte en varias formas de agricultura insostenible. Las sociedades tradicionales son deshechas y los fracasos económicos abundan, aumentando la migración a los centros urbanos.

Las dos consecuencias finales son el desempleo urbano y la futura deforestación. La consecuencia del desempleo es una despreciable pobreza urbana conducente a una diseminación del crimen, salud pobre y en muchos

[1] Presentado en el Depatamento de Ciencia y Tecnología, U.S. Agency for International Development, Washington, D.C., 22 de julio de 1988.
[2] Coordinador, Programa de Investigación de Suelos Tropicales, Departamento de Ciencia del Suelo, North Carolina State University, Raleigh, N.C. 27695-7619

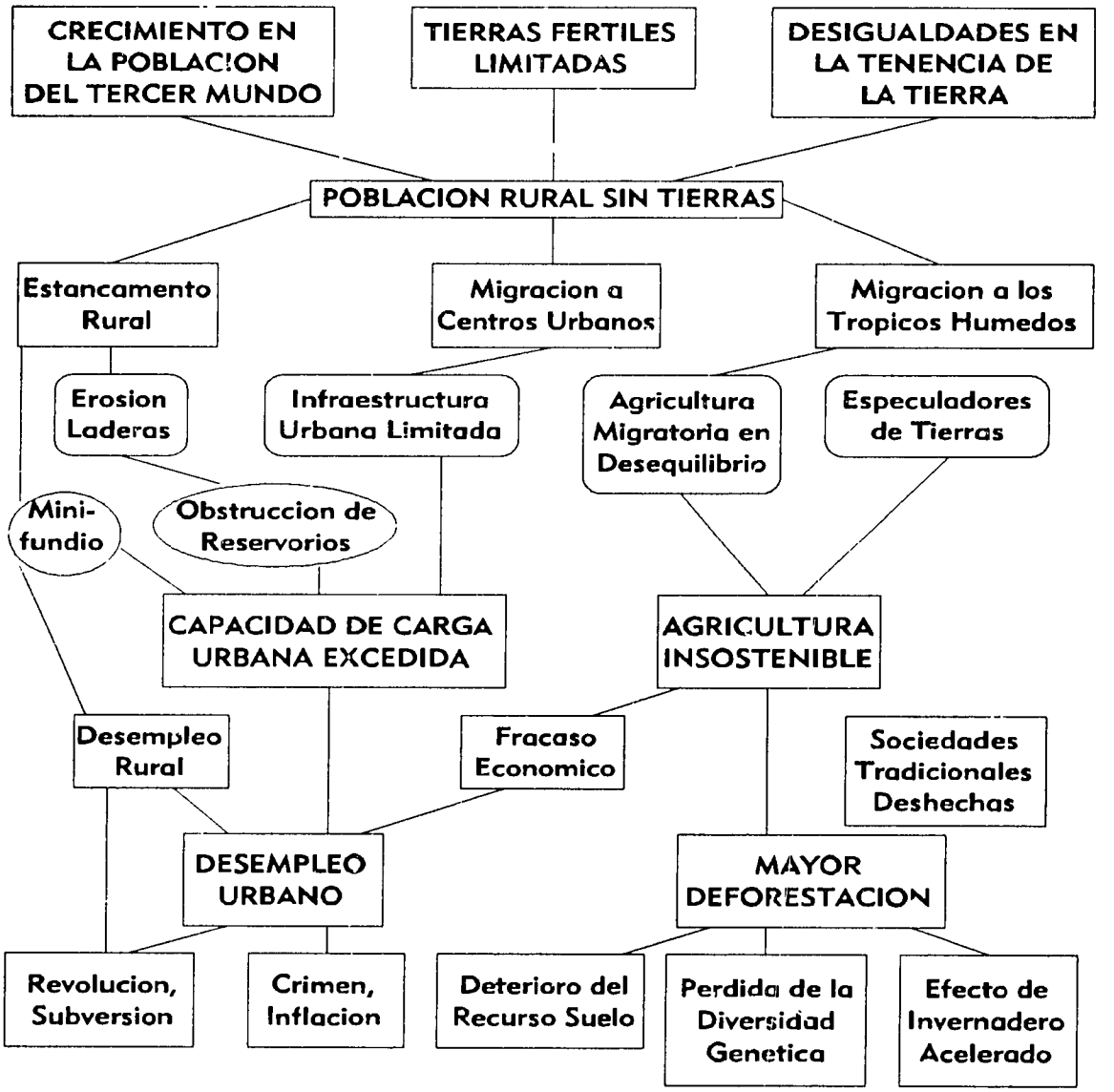


Figura 1. Relaciones causa-efecto asociadas a la deforestación tropical en países en desarrollo.

casos a la insurrección. La deforestación agota el limitado capital de nutrientes de los ecosistemas, diezma la diversidad genética animal y vegetal y acelera el calentamiento global debido a las emisiones de dióxido de carbono y de óxidos nitrosos.

Pueden estas tendencias ser aliviadas y eventualmente revertidas? Nuestra respuesta, basada en la investigación a largo plazo es un enfático sí. La clave es un conjunto integrado consistente en 1) un desarrollo y aplicación y tecnologías sostenibles de manejo para suelos tropicales y 2) políticas de gobierno apropiadas, las que proveerán incentivos para desalentar la necesidad de seguir deforestándo.

La gente no corta los bosques porque le gusta hacerlo; ellos lo hacen por la cabal necesidad de cultivar más alimentos. La deforestación, por consiguiente, puede ser reducida mediante la adopción diseminada de prácticas sostenibles de manejo que permitan el uso indefinido del terreno desmontado. Las opciones de manejo sostenible para suelos ácidos en los trópicos húmedos han sido desarrolladas en Yurimaguas, Perú y en otros lugares contemplando diferentes posiciones en el paisaje, suelos y niveles de desarrollo de infraestructura socioeconómica (Figura 2).

La mayoría de estas opciones están basadas en sistemas de bajos insumos, los que sirven como una tecnología de transición para otras opciones, tales como sistemas agroforestales, pasturas de leguminosas y rotaciones de cultivos continuos. Otras opciones desarrolladas en Africa y Asia tropical, incluyen arroz bajo riego, producción de cultivos perennes y plantaciones forestales. A pesar de la continua necesidad de investigación adicional, no existe duda alguna en que la base tecnológica para las opciones de manejo sostenible para los suelos ácidos de los bosques húmedos está ahora disponibles.

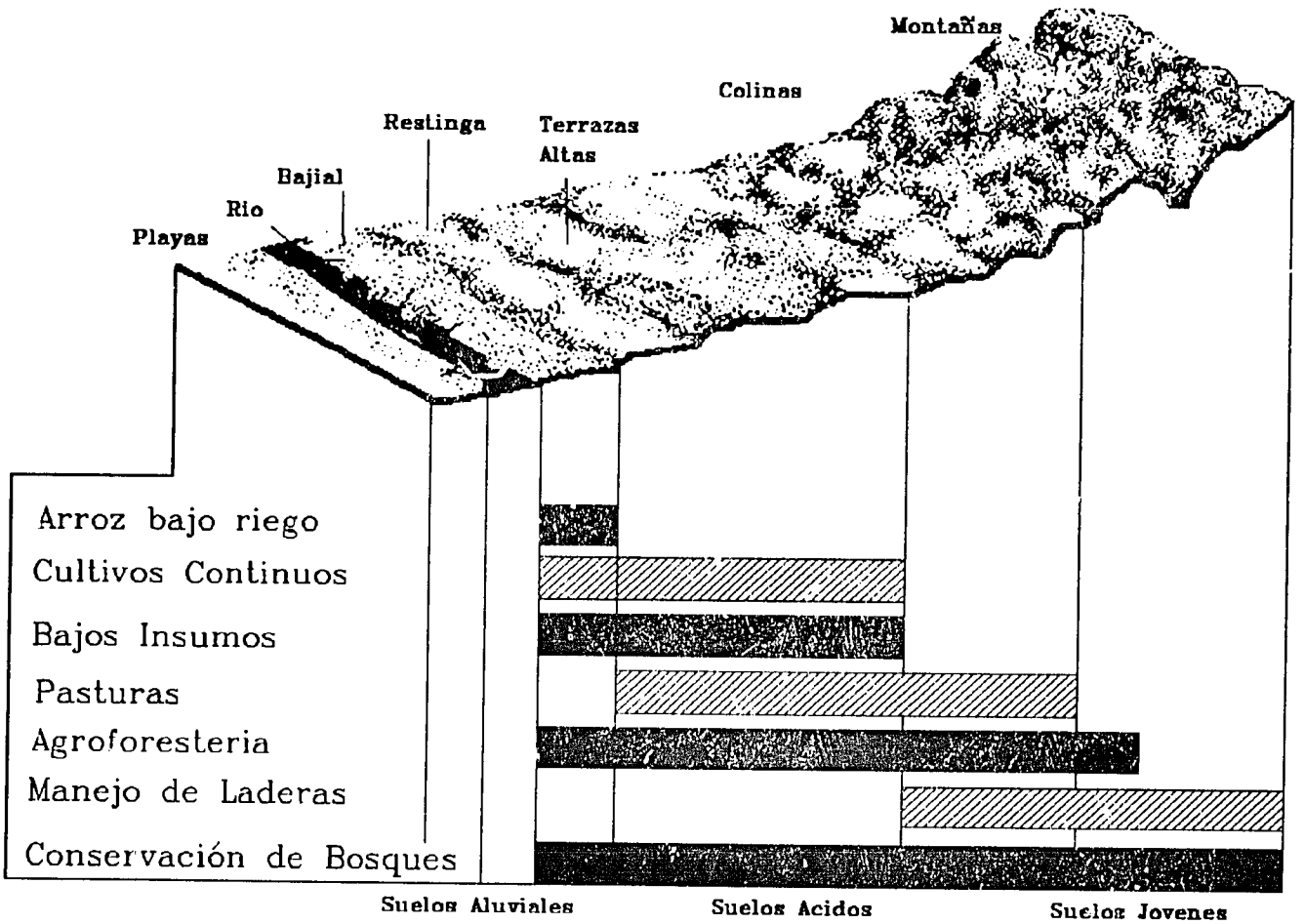


Figura 2. Algunas opciones de manejo para paisajes tropicales húmedos dominados por Oxisoles y Ultisoles.

Por cada hectárea puesta bajo estas tecnologías de manejo por los agricultores, de cinco a diez hectáreas de bosques húmedos tropicales por año serán salvadas de las hachas de los agricultores migratorios, debido a su mayor productividad. Los estimados para las opciones de manejo, en Yurimaguas se muestran en el Cuadro 1.

Tales tecnologías son igualmente aplicables para barbechos de bosque secundario en donde el desmonte no contribuye significativamente al calentamiento global debido a la biomasa de árboles pequeños. Sin embargo, el uso de barbechos de bosque secundario es de altísima prioridad, debido a que en muchas áreas es una alternativa excelente para disminuir el desmonte de bosques primarios. Muchas de las pasturas degradadas o improductivas o de las áreas de cultivo resultantes de prácticas de manejo extremadamente pobres pueden también ser recuperadas usando algunas, pero no todas, de estas tecnologías disponibles.

Tales tecnologías, sin embargo, no son utilizables sin políticas de gobierno efectivas que las alienten, apoyen y regulen. Del mismo modo, políticas bien concebidas fracasarán sin tecnologías sostenibles. Por lo tanto, la ezperansa radica en un acercamiento político-tecnológico en conjunto: La Iniciativa para la Reducción de la Deforestación.

La presente situación es análoga a cuando la comunidad de asistencia técnica mundial lanzó la Revolución Verde a fines de los años 60. En ese tiempo, las tecnologías sostenibles para la producción de arroz y trigo de alto rendimiento fueron suficientemente desarrolladas para ser usadas. Los representantes clave de los gobiernos fueron convencidos de su importancia por científicos líderes e instituyeron las políticas necesarias para hacer posible la adopción masiva por los agricultores en la India, Paquistán, en Las Filipinas y en otros países. La Revolución Verde llegó a ser un éxito mundial durante

Cuadro 1. Resultados de las opciones sostenibles de manejo en Yurimaguas.

1 hectárea con opciones manejo sostenible	Igual a: hectáreas salvadas de la de deforestación anualmente
Arroz bajo riego	11.0
Cultivos con bajos insumos (transicional)	4.6
Cultivos de altos insumos	8.8
Pasturas de leguminosas	10.5
Sistemas agroforestales	no determinado

Cuadro 2. Estimados de emisión de carbono por región. Fuente: Houghton et al., 1987.

Región	Cobertura Forestal	Emisiones Netas De Carbono	
	billones, has.	millones, ton.	%
América Tropical	1.2	665	40
Asia Tropical	0.4	621	37
Africa Tropical	1.3	373	23

los siguiente veinte años y la meta en reprimir el hambre mundial fue definitivamente alcanzada.

La Iniciativa para la Reducción de la Deforestación es un desafío similar, pero con una diferencia mayor en lo que afecta primeramente la subsistencia de ambos, los países en los bosques húmedos tropicales del Tercer Mundo y los países desarrollados. Es también probable que sea más difícil implementarla ya que la tecnología y los asuntos políticos son más complejos, que implementar tecnologías de producción de cultivos de altos insumos en las mejores tierras de los trópicos.

LA META

Se propone una Iniciativa para la Reducción de la Deforestación coordinada, para cumplir simultáneamente con las siguientes metas durante los próximos 25 años:

1. Incrementar y estabilizar la producción de cultivos, pastos y árboles en áreas actualmente bajo agricultura migratoria mediante la adopción masiva de tecnologías sostenibles de manejo apoyadas por políticas de gobierno apropiadas.
2. Disminuir la deforestación de bosques húmedos tropicales primarios de la presente tasa anual de 7 millones de hectáreas a 1 millón de hectáreas.
3. Preservar la diversidad genética en la mayoría de las áreas remanentes de los bosques húmedos tropicales mediante la disminución de la demanda para desmonte de tierras.
4. Conservar la base de recursos naturales a través de un balance razonable, estable, entre agricultura sostenible y la preservación de los bosques húmedos.

ALCANCE

Países prioritarios

Existen 64 países en el mundo con bosques húmedos tropicales, habiéndose hecho estimados de las emisiones netas de carbono debidas al desmonte en 1980 por el Woods Hole Research Center. El análisis por región, incluyendo las emisiones de bosques primarios, secundarios y plantaciones de árboles, es mostrado en el Cuadro 2. Doce de estos 64 países (Cuadro 3) dieron razón por las tres cuartas partes en las emisiones netas de carbono debidas al desmonte de bosques primarios. Otros diez países dieron razón por mucho de la deforestación remanente: Birmania, Camerún, Venezuela, Madagascar, La India, Nicaragua, Laos, Vietnam, Campuchea y Bolivia.

Al igual que con la Revolución Verde, el diálogo será iniciado con los altos directivos a nivel científico en los países seleccionados, para discutir la posibilidad de un programa cooperativo. En países en donde las posibilidades de colaboración sean buenas el diálogo con los representantes del gobierno deberá seguir a continuación, con acuerdos firmados y compromisos para un programa de 25 años.

En cada país participante, se pueden identificar "áreas críticas" de deforestación en donde se podrían enfocar la transferencia de tecnología y las políticas gubernamentales. Ejemplos de estas áreas críticas son, Rondonia, Acre y el sur de Bahia en Brasil; Caquetá en Colombia; áreas de transmigración en Sumatra y Kalimantán en Indonesia;el valle del Huallaga, Pucallpa y Pichis-Palcazú en Perú; Chapare en Bolivia; Coca-Lago Agrio en Ecuador y muchas otras.

Componentes del Programa

1. Un taller internacional para lanzar la Iniciativa para la Reducción de la Deforestación.
2. Selección de los países participantes y de las "áreas críticas". Protocolos firmados.
3. Un control más de cerca en las tasas de deforestación en los países participantes y en las áreas críticas.
4. Programas dinámicos, bien financiados, de validación de tecnología sostenible en cada área crítica, incluyendo entrenamiento a los especialistas en investigación y extensión locales.

Cuadro 3. Emisiones de carbono por país.

País	Emisiones Netas De Carbono En 1980 De Bosques Primarios millones, ton.
Brasil	207
Colombia	85
Indonesia	70
Malasia	50
Costa de Marfil	47
México	33
Tailandia	33
Peú	31
Nigeria	29
Ecuador	28
Zaire	21
Las Filipinas	21

5. Asistencia a los países participantes en el desarrollo de políticas apropiadas para apoyar la Iniciativa.

6. Apoyo a la investigación en forma continua, en el desarrollo de opciones estables de manejo con reforzamiento de un centro mayor de investigación en América tropical, Asia y Africa. Se enfatizará en la sostenibilidad a largo plazo.

7. Apoyo a la investigación local para cuantificar la naturaleza de las emisiones de gas de las varias opciones de manejo sostenibles, incluyendo el desmonte y las opciones comunes de mal manejo. Existen preguntas mayores acerca de las emisiones de óxidos nitrosos. Por alguna razón, el aire sobre el Amazonas tiene una de las más altas concentraciones de óxidos nitrosos en el mundo. El entendimiento de los procesos que regulan las emisiones gaseosas a nivel del suelo necesita ser investigado y relacionado con las mediciones atmosféricas.

8. Apoyo a la investigación para determinar como la adopción de tecnologías exitosas de manejo afectan la preservación del bosque y del suelo, la conservación de la diversidad genética y el balance hidrológico.

LITERATURA CITADA

EPA. 1988. Meeting summary. Stabilization Report. Workshop on Agriculture and Climate Change. Ferbruary 29-March1, 1988.(draft). Office of Policy Analysis, EPA, Washington.

Houghton, R.A., R.D. Boone, J.R. Fruci, J.E. Hobbie, J.M. Melillo, C.A. Palm, B.J. Petersen, G.R. Shaver y G.M. Woodwell. 1987. The flux of carbon from terrestrial ecosystems to the atmosphere in 1980 due to changes in land use: geographic distribution of the global flux. Tellus 39B: 122-139.

McElroy, M.B. y S.C. Wofsy. 1986. Tropical forests: interactions with the Atmosphere. En G.T. Prance (ed.) Tropical Rain Forests and the World Atmosphere, pp. 33-60. Westview Press, Boulder, Colorado.

Mooney, H.A., P.M. Vitousek y P.A. Matson. 1987. Exchange of materials between terrestrial ecosystems and the atmosphere. Science 238: 926-932.

Sánchez, P.A. y J.R. Benítes. 1987. Low-input cropping for acid soils of the humid tropics. Science 238: 1521-1527.

Sánchez, P.A., E.R. Stoner y E. Pushparajah. (eds.) 1987. Management of Acid Tropical Soils for Sustainable Agriculture. IBSRAM Proceedings No.2, IBSRAM, Bangkok, 299 pp.

Contribuciones de Investigación en el Manejo de Suelos Para el Control de la Deforestación: Historia de Caso en el Paraguay

Enrique González[1]

INTRODUCCION

Las extensas masas de bosque subtropical húmedo de la Región Oriental del Paraguay han experimentado una continua reducción en su superficie debido al avance de la agricultura, y últimamente, la ganadería. Esta región situada entre las latitudes 23° y 27° Sur, aproximadamente, conforma con los bosque del vecino Estado de Paraná (Brasil) y la Provincia de Misiones (Argentina), la última formación continua de bosque subtropical húmedo en el hemisferio Sur del Continente Americano. Más al sur de esta región ya se encuentran formaciones de praderas y algunos bosques de clima templado.

La Región Oriental es la más importante del país porque no sólo alberga el 98% de la población de cuatro millones de habitantes, sino que posee la casi totalidad de los cultivos agrícolas, esto a pesar de cubrir sólo el 39% al territorio nacional. La superficie total del país es de 407.000 km^2.

Ha sido posible estimar la situación de la cobertura forestal de esta región con base en los mapas elaborados en los años: 1945, 1965/68, 1976/76 y 1989/85. Este trabajo fue realizado por el Convenio del Ministerio de Agricultura y Ganadería y la GTZ del Gobierno de Alemania en el año 1989. Los mapas de los años 1945 y 1965/68 fueron hechos con base en fotos aéreas, y los de los años 1975/76 y 1984/85, en base a imágenes de satélites y otros mapas base.

ETAPA DE DEFORESTACION

La superficie de la Región Oriental es de aproximadamente 16.000.000 ha (160.000 km^2). En el año 1945, existían aproximadamente 8.424.000 ha de cobertura boscosa (bosque alto subtropical), lo que representaba un 52.7% de la superficie total de esta región, o sea, existía más superficie boscosa que no boscosa como campos altos, campos bajos y áreas ya deforestadas para uso agrícola y uso urbano. El desarrollo agrícola era muy escaso en esta época, y la superficie deforestada era relativamente baja.

Las tasas de deforestación en los tres períodos estudiados se presentan en el Cuadro 1. En el total de 40 años (1945-1985) se han deforestado 4.915.000 ha. Esta cifra representa una reducción del 58.6% de la superficie boscosa que se tenía en el año 1945. La superficie de bosque alto continuo era de 3.507.000 ha en el año 1985.

Cuadro 1. Tasas de deforestación en Paraguay en tres períodos.

Período	Tasa Anual Deforestación	Media
	ha	ha/año
1945-1968	1.911.000	83.000
1968-1976	1.694.000	212.000
1976-1985	1.310.000	145.000

La tasa del primer período (83.000 ha/año) corresponde a una expansión de las actividades agrícolas hacia la frontera brasileña, con la apertura de rutas y el puente sobre el río Paraná con el Brasil. El período de máxima deforestación (212.000 ha/año) corresponde con el inicio de los programás nacionales de trigo y soya, que mecanizaron la agricultura con la introducción de tractores y cosechadoras automotrices. Parte de la deforestación ya se efectuaba con topadoras. En el último período estudiado se observa una disminución de la tasa de deforestación (145.000 ha/año) con respecto al período anterior. Es esta disminución de las tasas de deforestación la que interesa analizar.

SUELOS - USO DE CAL AGRICOLA Y FERTILIZANTES

Los suelos de bosque de la Región Oriental pueden dividirse en dos grandes grupos de acuerdo a su roca originaria: a) suelos derivados de roca basáltica, ocupando la porción más Este de esta región, y b) suelos derivados de roca arenisca, ocupando el resto de esta región.

Todos los suelos de bosque son relativamente fértiles, con un alto contenido de materia orgánica, y una acidez aceptable en la mayoría de los casos. Sin embargo, cuando los bosques son desmontados, se inicia un rápido proceso de disminución de la fertilidad y de un aumento de la acidez. Se considera a los suelos de basalto como los de mayor fertilidad por su contenido mayor de bases, especialmente de K. Por ser suelos de textura arcillosa (franco arcillosos) y tener buena estructura, los suelos basálticos retienen por más largo tiempo su fertilidad. Estos suelos son en su mayoría Alfisoles y Ultisoles, y en menos proporción Oxisoles. Los suelos de arenisca son en su mayoría Ultisoles.

El uso de fertilizantes químicos y cal agrícola se resume en el Cuadro 2. Puede apreciarse que las cantidades de cal agrícola y de fertilizantes químicos utilizados son bajos. La razón del poco uso de estos insumos es su costo relativamente alto, debido a que todos los fertilizantes deben ser importados. Solamente la cal

[1]Facultad de Ing. Agronómica, Casilla de Correo 1618, Asunción, Paraguay.

Cuadro 2. Uso de fertilizantes y cal agrícola en la Región Oriental de Paraguay.

Año	Fertilizantes	Cal Agrícola[1]
	ton	ton
1974	4.732	----
1975	2.545	----
1976	5.685	----
1977	9.950	----
1978	9.229	----
1979	10.316	----
1980	9.200	3.000
1981	9.265	7.000
1982	15.558	8.000
1983	14.675	8.000
1984	21.600	10.000
1985	27.755	10.000

[1] Cantidad estimada, se carece de datos.

agrícola es producida en el país, pero aún así la carencia de un sistema de financiación de este producto hace que su aplicación sea aún muy limitada.

El empleo de la cal agrícola y de fertilizantes está dirigido a los suelos con muchos años de uso, en donde ya no es posible producir económicamente el trigo o la soya. Estos dos cultivos son los que usan la mayor parte de estos insumos. Esta es una de las razones de la disminución de la tasa de deforestación en el último período, ya que los suelos donde se utilizan estos fertilizantes pertenecen a áreas que han sido desmontadas hace más de 15 años, y ya habían perdido su fertilidad inicial. Estas áreas son las más antiguas, con agricultores afincados en el lugar hace bastante tiempo, por lo que la posibilidad de desmontar nuevos bosques fue menor.

Los trabajos de investigación realizados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, en el uso de cal agrícola y fertilizantes han demostrado que existen respuestas a la aplicación de los mismos en suelos ácidos y empobrecidos en los nutrientes mayores (N, P y K). En este sentido, cabe destacar que la cantidad de fertilizantes utilizados en el año 1989 es de aproximadamente 44.000 toneladas, lo que indica una utilización cada vez mayor de este insumo.

Si bien la disminución de la tasa de deforestación experimentó una reducción, ésta continúa siendo elevada, considerando la poca cantidad de bosque que resta al país.

Participantes del II Taller Latinoamericano de Manejo de Suelos Tropicales
San José, Costa Rica
Julio 9-13 , 1990

Achio, Roger
Ciencias de Suelos
Centro de Investigaciones Agronómicas
Universidad de Costa Rica (UCR)
San José, Costa Rica

Acuña, Oscar
Microbiología de Suelos
Centro de Investigaciones Agronómicas
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica

Adams, Meliton
Química de Suelos
Facultad de Agronomía
Universidad Central de Venezuela (UCV)
Apdo. 4579
Maracay, Aragua
Venezuela

Aldunate, Jorge
Sistemas de Producción
Instituto Boliviano de Tecnologias Agrícolas
(IBTA)-Chapare
Apdo. 4067
Cochabamba, Bolivia

Alegre, Julio
Física de Suelos
North Carolina State University
Estación de Yurimaguas
Yurimaguas, Loreto
Peru

Alvarado, Guiselle
Agronomía
Centro de Investigaciones Agronómicas
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica

Alvarado, Alfredo
Suelos/Agroforestería
Experience Inc./IBTA
Apdo. 1983
Cochabamba, Bolivia

Amézquita, Edgar
Manejo de Suelos
Instituto Colombiano de Agropecuaria (ICA)
Apdo. 151123
El Dorado, Bogotá
Colombia

Arcos, Máximo
Agronomía
Instituto Nacional de Investigación
Agropecuario y Agroindustrial (INIAA)
Estación de Yurimaguas
Yurimaguas, Loreto
Peru

Arevalo, Luiz
Agronomía
Instituto Nacional de Investigación
Agropecuario y Agroindustrial (INIAA)
Estación de Yurimaguas
Yurimaguas, Loreto
Peru

Arguedas, José
Agronomía
Cultivos Tropicales
Apdo. 1502-1000
San José, Costa Rica

Ayarza, Miguel
Ciclaje de Nutrientes
CIAT
Apdo. 6713
Cali, Colombia

Barreto, Héctor
Fertilidad de Suelos
CIMMYT
Edificio Galerías Reforma
Apdo. 231-A
Guatemala, Guatemala

Bertsch, Floria
Fertilidad de Suelos
Centro de Investigaciones Agronómicas
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica

Bolaños, Rafael
Capacidad de Uso de la Tierra
Centro Científico Tropical (CCT)
Apdo. 8-3870-1000
San José, Costa Rica

Bonilla, Sonia
Química de Suelos
Centro Nacional de Tecnologia Agrícola (CENTA)
Apdo. 885
San Salvador, El Salvador

Bornemisza, Elemer
Química de Suelos
Centro de Investigaciones Agronómicas
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica

Buol, Stanley
Pedología
North Carolina State University
Box 7619
Raleigh, NC 27695-7619

Briceño, Jorge
Bioquímica de Suelos
Centro de Investigaciones Agronómicas
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica

Cabalceta, Gilberto
Agronomía
Centro de Investigaciones Agronómicas
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica

Campos, Wilberth
Agronomía Tropical
CATIE
Apdo. 7170
Turrialba, Costa Rica

Carballo, Lorena
Agronomía
Centro de Investigaciones Agronómicas
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica

Casanova, Eduardo
Agronomía
Facultad de Agronomía
Universidad Central de Venezuela
Apdo. 4579
Maracay, Aragua
Venezuela

Caudle, Neil
Comunicaciones
TropSoils/NCSU
Box 7603
Raleigh, NC 27695-7603

Cerezo, Arturo
Nutrición de Plantas y Suelos
Universidad de Panamá
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Panama, Panama

Cervantes, Carlos
Fertilidad de Suelos y Manejo
Universidad Nacional (UNA)
Apdo. 86
Heredia, Costa Rica

Chavarría, Ana
Fertilidad de Suelos
Centro de Investigaciones Agronómicas
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica

Chavarría, Erick
Agronomía
Centro de Investigaciones Agronómicas
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica

Chaverri, Fabio
Agronomía
Centro de Investigaciones Agronómicas
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica

Cordero, Alvaro
Fertilidad de Suelos
Centro de Investigaciones Agronómicas
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica

Corella, Francisco
Fertilidad de Suelos
Ministerio de Agricultura y Ganaderia (MAG)
Apdo. 10094
San José, Costa Rica

Cravo, Manoel
Fertilidad de Suelos
Empresa Brasileira de Pesquisa
Agropecuária (EMBRAPA)-CPAA
C.P. 455
69000 Manaus, Amazonas
Brazil

Cubero, Diógenes
Fertilidad de Suelos y Conservación
Ministerio de Agricultura y Ganaderia
Apdo. 10094
San José, Costa Rica

Cuevas, Elvira
Ecología
Instituto Venezuelano de Investigaciones
Científicas (IVIC)
Apdo. 21827
Caracas 1020, A
Venezuela

Díaz-Romeu, Roberto
Fertilidad de Suelos/Analisis
CATIE
Apdo. 7170
Turrialba, Costa Rica

DiStéfano, José
Ecología Forestal
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica

Espinosa, José
Fertilidad de Suelos
Instituto de la Potassa y el Fósforo (INPOFOS)
Los Shyris y Telégrafo 2260
Quito, Ecuador

Fernandes, Erick
Suelos/Agroforestería
North Carolina State University
Box 7619
Raleigh, NC 27695-7619

Ferrufino, Armando
Pasturas Tropicales
Instituto Boliviano de Tecnologias
Agrícolas-Chapare
Apdo. 4067
Cochabamba, Bolivia

Gadea, Arnoldo
Pasturas Tropicales
Centro de Investigaciones Agronómicas
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica

Gómez, Fernando
Ciencias de Suelos
Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR)
Apdo. 7570-1000
San José, Costa Rica

Gómez, Oscar
Fertilidad de Suelos
Secretaria Nacional de Conservación de
Suelos y Agua (SENACSA)
Apdo. 708
Alajuela, Costa Rica

González, Enrique
Fertilidad de Suelos
Facultad de Ingeñeros Agronomos
Apdo. 1618
Asunción, Paraguay

Gordon, Román
Agronomía
Instituto de Investigación Agropecuária
de Panamá (IDIAP)
Centro Regional de Azuero
La Vila de los Santos
Los Santos, Panamá

Gutierrez, Berny
Agronomía
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica

Henríquez, Carlos
Fertilidad de Suelos
Centro de Investigaciones Agronómicas
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica

Herrera, Vivian
Riego
Secretaria Nacional de Riego y Aguas
(SENARA)
Apdo. 5262
San José, Costa Rica

Hines, Dennis
Ciencias de Suelos
PiNDECO
Del Monte Corp.
Buenos Aires, Puntarenas
Costa Rica

Jaramillo, Santander
Fertilidad de Suelos y Clasificación
Instituto de Investigación Agropecuária de
Panamá
Apdo. 58
Santiago de Veraguas, Panamá

Knox, Ellis
Agrimensura de Suelos
USDA/SCS
Federal Bldg. Room 345
Lincoln, NE 68508

Lara, Deysy
Fertilidad de Suelos/Pasturas
Instituto Nacional de Investigación
Agropecuária y Agroindustrial
Estación Yurimaguas
Yurimaguas, Loreto
Peru

Locatelli, Marilia
Agroforestería
EMBRAPA-UEPAE
C.P. 406
78900 Porto Velho, Rondônia
Brazil

López, Antonio
Fertilidad de Suelos
Corporación Bananera Nacional (CORBANA)
Apdo. 6504-1000
San José, Costa Rica

Martínez, Igor
Agronomía
Centro de Investigaciones Agronómicas
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica

Mata, Rafael
Agronomía
Centro de Investigaciones Agronómicas
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica

Mejía, Raúl
Fertilidad de Suelos/Agroforestería
Instituto Boliviano de Tecnologias Agrícolas-Chapare
Apdo. 4067
Cochabamba, Bolivia

Melgar, Ricardo
Fertilidad de Suelos
Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuaria (INTA)
CC No. 57
3400 Corrientes, Argentina

Mendoza Olivares, Víctor
Producción Agricola
Centro Nacional de Tecnologias Agrícolas
Apdo. 885
San Salvador, El Salvador

Messick, Donald
Agronomía
Sulphur Institute
1725 K Street N.W., no. 508
Washington, DC 20006

Miranda, Wellington
Ecología
CATIE
Apdo. 7170
Turrialba, Costa Rica

Mojica, Fernando
Fertilidad de Suelos
Universidad Nacional
Apdo. 86
Heredia, Costa Rica

Montagnini, Florencia
Forestería
Yale University
370 Prospect St.
New Haven, CT 06511

Mora, Ana
Agronomía
CAFESA
Apdo. 4588-1000
San José, Costa Rica

Mora, Floribeth
Microbiología de Suelos
Centro de Investigaciones Agronómicas
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica

Morales, Jorge
Nutrición Animal/Forrajes
Ministerio de Agricultura y Ganaderia
Apdo. 10094-1000
San José, Costa Rica

Moscoso, Baltazar
Agronomía
Instituto de Ciencias y Tecnologias Agricolas (ICTA)
km 21.5 Carretera Amatitlan
Bárcenas, Villa Nueva
Guatemala

Moya, Carlos
Riego/Suelos
Fundación Hondureña de Investigaciones Agrícolas (FHIA)
Apdo. 2067
San Pedro Sula, Honduras

Name, Benjamín
Fertilidad de Suelos
Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá
Santiago de Veraguas, Veraguas
Panamá

Ortíz, Rubén
Conservación de Suelos
Palmatica S.A.
Apdo. 101, Tibas
San José, Costa Rica

Palm, Cheryl
Agroforestería
NCSU
Box 7619
Raleigh, NC 27695-7619

Pérez, Jenny
Ciencias de Suelos
Organization of Tropical Studies (OTS)
Estación Biológica La Selva
Puerto Viejo, Sarapiquí
Costa Rica

Pierre, Rodolfo
Nutrición de Plantas
Centro Sur de Desarrollo Agropecuario (CESDA)
Apdo. 24
San Cristobal
República Dominicana

Prado, Víctor
Manejo de Pasturas
Ministerio de Agricultura y Ganaderia
Apdo. 10094-1000
San José, Costa Rica

Raun, William
Fertilidad de Suelos
CIMMYT
Edificio Galerías Reforma
Apdo. 231-A
Guatemala, Guatemala

Ricse, Alberto
Agroforestería
Instituto Nacional de Investigación
Agropecuaria y Agroindustrial
Av. Javier Prado 1894
San Borja, Lima
Peru

Rodríguez, Norman
Conservación de Suelos
Instituto Tecnológico de Costa Rica
Apdo. 223
Ciudad Quesada, Costa Rica

Rojas, Carlos
Ciencias Pecuarias
Universidad Nacional de Educación (UNED)
Apdo. 474-2050
San José, Costa Rica

Sain, Gustavo
Socioeconomía
CIMMYT
Apdo. 55, 220 Coronado
San José, Costa Rica

Salas, Rafael
Fertilidad de Suelos
Centro de Investigaciones Agronómicas
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica

Salazar, Angel
Agroforestería
NCSU
Box 7619
Raleigh, NC 27695-7619

Salinas, José
Manejo de Suelos Tropicales
Programa de Desarollo Alternativo de
Cochabamba (PDAC)
Apdo. 943
Cochabamba, Bolivia

Sampaio, Nelson
Relación Suelo/Planta
EMBRAPA-UEPAE
C.P. 406
78900 Porto Velho, Rondônia

Sanchez, Pedro
Suelos Tropicales
NCSU
Box 7619
Raleigh, NC 27695-7619

Sanchez, Pedro, Sr.
Fertilizantes
624 McArthur Drive
Orlando, FL 32809

Sancho, Freddy
Agronomía
Centro de Investigaciones Agronómicas
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica

Sinclair, Rubén
Agronomía
Escuela Nacional Agraria
Apdo. 09
Catacamas, Honduras

Smith, Frank
Socioeconomía
NCSU
Box 7619
Raleigh, NC 27695-7619

Smyth, Jot
Fertilidad de Suelos Tropicales
NCSU
Box 7619
Raleigh, NC 27695-7619

Sosa, Heriberto
Agronomía
Centro Nacional de Tecnologias Agrícolas
km 33.5 Carretera a Santa Ana
San Salvador, El Salvador

Soto, José
Fertilidad de Suelos
Ministerio de Agricultura y Ganaderia
Apdo. 325-2070
San José, Costa Rica

Szott, Larry
Agroforestería
CATIE
Apdo. 7170
Turrialba, Costa Rica

Uribe, Eduardo
Fertilidad de Suelos
Caja Agraria
Calle 85, 9-26
Bogotá, Colombia

Varhson, Wilhem
Riego
Universidad Nacional
Apdo. 5262
San José, Costa Rica

Valverde, Juan
Riego
Secretaria Nacional de Riego y Aguas
Apdo. 5262
San José, Costa Rica

Vargas, Jesús
Extension
DIECA
Apdo. 2330
San José, Costa Rica

Vargas, Alexis
Fertilidad de Suelos
Ministerio de Agricultura y Ganaderia
Apdo. 10094-1000
San José, Costa Rica

Vargas, Ronald
Agronomía
Centro de Investigaciones Agronómicas
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica

Vázquez, Alexis
Planificación de Recursos
Ministerio de Agricultura y Ganaderia
Apdo. 10094-1000
San José, Costa Rica

Vega, Vidal
Cultivos Tropicales
Escuela de Fitotécnia
Universidad de Costa Rica
San José, Costa Rica

Villareal, Milton
Pasturas
Instituto Tecnologico de Costa Rica
Apdo. 223
Cartago, Costa Rica

Watson, Vicente
Ecología Forestal
Centro de Científico Tropical
Apdo. 8-3870-1000
San José, Costa Rica

Yost, Russel
Fertilidad de Suelos
Department of Agronomy
University of Hawaii
Honolulu, HI 96822

Zea, José
Agronomía
Instituto de Ciencias y Tecnologías Agrícolas
km 21.5 Carretera Amatitlán
Bárcenas, Villa Nueva
Guatemala

Zumbado, Antonio
Fertilidad de Suelos y Conservación
Ministerio de Agricultura y Ganaderia
Apdo. 398
Guadalupe, Costa Rica