

PN/AAP-613

IAN:36792

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO  
SUBGERENCIA DE DESARROLLO RURAL  
REGIONAL No. 4

CURSO INTERNACIONAL SOBRE  
MANEJO DE ENSAYOS AGRICOLAS EN AREAS DE DESARROLLO RURAL

CENTRO DE CAPACITACION LA SELVA  
RIONEGRO, ANTIOQUIA, COLOMBIA  
SEPTIEMBRE 24 - OCTUBRE 3 DE 1981

COMPILACION No. 43

## PRESENTACION

Hace más de una década, después de la reestructuración del sector agropecuario llevada a cabo en 1968, el Instituto Colombiano Agropecuario empezó a resolver los interrogantes siguientes: - " Si el agricultor está considerado como eficiente bajo las limitaciones en las cuales opera, qué puede hacer entonces la investigación para mejorar su nivel de productividad ?".

- "No será probable que cualquier cambio en el sistema de producción de ese agricultor, lo conduzca a ineficiencias debido a las limitaciones dentro de las cuales opera ?".

Ambos interrogantes a pesar de la simplicidad de su formulación, constituyeron un reto para el Instituto, pues era evidente que nos encontramos frente a una tecnología desarrollada por el agricultor a través de generaciones, tecnología que era el resultado de haber relacionado en su producción aquellas prácticas de manejo que, a pesar de las limitaciones de tierra, capital, mercados y capacitación entre otros, le han permitido sobrevivir y aún competir en condiciones claramente desventajosas.

El estado de desarrollo de una comunidad, depende en gran parte de su capacidad para incorporar nueva información a fin de operar cambios en sus sistemas de producción. Sólo, que la información proveniente de los resultados de la investigación disponible, constituye la "materia prima" para el proceso de la transferencia de tecnología,

pués se hace indispensable analizar las variables económicas, culturales, sociales y tecnológicas que están condicionando la toma de decisiones del pequeño agricultor.

El ajuste tecnológico que se realiza en los Distritos de Transferencia de Tecnología del ICA, llevado a cabo con la activa participación de la comunidad, tiene como objetivo llegar a formular recomendaciones para el mejor manejo de ciertos factores de la producción, con el propósito de incrementar los niveles de productividad del ingreso del agricultor.

Con lo anterior, se quiere decir que, los ensayos de ajuste de tecnología deben estar fundamentados en los principios teóricos conocidos, pero deben ser eminentemente pragmáticos pués deben incluir aquellos factores que capten la variabilidad regional, como primera para entregar a los productores las recomendaciones más razonables desde el punto de vista de sus limitaciones.

Partiendo del concepto de que el agricultor toma sus decisiones eficientemente, se acepta el hecho de que si aquél no ha incorporado en su sistema algunas innovaciones técnicas, no obstante conocerlas, de seguro tendrá razones muy válidas para ello. Sin previo estudio de estas razones, cualquier intento de buscar la aceptación de la tecnología generada fallará en la mayoría de los casos.

Por lo tanto, la investigación para el pequeño agricultor debe ser enfocada a probar aquellos cambios en métodos de producción que los agricultores indiquen como potencialmente útiles. Esto exige la realización de un proceso de intercambio, que debe ser riguroso y en el cual se combinen a la vez, la estructura de valores de la comunidad agrícola y sus experiencias en producción, con las capacidades técnicas y analíticas de los técnicos del Distrito.

No debo extenderme, pues investigadores y expositores de la más amplia trayectoria que una y otra vez han traspasado nuestras fronteras, habrán de transmitir a Uds. con lujo de competencia los conocimientos y experiencias de largos años en el Manejo de Ensayos Agrícolas en Areas de Desarrollo Rural a través de esta compilación.

GERMAN URREGO M.  
Director División de  
Estudios Socioeconómicos , ICA

4

## CONTENIDO

	No. páginas
- FALTA DE ADOPCION, UN PROBLEMA DE TRANSFERENCIA: De la opinión a la realidad; Hipótesis para un enfoque diferente. Jaime Isaza R. I.A., Ph.D.	53
- PROCEDIMIENTOS PARA EL DESARROLLO DE TECNOLOGIAS PARA LOS AGRICULTORES. José Hiram Tobón C. I.A., M.S.	17
- EL CONJUNTO PRODUCTIVO Y EL SISTEMA DE PRODUCCION COMO BASE PARA PLANTEAR LA NECESIDAD Y EL DISEÑO DE AJUSTES TECNOLOGICOS. Carlos Pantoja L. I.A., M.S. José Hiram Tobón C. I.A., M.S.	21
- LA IDENTIFICACION DE SISTEMAS DE PRODUCCION Y LA TECNOLOGIA LOCAL DE PRODUCCION COMO BASE PARA PLANEAR AJUSTES TECNOLOGICOS. Carlos Pantoja L. I.A., M.S.	10
- PASOS A SEGUIR EN LA PLANIFICACION DE EXPERIMENTOS AGRICOLAS EN FINCAS. Interrogantes principales. José Hiram Tobón C. I.A., M.S.	8
- IMPORTANCIA DE INVESTIGACION AGRONOMICA DE CULTIVOS ASOCIADOS. Enfoques, actividades y principios básicos. José Hiram Tobón C. I.A., M.S.	15

- ALGUNOS ASPECTOS DE LA INVESTIGACION EN CULTIVOS ASOCIADOS EN COLOMBIA.  
 Carlos A. Tarazona B. I.A., M.S. 41
- FUENTES DE INFORMACION ADICIONAL EN LA TOMA DE DATOS DE AJUSTE TECNOLOGICO. .  
 Carlos A. Tarazona B. I.A., M.S. 57
- PREPARACION DE MATERIALES DE SIEMBRA. Algunas experiencias de errores más frecuentes en ensayos agrícolas  
 José Hiram Tobón C. I.A., M.S. 7
- TOMA DE INFORMACION EN ENSAYOS DE AJUSTE DE TECNOLOGIA.  
 Carlos Pantoja L. I.A., M.S.  
 José Hiram Tobón C. I.A., M.S. 21
- ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS EN FINCAS CON MAIZ ICA V 453 Y CRIOLLO EN EL ORIENTE ANTIOQUEÑO.  
 José Hiram Tobón C. I.A., M.S.  
 Jorge Enrique Llano E. I.A. 13
- METODOS ESTADISTICOS PARA EL DISEÑO DE ENSAYOS AGRICOLAS EN AREAS DE DESARROLLO RURAL.  
 Orlando Martínez W. I.A., Ph.D. 53
- MUESTREO.  
 Eloina Mesa F. Estadístico 25
- SISTEMAS DE INFORMACION PARA ENSAYOS AGRICOLAS EN AREAS DE DESARROLLO RURAL.  
 Eloina Mesa F. Estadístico 20

- INVESTIGACION HORTICOLA EN AREAS DE DESARROLLO.  
Mario Lobo A. I.A., Ph.D. 5
- LA INVESTIGACION SOBRE FRIJOL (Phaseolus vulgaris L).  
EN EL CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACION LA SELVA.  
Alberto de J. Roman V. I.A.  
J. Iván Alvarez G. I.A. 9
- ASPECTOS GENERALES DE LA INVESTIGACION EN MAIZ Y  
SU APLICABILIDAD EN AREAS DE DESARROLLO.  
J. Antonio Rivera G. I.A., M.S. 16
- BREVES ASPECTOS SOBRE EL PROGRAMA DE CULTIVOS  
MULTIPLES Y SU CONTRIBUCION A LAS AREAS DE DESARROLLO RURAL.  
Jorge Suescún G. I.A., M.S. 8
- SINTOMAS Y SIGNOS DE ENFERMEDADES MAS COMUNES  
EN PLANTAS.  
Oscar D. Puerta E. I.A.  
Rafael Navarro A. I.A., M.S. 22

FALTA DE ADOPCION, UN PROBLEMA DE  
TRANSFERENCIA: DE LA OPINION  
A LA REALIDAD

Hipótesis para un Enfoque Diferente\*

Por:

JAIME ISAZA RESTREPO \*\*

\* Trabajo presentado ante el IX Congreso Nacional de Ingenieros Agrónomos sobre el tema "Generación y Transferencia de Tecnología". Cali, Junio 17-20, 1981.

\*\* Ingeniero Agrónomo, Ph. D. Jefe de la Oficina de Estudios Socioeconómicos. Instituto Colombiano Agropecuario, Estación Experimental Tulio Ospina, Regional 4, Medellín.

## CONTENIDO

	Página
INTRODUCCION	1
GENERACION DE TECNOLOGIA	4
COSTOS DEL PAQUETE TECNOLOGICO Y SUS LIMITACIONES DE USO.	11
ALGUNOS ASPECTOS SOBRE LA RENTABILIDAD DE LA INVERSION EN TECNOLOGIA EN RELACION CON EL INGRESO.	19
LA DISPONIBILIDAD DE LA TECNOLOGIA Y SU USO DE ACUERDO A SU ATRACTIVO ECONOMICO	29
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA	37
CONCLUSIONES	40
CITAS BIBLIOGRAFICAS	44
APENDICE: INFORMACION ADICIONAL SOBRE GENERACION, USO Y RENTABILIDAD DEL PAQUETE TECNOLOGICO.	46

## CUADROS, TABLAS Y FIGURAS

	Página
CUADRO 1. Elementos de un Paquete Tecnológico	7
CUADRO 2. Posibles Variaciones de un Paquete Tecnológico.	10
TABLA 1. Rendimiento, Costos de Producción, Financiación y Rentabilidad del Paquete Tecnológico para Algunos Cultivos Transitorios, por hectárea, 1980.	12
TABLA 2. Rendimiento, Costos de Producción, Financiación y Rentabilidad del Paquete Tecnológico para Algunos Cultivos Permanentes.	14
TABLA 3. Rendimiento, Costos de Producción, Financiación y Rentabilidad del Paquete Tecnológico para Algunos Cultivos con Financiación DRI en el Oriente de Antioquia. 1980.	16
TABLA 4. Cobertura de la Tecnología Financiada por FFA y DRI en 1980.	18
TABLA 5. Análisis de Costos de dos Paquetes Tecnológicos para Papa en Pamplona.	21
TABLA 6. Resultados Económicos por Hectárea de Distintos Arreglos de Maíz y Fríjol en el Oriente Antioqueño.	23
TABLA 7. Resultados de la Explotación de 2 Hectáreas en el Arreglo Maíz Fríjol, con Disponibilidad de Crédito.	24

		Página
TABLA 8.	Resultados de la Inversión de \$ 100.000.0 en un Arreglo de Maíz Fríjol con Disponibilidad de 5 Hectáreas.	25
TABLA 9.	Rentabilidad de Tecnología para 50 Hectáreas de Maíz en Cimitarra.	27
TABLA 10.	Comparación de Sistemas Agrícolas en el Oriente de Antioquia 1971-1980.	30
TABLA 11.	Análisis Económico Comparativo de Sistemas Agrícolas 1971-1980.	32
FIGURA 1.	Siembras Nuevas y Renovación de Cafetales en Antioquia Durante el Período 1970-1980.	35

## 1. INTRODUCCION

Es común entre personas y personalidades del sector agropecuario la opinión que existe un cúmulo de información tecnológica generada para solucionar los problemas de producción en la mayoría de los renglones agropecuarios de interés económico para el país, pero que dicha tecnología no es suficientemente conocida y adoptada por los agricultores por falta de una adecuada transferencia .

De aceptarse que hay mucha tecnología generada y poca transferencia de la misma, podría ocurrir que quienes toman decisiones en la orientación del sector agropecuario, se inclinen a disminuir los esfuerzos en investigación y a lanzarse en grandes programas de transferencia. Una disminución del 22% en el presupuesto para investigación en el Instituto Colombiano Agropecuario, entre 1970 y 1978 ( 8 ) y la insistencia en los últimos años<sup>1978</sup> para que este Instituto se lance en grandes planes de transferencia, pueden ser consecuencia de este tipo de opinión .

En momentos en que se le ha propuesto al Gobierno una inversión de 15.500 millones de pesos para un gran Plan Nacional de Investigación Agropecuaria, sería contraproducente que quienes puedan decidir sobre este Plan estuvieran influenciados por opiniones de esta índole, puesto que esta inversión compite con las de otros sectores, tales como, obras públicas, desarrollo energético, orden público, educación, salud, etc.

Quienes así piensan, se basan en la posible correlación entre las variables transferencia y uso de tecnología. La hipótesis planteada sería: A mayor transferencia, mayor adopción. Si esta correlación simple fuera realidad, la solución para incrementar la producción agropecuaria sería relativamente simple, pues sólo bastaría transferir la tecnología a medida que ésta va siendo generada. Sin embargo, la solución no parece tan fácil, pues existen factores condicionantes que intervienen en la variable adopción.

En un estudio realizado con anterioridad (12), se muestra suficiente evidencia que la variable producción es explicada principalmente por las variables tierra, capital e información técnica. En el mismo estudio se concluye que las variables conocidas comúnmente como "variables de modernización" (tales como empatía, fatalismo, cosmopolitanismo, escolaridad, edad, etc.) no tienen una influencia determinante sobre la producción cuando se trata del grupo considerado como tradicional. Se puede decir entonces, que el agricultor usa la tecnología disponible siempre y cuando tenga tierra y capacidad de inversión, no importa su grado de tradicionalismo.

Basado en lo anterior, se quiere proponer en este estudio, a manera de hipótesis, que la capacidad de inversión es la variable determinante independiente que mayor influencia tiene en el uso de la tecnología generada en Colombia, tratándose de agricultores con disponibilidad de

tierra. Para el efecto en las secciones siguientes se aportará suficiente información con el fin de ilustrar los planteamientos que se enuncian a continuación:

1. Existe tecnología generada para la mayoría de los cultivos de interés económico en el país, pero es altamente consumidora de capital, requiriendo de una adecuada capacidad de inversión por parte del agricultor.
2. La tecnología generada está llegando con asistencia técnica directa a grupos minoritarios con posibilidades de inversión en tecnología.
3. La tecnología generada no siempre colma las aspiraciones del agricultor de alcanzar un mayor ingreso neto. La tecnología más productiva en rendimientos físicos, no siempre es la más rentable económicamente.
4. Si la tecnología disponible es atractiva económicamente para el agricultor y éste dispone de capacidad de inversión, es adoptada en forma rápida. Si la tecnología disponible deja de ser atractiva, no se adopta si no hay capacidad de inversión.

## 2. GENERACION DE TECNOLOGIA

La contribución de la tecnología agrícola a la producción se ha basado en la obtención de incrementos en la productividad por unidad de superficie, desarrollando genéticamente plantas más productivas y estableciendo prácticas de cultivo que favorezcan la mayor producción física posible por hectárea.

La investigación agrícola para cultivos diferentes al café, se inició en el país en 1928 con la creación de una granja modelo en el Valle del Cauca, conocida hoy con el nombre de Centro Nacional de Investigaciones Palmira. Esta granja inició estudios agronómicos en cultivos de algodón, caña de azúcar, arroz, tabaco, plátano, yuca, maíz, frijol, soya y pastos de corte.

Más tarde en 1950, se estableció la Oficina de Investigaciones Especiales (OIE) mediante un convenio de cooperación entre el Ministerio de Agricultura y la Fundación Rockefeller, con objetivos de incrementar la producción de alimentos básicos, en especial trigo y maíz, de promover la educación de científicos y el establecimiento de instituciones educacionales y de investigación.

Los trabajos de investigación de la OIE se consolidan con la creación de la División de Investigaciones Agropecuarias (DIA) en 1955. Es la época en que toma auge la investigación en fitomejoramiento. La

DIA sirve de base para la creación del Instituto Colombiano Agropecuario ( ICA ) en 1963, como establecimiento público descentralizado, con personería jurídica y patrimonio independiente .

En 1968 se reestructuró el sector agropecuario, quedando el ICA con funciones de investigación en Agronomía, Economía Agrícola, Ciencias Sociales, Medicina Veterinaria e Ingeniería Agrícola, además de otras actividades en Educación Agrícola, Producción Agrícola y Pecuaria, Desarrollo Rural, Control y Supervisión de Insumos y Asistencia Técnica, y multiplicación y comercialización de semillas y variedades mejoradas, concretándose estas mismas funciones en una nueva reestructuración del sector en 1976 ( 8 ).

Entre 1955 y 1980 se produjeron en el país 214 materiales genéticos mejorados diferentes al café, lo que se puede observar en la Tabla 1a. del Apéndice. Estos materiales se caracterizan por sus aumentos en producción, productividad, mejoramiento de calidad, aporte nutricional y mayor eficiencia productiva ( 11 ).

Por su parte, la Federación Nacional de Cafeteros lleva 50 años de investigación en el cultivo del cafeto, adelantada en su Centro de Investigaciones GENICAFE en Chinchiná (Caldas). Se puede decir que su máximo aporte tecnológico ha sido el proceso de adaptación de la variedad Caturra a las condiciones del país y desarrollar la tecnología necesaria para obtener los máximos rendimientos de esta variedad.

1418

Como resultado se tiene que en 370.000 hectáreas sembrada con catuira, de un millón en total cultivadas en café, se produce el 75% de la cosecha nacional de 14 millones de sacos, con rendimientos por hectárea de 2.500 kilos de café pergamino, cuando con los sistemas y variedades tradicionales se alcanzaba a promedios de 500 kilos por hectárea (6). Otro aporte significativo es el desarrollo de la variedad Colombia resistente a la Roya, con perspectivas de jugar un papel de gran trascendencia en la economía del país \*

El objetivo principal en la generación de tecnología ha sido la obtención de la mayor productividad posible por unidad de superficie. Para cada material genético de alta producción se desarrolla una serie de prácticas agronómicas que garantizan la más alta productividad posible. Los resultados de la investigación se traducen en recomendaciones enmarcadas en nueve elementos que corresponden a situaciones específicas en la secuencia de etapas que conlleva un cultivo. Estos elementos se refieren a: Variedad, fecha de siembra, densidad de población ( distancia de siembra y plantas por sitio), fertilización, control de malezas, control de plagas, control de enfermedades, prácticas de cultivo y labores de post-cosecha. El conjunto de estos elementos que se ilustran en el Cuadro 1, es lo que se denomina un "Paquete Tecnológico".

---

\* Herrán, Ortiz, A. (Comunicación personal, 1981).

15

## CUADRO 1. Elementos de un Paquete Tecnológico.

$$PT = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_8 + R_9$$

$R_1 =$  Variedad

$R_2 =$  Fecha de Siembra

$R_3 =$  Densidad de Población

$R_4 =$  Fertilización

$R_5 =$  Control de Malezas

$R_6 =$  Control de Plagas

$R_7 =$  Control de Enfermedades

$R_8 =$  Prácticas de Cultivo

$R_9 =$  Labores de Cosecha y Post-cosecha

Producción,  $f(R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_8 + R_9)$

Una recomendación contiene de uno a nueve de los elementos del Paquete. La producción está en función de los nueve elementos del Paquete. y cuando resultan cambios en la producción es porque se han efectuado cambios en los elementos.

Se ha esperado que al cumplirse el objetivo de la productividad se generen mayores ingresos al productor. Es decir, el impacto de la investigación está en el ingreso y éste a su vez no puede ser el "objetivo" de la investigación, puesto que los científicos no controlan en sus experimentos una serie de variables adicionales que influyen en el ingreso, como es el caso del costo que conlleva la aplicación de cada uno de los elementos del Paquete Tecnológico, y el precio del producto en el mercado.

La adopción de las recomendaciones para cada uno de los elementos del Paquete representa distintos niveles de costos para el agricultor; por ejemplo, la recomendación sobre fechas de siembra no representa costo adicional alguno, en cambio la recomendación sobre fertilizantes puede resultar muy costosa. Estos costos son tenidos en cuenta por el agricultor en el momento de decidir sobre la adopción del Paquete, bien sea en forma parcial o total, siendo su objetivo final alcanzar el mayor ingreso posible. Cuando el investigador manipula los elementos del Paquete para alcanzar mayor productividad, el agricultor los puede manipular para alcanzar un mayor ingreso, dando por resultado

que no siempre la recomendación que produce la mayor productividad sea acogida por el agricultor, quien de acuerdo con su capacidad de inversión y con el análisis de rentabilidad de la misma, acoge una o varias de las recomendaciones del Paquete el cual queda conformado por una combinación de elementos, unos provenientes del investigador y otros del agricultor. Las posibilidades de combinaciones son muchas según se puede apreciar en el Cuadro 2.

A pesar del gran número de alternativas que puede presentar un Paquete Tecnológico, la tendencia es entregar al agricultor la recomendación cuyos resultados experimentales hayan mostrado la mayor productividad. Es escaso encontrar que un Asistente Técnico haga un análisis económico de la recomendación antes de entregarla al agricultor. Cuando se trata de asistentes técnicos para créditos del Fondo Financiero, éstos hacen una proyección financiera del Paquete más productivo, pero esta recomendación no parece ser el producto final de un análisis económico de varias alternativas para seleccionar la más rentable. Los asistentes a su vez pueden argumentar que no disponen de información suficiente que les permita analizar distintos resultados experimentales de las posibles variaciones que puede presentar un mismo Paquete. Es decir, el asistente conoce independientemente los resultados experimentales de cada uno de los elementos del Paquete, pero no de las posibles combinaciones del mismo.

**CUADRO 2. Posibles Variaciones de un Paquete Tecnológico.**

**A = Tecnología del Agricultor**

**R = Recomendación Técnica**

$$Pa = f(A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8 + A_9)$$

$$Pt = f(R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6 + R_7 + R_8 + R_9)$$

$$Pa_1 = f(R_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8 + A_9)$$

$$Pa_2 = f(R_1 + R_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8 + A_9)$$

**ALTERNATIVAS > 500**

De todos modos, es necesario tener en cuenta que, desde el punto de vista del agricultor, la mejor recomendación es la que le produzca un mayor ingreso. Si el agricultor no tiene la capacidad de hacer un buen análisis económico del Paquete y el asistente no le presenta alternativas, queda forzosamente enfrentado a la situación de acoger un Paquete que se ajuste a su capacidad de inversión y no el Paquete más productivo.

Es obvio que un agricultor en esta situación es clasificado como uno que no adopta tecnología. En estas condiciones se encuentra la mayoría de los agricultores colombianos y esta ha sido quizás una de las razones que ha movido a los orientadores del sector agropecuario a pensar en grandes planes de transferencia de tecnología, con el fin de alcanzar mayores niveles de adopción en un mayor número de agricultores.

De acuerdo con los planteamientos anteriores, se quiere analizar a continuación la tecnología generada para algunos cultivos en el país, su costo de aplicación, su rentabilidad y sus posibilidades de uso según la capacidad de inversión de los agricultores.

### 3. COSTOS DEL PAQUETE TECNOLÓGICO Y SUS LIMITACIONES DE USO

En las Tablas 1 y 2, se presentan los cultivos más importantes

TABLA 1. Rendimiento, Costos de Producción, Financiación y Rentabilidad del Paquete Tecnológico para algunos cultivos transitorios, por hectárea. 1980.

Cultivo	Rendimiento kg/Ha	Costos de producción \$ *	Financiación FFA	Ingreso Neto \$	Rentabilidad %
Algodón	2,2	72.057,0	15.800,0	15.943,0	22,13
Arroz riego	5,0	35.242,0	15.800,0	17.258,0	48,97
Fríjol	1,4	37.787,0	13.300,0	15.413,0	40,79
Maíz	3,5	32.618,0	10.100,0	14.632,0	44,86
Sorgo	3,5	26.117,0	8.500,0	14.133,0	54,11
Soya	2,2	33.027,0	9.500,0	9.213,0	27,90
Papa**	20,0	97.472,0	16.000,0	42.528,0	43,63

\* No incluye valor de la tierra. Incluye riego.

\*\* Areas y Costos de Producción. Dirección Regional de Producción Agrícola, ICA, Regional 4, Medellín.

FUENTE: C.V.C. Manual de Costos de Producción 1980.

21

TABLA 2. Rendimiento Costos de Producción, Financiación y Rentabilidad del Paquete Tecnológico para algunos cultivos permanentes.

Cultivo	Rendimiento t/Ha	Costo de Producción \$ *	Financiación FFA \$	Ingreso Neto \$	Rentabi- lidad %
Caña de Azúcar <sup>1/</sup> 1980	488,0 (4 cortes)	207.892,19/Ha 426,0/t	15.000/Ha año máx. 10 Ha	564/t	132,39
Banano Exportación <sup>2/</sup> 1980	2.600 cajas	55.509,5	35.000/Ha año	29.056,7	52,35
Café Caturra <sup>3/</sup> (4.440 árboles/Ha) 1976	24,0 (90 meses)	340.745,0	-	476.595,0	139,8
Café Caturra <sup>4/</sup> (3.200 árboles/Ha) en 1981	2,41 (12 meses)	64.760,0	50.000/Ha año máx. 5 Ha	36.400	56,0
Café Pajarito <sup>4/</sup> (1.000 árboles/Ha) en 1981	0,563	20.300,0	-	16.600	82,0

\* No incluye el valor de la tierra.

FUENTES: <sup>1/</sup> CVC. Manual de Costos de Producción Agrícola 1980.

<sup>2/</sup> ICA. Archivo de Proyectos del FFA. Regional 4, 1980. Véase Tabla 4 del Apéndice.

<sup>3/</sup> Antonio Herrón O. "La Bonanza y la Tecnificación de la Caficultura". 1976. Véase Tabla 3a. del Apéndice.

<sup>4/</sup> Jorge A. Pérez M. I.A. Asistente Técnico Particular.

N  
N

131

para la economía del país y los que cubren la mayor parte del área agrícola cultivada. Se indica en ellas el costo de producción considerando la aplicación total de la tecnología disponible, sus rendimientos físicos óptimos esperados al aplicar dicha tecnología, los ingresos netos por hectárea y la rentabilidad de la inversión. En los cálculos no se incluye el valor de la tierra por ser éste un rubro muy variable en el país según la zona y porque la sola valorización de la tierra habría que considerarla como un negocio aparte.

Es evidente que para cualquiera de los cultivos señalados, la inversión en tecnología es altamente costosa y que la capacidad de inversión del agricultor, adicional al aporte proveniente del Fondo Financiero Agropecuario, tiene que ser significativa mucho más si se trata de un cultivo permanente. Según los datos de las Tablas 1 y 2, para sembrar 100 hectáreas de arroz, un agricultor requiere aportar \$ 1.944.200,0 de sus propios recursos. El capital invertido durante siete años para 10 hectáreas de café caturra era \$ 6.109.900 en 1976, y para 10 Ha de caña en la actualidad el agricultor debe aportar \$ 1.928.920,0.

Los agricultores en el país que están en condiciones de hacer este tipo de inversión son escasos si se analiza la situación a nivel nacional. Durante el año de 1980, por ejemplo, se financiaron por parte del FFA 792.084 hectáreas de cultivos transitorios, el 80 % para algodón, arroz y sorgo (9) (Véase Tabla 5a. del Apéndice), para 27.864 agricultores

con \$ 11.312 millones de pesos y durante seis años ( 1975 - 1980), el FFA ha financiado 305.939 hectáreas de cultivos permanentes y de mediano plazo para 18.338 agricultores con \$ 18.916.6 millones de pesos (2) (Véase Tablas 5a. y 6a. del Apéndice ). La superficie agrícola para cultivos transitorios y permanentes es aproximadamente de 2.111.701 y 2.347.944 hectáreas y el número total de predios de 1.176.811 (13).

Los agricultores con financiación del FFA son los que están en mejores condiciones para aplicar la totalidad del Paquete Tecnológico y se espera que así ocurra puesto que disponen de asistencia técnica obligatoria. Para marzo de 1981, había en el país 6.058 Ingenieros Agrónomos inscritos en el ICA para prestar este servicio (9).

Las posibilidades de adopción de tecnología del sector campesino son muy reducidas. Para este sector también se ha desarrollado una tecnología que es altamente rentable pero que requiere así mismo una alta inversión. El Programa de Desarrollo Rural Integrado, DRI, financia casi la totalidad del costo del Paquete elaborado por el ICA pero la cobertura es poca. En la Tabla 3 se dan algunos ejemplos de Paquetes Tecnológicos calculados para el Distrito DRI de Rionegro, Antioquia.

Durante 1980 se atendieron en el país 42.453 usuarios DRI en 186.898 hectáreas con \$ 1.420,5 millones de pesos (11). Si se tiene en cuenta que en el país hay 977.747 predios de 1 a 20 hectáreas con un total

TABLA 3. Rendimiento, Costos de Producción, Financiación y Rentabilidad del Paquete Tecnológico para algunos cultivos con Financiación DRI en el Oriente de Antioquia. 1980.

Cultivo	Rendimiento t/Ha	Costos de Producción \$	Financiación DRI % sobre	Ingreso Neto \$	Rentabilidad %
Papa*	29,0	74.000,0	95% primera siembra 90% segunda siembra	100.000,0	135,1
Maíz	5,7	11.400,0	85% tercera siembra para cultivos de corto plazo.	12.200,0	107,2
Fríjol (v)	1,6	23.000,0		75.000,0	326,0
Fríjol (a)	0,5	**		17.500,0	-
Caña Panelera	120 cargas	1.182/carga	85% para cultivos de mediano y largo plazo.	1.018/carga	86,1

\* Los cultivos de papa, maíz y fríjol se siembran en arreglo múltiple.

\*\* Se incluyen con los de papa.

FUENTE: Distrito DRI Rionegro, Antioquia, 1980.

25

de 3.832.951 Ha (13), se concluye que la cobertura es en realidad muy poca. El resto de campesinos se tiene que someter a una tecnología de bajo costo denominada tradicional, pero que está más diseñada a minimizar los riesgos de la inversión.

Al observar los datos de la Tabla 4, se puede concluir que excluyendo el café atendido directamente por Federación de Cafeteros, hubo un total de 73.530 predios en 1980 atendidos con asistencia técnica directa individual de un total de 1.176.811 que hay en el país. De igual forma, estos predios corresponden a 1.057.645 hectáreas de cultivos entre transitorios, permanentes y de mediano plazo, de un total de 4.459.645 hectáreas que existen en el país para estos cultivos.

Es decir, el 6% de los predios con el 24% del área agrícola (fuera de café financiado por Federación ) disponen de la oportunidad de aplicar la tecnología generada en el país. El resto de agricultores tiene menos oportunidades de invertir en tecnología, de donde se deduce que para la mayoría de los agricultores del país las posibilidades de adopción de tecnología son ínfimas, una situación que ciertamente no se corrige adelantando planes de transferencia.

TABLA 4. Cobertura de la tecnología financiada por F.F.A. y DRI en 1980.

Fuente de Financiación	Cultivos Transitorios			Cultivos Permanentes y Mediano Plazo		
	Area Ha	Agricultores No.	Cuantía (millones) \$	Area Ha	Agricultores No.	Cuantía (millones) \$
F.F.A. <sup>1/</sup>	792.084	27.864	11.312,0	78.663	3.213	15.854,7
				305.939	18.338	18.916,6 (acumul.)
DRI <sup>2/</sup>	186.898	42.453	1.420,5			
<b>TOTALES:</b>	<b>Area Financiada:</b>		<b>1.057.645 <sup>3/</sup></b>			
	<b>Agricultores:</b>		<b>73.530</b>			
	<b>Cuantía:</b>		<b>28.587,2 (millones)</b>			
	<b>Area Agrícola País:</b>		<b>4.459.645</b>			
	<b>Número de Predios:</b>		<b>1.176.811</b>			

FUENTES: <sup>1/</sup> ICA, Subgerencia de Producción Agrícola, División de Programas de Producción Agrícola.

<sup>2/</sup> ICA, Subgerencia de Desarrollo, División de Asistencia Técnica Estatal Agropecuaria.

<sup>3/</sup> Ministerio de Agricultura. "Cifras del Sector Agropecuario 1977".

21

#### 4. ALGUNOS ASPECTOS SOBRE LA RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN EN TECNOLOGÍA EN RELACION CON EL INGRESO

El objetivo de la tecnología ha sido el de alcanzar altos niveles de productividad y casi se ha tomado como axioma que las recomendaciones más productivas son las más rentables y las que mayor ingreso generan.

En esta sección se tratará de ilustrar que esta situación no es necesariamente así, mucho menos en la actualidad, considerando los incrementos vertiginosos de los costos de los insumos, no siempre acompañados de incrementos de precios de los productos. Se quiere mostrar que es necesario hacer ajustes, tanto en la generación como en la transferencia de tecnología, para poder presentar a los agricultores las alternativas que mayor ingreso neto total le generen.

Cuando se hacen cálculos para obtener el mayor ingreso neto total de la explotación, se puede observar que éste se puede alcanzar, bien por la rentabilidad del capital invertido o por incrementos en el ingreso neto por hectárea. Esta situación varía según la disponibilidad de tierra y capital. La rentabilidad de la inversión y el mayor ingreso neto por hectárea no siempre se correlacionan directamente, ni entre sí, ni con el mayor ingreso neto total.

Este caso se puede observar por ejemplo en la Tabla 5, donde se compara la rentabilidad de inversión en tecnología en un cultivo de papa en Pamplona, con capacidad de doblar la producción de 80 a 160 cargas por hectárea, con la rentabilidad de un cultivo tradicional.

Aunque el ejemplo se refiere a costos de producción y precios de 1975, la comparación del resultado puede ser válida para cualquier época. Es evidente que la rentabilidad de la inversión en el sistema tradicional es superior al sistema tecnificado a cualquier nivel de precio, con el agravante que con el sistema tecnificado, el agricultor pierde dinero si el precio de la papa está por debajo de ciertos límites, lo cual no ocurre con el sistema tradicional.

Un agricultor con escasos recursos en dinero, es probable que opte por el sistema tradicional en donde los riesgos de pérdida se minimizan. Al acoger este sistema más barato, está en condiciones de sembrar una mayor extensión, que aunque con menos producción por hectárea le produce mayor ingreso neto total. No parece que este agricultor estuviera dispuesto a aceptar la tecnología moderna por más esfuerzos de transferencia que se le dediquen. Pero si no hace sus cuentas y se deja convencer, se le puede estar haciendo un mal.

El ejemplo de la papa en Pamplona se puede repetir para cualquier otro cultivo en cualquier época. A continuación se hace un análisis de costos y rentabilidad de los resultados de un experimento llevado

29

TABLA 5. Análisis de costos de dos Paquetes Tecnológicos para Papa en Pamplona.

	Precio por carga (pesos 1975)			
	260	350	450	550
<b>Sistema Tradicional</b> (80 cargas /Ha)				
Costo	19214	19214	19214	19214
Ingreso bruto	20800	28000	36000	44000
Utilidad	1586	8786	16786	24786
Rentabilidad	8,3%	45,7%	87,4%	129%
<b>Sistema Tecnificado</b> (160 cargas /Ha)				
Costo	44622	44622	44622	44622
Ingreso bruto	41600	56000	72000	88000
Utilidad	-3022	11378	27378	43378
Rentabilidad	-6,8% (pérdida)	25,5%	61,4%	97,2%

FUENTE: LOPERA P., J. Informe de visita al Distrito Pamplona. Bogotá, ICA,

División de Estudios Socioeconómicos, 1978. p.3

a cabo durante 1980 en el Centro Regional de Investigación La Selva del ICA, en donde se compara la rentabilidad de distintos arreglos en los sistemas de siembra de maíz y frijol en el Oriente de Antioquia (4). Este ejemplo, se ilustra en las Tablas 6, 7 y 8.

En este caso, si se dispone de escasa tierra y suficiente crédito, el mayor ingreso neto total se alcanza aplicando la tecnología para obtener el mayor ingreso neto por hectárea, aunque la rentabilidad de la inversión sea inferior a la de otras alternativas. Si no se dispone de crédito, su mejor opción en este caso es acoger la alternativa de mayor rentabilidad, aunque el ingreso neto por hectárea sea inferior.

Aunque los casos anteriores se refieren a campesinos en zonas de minifundio, la misma situación se le puede presentar a un agricultor con posibilidades de tener mayor capacidad de inversión en tecnología en mayor hectareaje. Se analiza a continuación el caso de un cultivador de maíz en Cimitarra a quien el FFA le financió 50 hectáreas en 1979 dentro de las condiciones normales establecidas. El análisis económico se presenta en la Tabla 9. La tecnología recomendada se indica en la Tabla 2a. del Apéndice.

El análisis se basa en comparar la tecnología mejorada y recomendada por el asistente técnico, con la tecnología local que el agricultor aplicaría sin ninguna asistencia técnica, para tres posibles resultados en rendimiento.

TABLA 6. Resultados Económicos por hectárea de distintos Arreglos de Maíz y Fríjol en el Oriente Antioqueño.

Arreglo	Maíz kg	Fríjol kg	Costo Pro- ducción \$	Valor Pro- ducción \$	Ingreso Neto \$	Rentabilidad %
M(o) sin gallinaza	3.926		22.100	55.137	33.037	149,49
M(o) con gallinaza	4.185		30.000	58.489	28.489	94,96
Fv(o) A y B		2.285	55.770	61.622	5.852	10,49
M// Fa = Fv	3.704	1.278	67.185	120.863	53.678	79,90
M = Fv	4.148	944	48.293	121.300	73.007	151,18
M// Fa = Fv// Fa	4.519	1.382	76.404	133.178	56.774	74,31

FUENTE: Evaluación de Diferentes Arreglos en el sistema de siembra Maíz Fríjol en términos de productividad y rendimiento económico en el Oriente Antioqueño, por Carlos Díaz Amaris y Manuel José Ríos B. 1981. (Sin publicar).

TABLA 7. Resultados de la Explotación de 2 hectáreas en el Arreglo Maíz Fríjol, con disponibilidad de crédito.

Arreglo	Ingreso Neto/Ha \$	Ingreso Neto Total \$	Costos de Producción \$	Rentabilidad %
M = Fv	73.007	146.014	96.586	151,18
M// Fa = Fv// Fa	56.774	113.548	152.808	74,31
M// Fa = Fv	53.678	107.356	134.370	79,90
M(o) sin gallinaza	33.037	66.074	44.200	149,49
M(o) con gallinaza	28.489	56.978	60.000	94,96
Fv(o) A y B	5.852	11.704	111.540	10,49

FUENTE: Datos tomados de la Tabla 3.

TABLA 8. Resultados de la Inversión de \$ 100.000 en un Arreglo de Maíz Fríjol con disponibilidad de 5 hectáreas.

Arreglo	Rentabilidad %	Ingreso Neto/Ha \$	Ingreso Neto Total \$	Hectáreas
M = Fv	151,18	73.007	151.180	2,07
M(o) sin gallinaza	149,49	33.037	149.490	4,52
M(o) con gallinaza	94,96	28.489	94.960	3,33
M// Fa = Fv	79,90	53.678	79.900	1,49
M//Fa = Fv//Fa	74,31	56.774	74.310	1,31
Fv(o) A y B	10,49	5.852	10.490	1,79

FUENTE: Datos tomados de la Tabla 3.

Para alcanzar óptimos resultados en maíz se requiere de riego. En este análisis el punto de equilibrio donde el agricultor apenas saca los gastos está aproximadamente en 2,2 toneladas por hectárea, y para lograr mayor rendimiento requiere de riego. Con un rendimiento de 2,0 t/Ha pierde dinero. Por el contrario, obtener 1,0 t/Ha con un maíz criollo en esa zona es más factible.

Este agricultor de Cimitarra, para obtener aprobación de su crédito tiene que hacer un aporte de sus propios recursos de \$ 396.000,0. Si opta por no solicitar crédito y usar tecnología local, su aporte sería de \$ 372.000,0. Con un poco de sensatez, este agricultor estaría en mejores condiciones de riesgo y con posibilidades de obtener un mayor ingreso neto total si opta por la tecnología tradicional.

Del estudio de los casos anteriores se pueden sacar varias conclusiones:

1. La mayor productividad física por hectárea no siempre produce la mayor rentabilidad a la inversión ni el mayor ingreso neto.
2. Un aumento en rendimiento físico obtenido por tecnología adicional no siempre resulta en mayores ingresos ó en mayor rentabilidad.
3. Un mayor ingreso neto total puede ser obtenido por una mayor rentabilidad de la inversión o por un mayor ingreso neto por hectárea, no siendo necesario que ambas cosas ocurran al tiempo.

TABLA 9. Rentabilidad de Tecnología para 50 hectáreas de Maíz en Cimitarra\*.

Tecnología para FFA		Rentabilidad	Tecnología Local		Rentabilidad
Valor 3 toneladas	\$ 24.000		Valor 1,2 t	\$ 9.600	
Costos	19.410		Costos	7.450	
Ingreso Neto (3,0 t)	4.590	23,65%	Ingreso Neto (1,2 t)	2.150	28,86%
Ingreso Neto (2,5 t)	1.140	6,04%	Ingreso Neto (1,0 t)	770	10,65%
Ingreso Neto (2,0 t)	(-2.310)	-12,62%	Ingreso Neto (800 k)	(-610)	-8,70%
Aportes Agricultor	\$ 396.000			\$ 372.500	
Aporte FFA	\$ 450.000				

\* Calculada con datos de la Tabla 2a. del Apéndice.

4. Dependiendo de la disponibilidad de tierra o capital se puede optar por obtener un mayor ingreso neto por hectárea o una mayor rentabilidad del capital, lo cual es determinante de la tecnología que se haya de usar.

El hecho es que cuando se va a invertir en tecnología es necesario hacer cálculos de rentabilidad e ingreso, sobre todo en casos de alto riesgo y escasez de capital. Con los aumentos de costos en insumos y mano de obra y las variaciones de precio de los productos, los resultados económicos de la inversión en tecnología pueden variar de un momento a otro. Lo que hoy es rentable puede no serlo para la próxima cosecha, y el éxito está en saber aplicar lo que más convenga en un momento dado, de acuerdo a los recursos del agricultor.

Desafortunadamente, el agricultor no dispone de alternativas tecnológicas diseñadas para su capacidad de inversión. La única alternativa que se le ofrece diferente a la tradicional, es una que él no puede acoger por costosa. En esta situación se encuentra el 90% de los agricultores del país que son aquellos para quienes se diseñan los grandes planes de transferencia, los cuales no les aportan ningún beneficio, a no ser que con anterioridad se dispusiera de suficiente información técnica proveniente del estudio de alternativas experimentadas y analizadas por los técnicos, tanto por los que generan como por los que transfieren.

## 5. LA DISPONIBILIDAD DE LA TECNOLOGIA Y SU USO DE ACUERDO A SU ATRACTIVO ECONOMICO

En un país en donde el incentivo de un mayor ingreso condiciona las decisiones del inversionista, la inversión en tecnología agropecuaria rige por este mismo valor. Si la tecnología disponible es atractiva económicamente, existe capacidad de inversión, se adopta rápidamente, así se trate de agricultores campesinos o de los denominados empresariales.

Como ejemplo de este fenómeno para los primeros se ilustra lo acontecido en el Distrito DRI Rionegro del ICA en Antioquia entre 1971 y 1980 y como ejemplo para los segundos se ilustra el desarrollo de la caficultura en este departamento durante el mismo período.

Cuando se iniciaron actividades en el Proyecto del Oriente de Antioquia (POA), hoy Distrito DRI Rionegro, en 1971 aún no se habían iniciado en el ICA estudios con los arreglos para cultivos múltiples propios de esta zona. La única tecnología disponible era aquella generada en los Centros Experimentales para los mismos cultivos pero en el arreglo de monocultivo.

Mirando independientemente los cultivos, el arreglo en monocultivo daba mayores rendimientos físicos por hectárea, pero el arreglo en cultivo múltiple daba un mayor ingreso por hectárea, aún con rendimientos físicos inferiores. En la Tabla 10 se puede observar el

comportamiento del rendimiento para los cultivos papa, maíz y fríjol, tanto en monocultivo como en arreglo múltiple, en los años 1971 y 1980 y en la Tabla 11 se puede observar el equivalente resultado económico.

Definitivamente el arreglo múltiple produce un mayor ingreso y los agricultores no acogieron las recomendaciones de la técnica del POA. Se iniciaron entonces estudios en la zona para los cultivos múltiples dando como resultado considerables ingresos dentro del mismo sistema, pero requiriendo mayores inversiones. Entre 1971 y 1976 la acogida de la tecnología mejorada fue escasa; de todas maneras se alcanzó un aumento promedio en productividad para papa, maíz y fríjol del 71%, aumentando el crédito ordinario de la Caja Agraria de \$ 14,2 a \$ 33,3 millones en ese período.

En 1976 se inicia el Programa DRI, dando a los campesinos mayor capacidad de inversión.

Entre 1975 y 1979 el crédito de la Caja Agraria aumentó de \$ 33,37 a \$ 54,0 millones, el 50% de esta cifra correspondiente a créditos DRI y el resto a recursos ordinarios. Para el mismo período, el aumento en la productividad de los cultivos papa, maíz, fríjol, fue en promedio de 62%. El impacto más destacado se observa en el fríjol cargamanto, el cual tuvo un aumento de 1.900 hectáreas en ese período, con una rentabilidad que fluctuaba entre 56% y 193 % (3).

TABLA 10. Comparación de Sistemas Agrícolas en el Oriente de Antioquia. 1971-1980.

Arreglo	Rendimiento en kilogramos por hectárea		
	Cultivo	1971	1980
Papa x Fríjol (a) = Maíz = Fríjol (v)	Papa	14.650	29.120
	Fríjol (a)	500	1.117
	Maíz	1.879	3.106
	Fríjol (v)	420	1.455
Papa = Maíz = Fríjol (v)	Papa	19.072	29.120
	Maíz	2.596	3.106
	Fríjol (v)	420	1.455
Papa (un semestre)	Papa	23.790	29.120
Maíz (ICA H.452)	Maíz	5.736	5.736
Fríjol = Fríjol	Fríjol	0,0	1.641

FUENTE: Libros de Campo del I.A. José Hiriam Tobón. Instituto Colombiano Agropecuario, Distrito Rionegro.

TABLA 11. Análisis Económico Comparativo de Sistemas Agrícolas. 1971-1980.

Arreglo	Ingreso Neto *	
	1971	1980
Papa x Fríjol(a) = Maíz = Fríjol(v)	\$ 148.407	\$ 199.521
Papa = Maíz = Fríjol(v)	145.165	182.481
Papa (un semestre)	123.659	100.000
Maíz (ICA H.452)	63.933	53.446
Fríjol = Fríjol	0,0	-14.537

\* Cálculos nivelados a pesos de 1980. Un US dólar equivale a 50 pesos. En base a datos de la Tabla 1.

21

Es dudoso que, aún con mayor capacidad de inversión, los campesinos del Oriente de Antioquia hubieran acogido en este lapso la tecnología del monocultivo. Es un caso en que la tecnología disponible y atractiva económicamente es acogida rápidamente por agricultores campesinos con capacidad de inversión.

El desarrollo de la caficultura en Antioquia en la década del 70 también es un buen ejemplo de tecnología atractiva económicamente. Para 1970, la Federación Nacional de Cafeteros ya había culminado la adaptación y desarrollo tecnológico de la variedad de café Caturra del Brasil, tecnología que básicamente consistía en los siguientes pasos ( 5):

- "1. Aumentar la densidad de siembra, progresivamente de 1.000 a 10.000 árboles por hectárea.
2. Introducir la variedad Caturra que por su bajo porte, menos distancia entre nudos y mejor comportamiento en el crecimiento, permitía, en comparación con el Bourbon o el típico, un mayor número de árboles por hectárea.
3. Eliminación total o parcial del sombrío e incorporación de fertilizante.
4. Más intensivas normas de manejo, en cuanto a desyerbas y control fitosanitario, en razón de un mayor crecimiento de malezas y más ataques de enfermedades e insectos."

Este cambio tecnológico trajo como consecuencia aumentos en la producción que variaban de 1.980 kilogramos en 90 meses para una densidad de 1.000 árboles a 45.500 kilogramos para una densidad de 10.000 árboles durante un período igual. Así mismo, los costos de producción pasaron en 1976 de \$ 45.810,0 para 1.000 árboles a \$ 610.900,0 para 10.000 árboles (7) (Véase Tabla 3a. del Apéndice).

Entre 1970 y 1975 no hubo mayor interés en acoger la nueva tecnología. El negocio del café a nivel internacional no se mostraba muy promisorio y para 1975, habían 70 millones de sacos almacenados en el mercado internacional. Desde luego que la tecnología se difundía lentamente pero los agricultores con tan alta capacidad de inversión no eran muy numerosos. Cuando llegaron las heladas al Brasil en julio de 1975 y destruyeron gran parte de los cafetales de ese país, se cambió la situación por completo. Los ingresos de una hectárea de café alcanzaron en 1976 niveles de \$ 67.320 para 1.000 árboles y \$ 1.547.000 para 10.000 árboles, sin incluir el costo de la tierra.

La inversión en tecnología para el café se hizo muy atractiva, lo que ocasionó que se aumentaran considerablemente las siembras nuevas y renovación de cafetales a partir de 1975. La situación para Antioquia se puede observar en la Figura 1. En este departamento fueron dedicadas al Caturra 55.000 hectáreas, entre siembras nuevas y renovación de cafetales, durante el período 1970 - 1980, la mayor parte en la segunda mitad de este período.

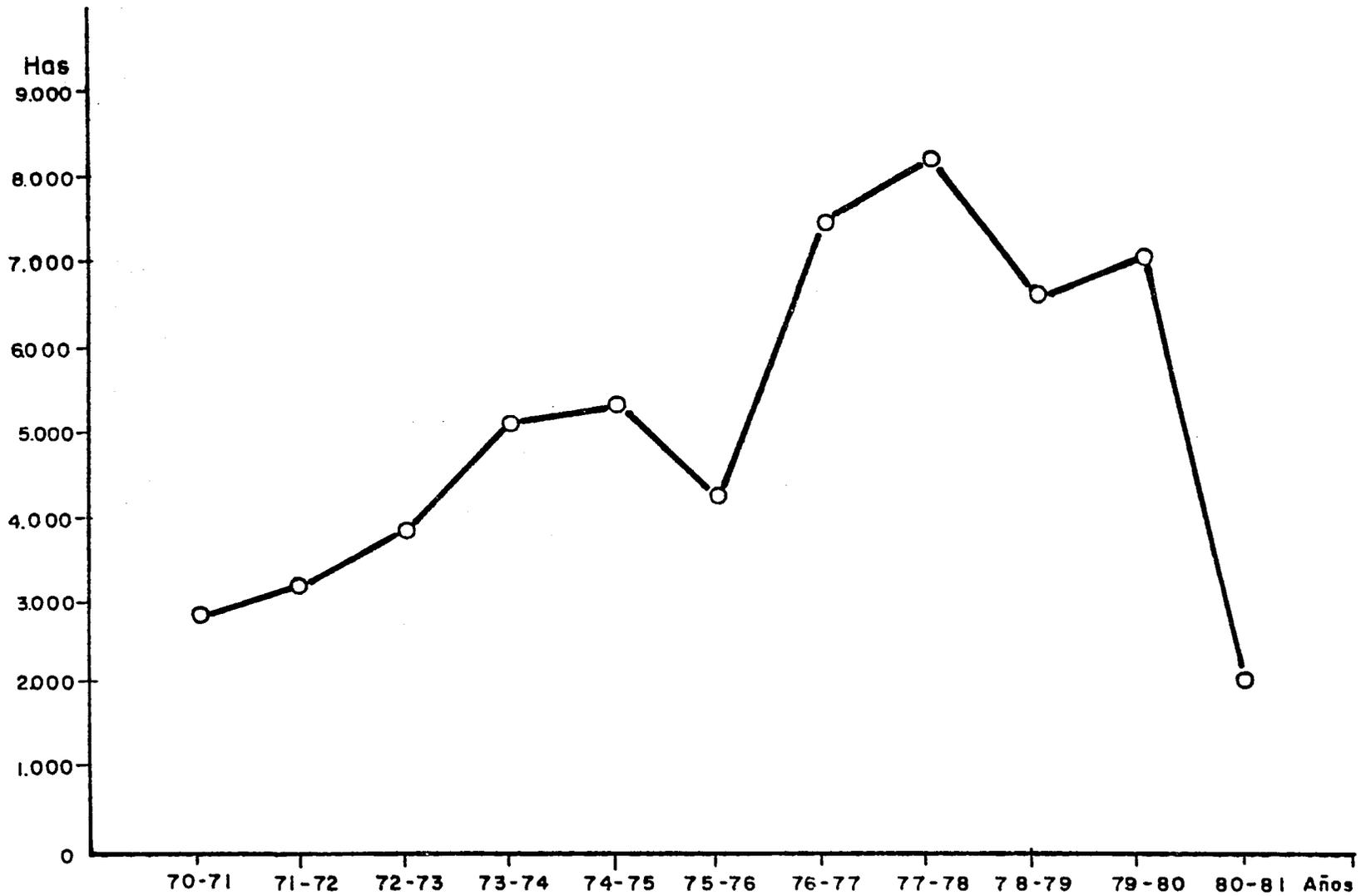


FIGURA I: Siembras nuevas y renovación de cafetales en Antioquia durante el período 1970-1980.

Fuente: Antonio Herrón O. Director División Técnica. Comité Departamental de Cafeteros.

Definitivamente la bonanza cafetera fue para aquellos agricultores con capacidad de inversión. De un millón de hectáreas de café en el país hay 370.000 con Caturra. Entre 1975 y 1979 el FFA alcanzó a beneficiar 32.869 hectáreas para 12.040 agricultores en la actividad de siembra y sostenimiento de cafetales (2). El resto de la financiación para completar las 370.000 Ha se hizo con la financiación proveniente de fondos rotatorios manejados por los Comités de Cafeteros, es decir, con una buena capacidad de inversión de los propios caficultores.

El hecho es que quedaron 630.000 hectáreas bajo el sistema tradicional, muy probablemente en manos de caficultores con baja capacidad de inversión, quienes no pudieron adoptar la nueva tecnología, pese a los excelentes servicios de extensión prestados por la Federación Nacional de Cafeteros.

La situación ha cambiado considerablemente. El interés de invertir en tecnología del café ya no es el mismo. El paso de 7.132 hectáreas a 2.119 en siembras y renovaciones en Antioquia entre los períodos 79-80 y 80-81, es un buen indicativo. La finca que en 1977 dejaba \$ 48.600 de utilidad por hectárea bajó a \$ 23.460 en 1981. En promedio la rentabilidad sobre ventas bajó de 45 a 17 por ciento.

Por otra parte, la tecnología del Paquete para el Caturra principia a disminuir por su alto costo que le hace disminuir rentabilidad debido

a la baja de los precios. Cuando a precios corrientes los insumos se han aumentado en 132 %, los precios del café lo han hecho en 28%. Los precios del café en valores constantes bajaron 63% los externos y 40 % los internos, entre 1977 y 1981 (1). Si los precios no se recuperan, parece que será necesario ajustar la tecnología del café a niveles menos consumidores de capital, quizás menos productivos, pero de todas maneras rentables.

Los casos presentados son evidentes ejemplos de que, aún contando con disponibilidad de transferencia, la tecnología solo se usa, primero, si hay capacidad de inversión y segundo, si es atractiva económicamente.

## 6. TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA

Los sistemas de extensión en forma institucional organizada se iniciaron en el país desde 1952 para cultivos diferentes al café, con el denominado Servicio Técnico Agrícola Colombo Americano (STACA) (12), continuados más tarde por el Ministerio de Agricultura, Institutos descentralizados, Federaciones, Asistentes Particulares, etc. Los servicios de extensión en café han existido prácticamente desde esta misma época, prestados por los Comités de la Federación Nacional de Cafeteros.

Las metodologías para transferir tecnología en nada han variado desde que se inició el servicio de extensión. Básicamente, han consistido en estructurar una o varias recomendaciones de las que conforman un Paquete Tecnológico, basadas en informaciones suministradas por los investigadores y hacerlas conocer por los posibles usuarios de la tecnología por intermedio de los medios masivos de Comunicación, la estrategia de grupos y la asistencia individual.

La recomendación que se transfiere es generalmente la que ha demostrado ser la que da los mayores resultados de productividad por unidad de superficie. Cuando la recomendación no es adoptada, se cree que algo ha fallado en la metodología escogida o que algo anda mal en el agricultor. Por lo general, no se duda de la recomendación.

Se hacen entonces estudios de canales de comunicación, de contenido de mensajes, etc., o se quiere especular con el tradicionalismo del usuario, con el fin de corregir el problema. A veces se atribuye el problema a la falta de recursos de las entidades que impide hacer una buena labor de extensión. De lo expuesto en las secciones anteriores, hay suficiente información para pensar que el problema de la no adopción puede estar en la falta de capacidad de inversión de los agricultores.

Se ha visto que en Colombia existen aproximadamente 73.530 predios atendidos directamente por Federación Nacional de Cafeteros, Federación de Arroceros, Federación de Algodoneros, AUGURA,

ICA, Secretarías de Agricultura, Asistentes Técnicos Particulares, etc. , para una área agrícola aproximada de 1.057.000 hectáreas en cultivos financiados por el Fondo Financiero Agropecuario y por el Programa de Desarrollo Rural Integrado, para agricultores con capacidad de inversión en tecnología. El resto de predios, aproximadamente un millón, con un área agrícola aproximada de tres millones de hectáreas, quedan para ser atendidos por estrategias de grupos y medios masivos de comunicación.

Hay evidencia de que la asistencia directa ha sido muy exitosa para transferir tecnología a agricultores con capacidad de inversión, pero es muy costosa sobre todo cuando se trata de pequeños productores. La sola asistencia para beneficiarios DRI tuvo un costo aproximado de \$ 1.874,0 por hectárea en 1980, sin contar con los costos administrativos de este Programa. La asistencia por grupos y por medios masivos es más económica pero se puede dudar de su efectividad para aquellos agricultores sin capacidad de inversión.

De lo expuesto hasta ahora, se puede pensar en que valdría la pena hacer un replanteamiento de las metodologías utilizadas para la transferencia. Por ejemplo, utilizar sistemas de grupo y medios masivos para agricultores con capacidad de inversión, y considerar lo inútil de continuar estos sistemas para quienes no la tienen, a no ser que se diseñen y experimenten alternativas de Paquetes Tecnológicos

ajustadas a su capacidad de inversión. Lo que si debe ser un propósito es no adelantar grandes planes de transferencia, en forma indiscriminada sin antes evaluar el replanteamiento mencionado.

Para todos los casos también es necesario tener en cuenta que para poder cumplir con el objetivo de alcanzar un mayor ingreso, quienes transfieren tecnología tienen la tarea de hacer análisis económicos de los resultados experimentales suministrados por los investigadores, con el fin de ofrecer al agricultor la recomendación que más le convenga desde el punto de vista del ingreso

Tanto en la generación de estas alternativas como en su análisis y difusión, es mucho el camino que tienen por recorrer los Ingenieros Agrónomos si desean que el lema del IX Congreso Nacional de Ingenieros Agrónomos , "La Agronomía Alimenta al Mundo", sea una realidad.

## 7. CONCLUSIONES

Con el fin de presentar alternativas diferentes a la opinión de que la tecnología generada en el país no es suficientemente conocida y adoptada por falta de una adecuada transferencia, se ha tratado de mostrar en el presente documento, suficiente información que permite hacer los siguientes planteamientos:.

1. Existe tecnología generada para la mayoría de los cultivos de interés económico en el país, pero es altamente consumidora de capital, requiriendo de una adecuada capacidad de inversión por parte del agricultor.
2. La tecnología generada está llegando con asistencia técnica directa individual a grupos minoritarios con posibilidades de inversión en tecnología.
3. La tecnología generada no siempre colma las aspiraciones del agricultor de alcanzar un mayor ingreso neto. La tecnología más productiva en rendimientos físicos, no siempre es la más rentable económicamente.
4. Agricultores con capacidad de inversión usan la tecnología disponible si ésta es atractiva económicamente.

Ante la evidencia de los planteamientos anteriores, se puede sugerir la hipótesis que la capacidad de inversión es la variable determinante independiente que mayor influencia tiene en el uso de la tecnología generada en Colombia, tratándose de agricultores con disponibilidad de tierra.

Al mismo tiempo, se indica cómo los métodos de transferencia de tecnología son los tradicionales de extensión que se iniciaron hace treinta años, basados en asistencia directa, estrategia de grupos y

medios masivos de comunicación. Los extensionista elaboran recomendaciones orientadas a obtener altos niveles de productividad, basados en datos suministrados por los investigadores. Cuando las recomendaciones no son acogidas por los agricultores se cree que algo ha fallado en los sistemas de transferencia, en el agricultor o en las organizaciones que prestan el servicio. Nunca se duda de la recomendación y sus posibilidades de uso.

La asistencia técnica directa ha tenido éxito en el país pero es muy costosa sobre todo cuando se trata de pequeños agricultores. Con este sistema se benefician aproximadamente 73.530 predios del país en manos de agricultores con capacidad de inversión entre empresariales y campesinos. Quedan un millón de predios que supuestamente se deberían beneficiar por sistemas de transferencia diferentes a la asistencia directa; estos predios están en manos de agricultores con escasa capacidad de inversión.

De ser correcta la hipótesis planteada, se podrían sacar las siguientes conclusiones :

1. Los sistemas actuales de transferencia, diferentes a los de asistencia técnica directa mencionados con anterioridad, dirigidos a agricultores con escasa capacidad de inversión, quienes son la mayoría en el país, están destinados al fracaso.

2. Ante la escasa posibilidad de elevar la capacidad de inversión de la mayoría de los agricultores colombianos a niveles necesarios para usar la tecnología disponible, es necesario replantear los objetivos de la generación y transferencia de tecnología, con el fin de ofrecer otras alternativas de tecnología a estos agricultores que les produzca un mayor ingreso. Por ejemplo, desarrollando variedades menos exigentes en nutrientes, más tolerantes a competencia de malezas, resistentes a plagas y enfermedades, etc.
3. La generación y transferencia de tecnología altamente consumidora de capital debe continuar, con el fin de aprovechar los sectores con suficiente capacidad de inversión, pero presentando alternativas atractivamente rentables que compitan con otras alternativas de inversión en sectores diferentes al agropecuario.
4. Los sistemas de transferencia en el país deben estar de acuerdo con los distintos niveles de capacidad de inversión de los usuarios, descartando grandes planes de transferencia en forma indiscriminada.

Tanto en la generación como en la difusión de alternativas orientadas a alcanzar un mayor ingreso en la mayoría de los agricultores colombianos, los Ingenieros Agrónomos deben jugar un papel definitivo si se quiere que el lema del IX Congreso Nacional de Ingenieros Agrónomos "La Agronomía Alimenta al Mundo", sea una realidad.

52

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. BARRERO, F. El Café sigue siendo negocio? El Tiempo, Bogotá, Colombia, Abril 19, 1981. p. 6A.
2. CLAVIJO N., P.; RAMIREZ S., A.; BROCHERO B., M. Informe Técnico sobre el Comportamiento de Algunos Cultivos Objeto de Asistencia Técnica durante 1979 B. Bogotá, Ministerio de Agricultura, Instituto Colombiano Agropecuario, Subgerencia de Producción Agrícola, División de Programas de Producción Agrícola, 1980, p. 42.
3. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACION. PROGRAMA DE DESARROLLO RURAL INTEGRADO (DRI). La Silenciosa Transformación del Campesino del Oriente de Antioquia. s.n.t. p. 4, 8, 15. (Copia mimeografiada).
4. DIAZ A., C.; RIOS B, M.J. Evaluación de Diferentes Arreglos en el Sistema de Siembra Maíz - Fríjol en Términos de Productividad y Rendimiento Económico. Medellín, 1981. p. 11. (Borrador mimeografiado).
5. GOMEZ G., G. Cambio Técnico - Social y Económico de la Zona Cafetera 1968 -1978. s.1. 1978. p.3. (Copia mimeografiada).
6. GUTIERREZ C., J. Tecnificación de la Caficultura. El Colombiano, Medellín, Colombia, Marzo 18, 1981. p. 6A.
7. HERRON O., A. La Bonanza y la Tecnificación de la Caficultura. Medellín, 1976. Tablas 1, 2, 3 (Copia mecanografiada).
8. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. El ICA: Su Organización, Realizaciones y Recursos. Bogotá, ICA, 1979. 7, 4, 5, 33 (Boletín Promocional No. 19).

9. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. SUBGERENCIA DE PRODUCCION AGRICOLA. DIVISION DE PROGRAMAS DE PRODUCCION AGRICOLA. Información sobre Asistencia Técnica Agrícola. Bogotá, 1981 . p.1. (Copia mecanografiada).
10. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO, SUBGERENCIA DE DESARROLLO RURAL. DIVISION DE ASISTENCIA TECNICA ESTATAL AGROPECUARIA. Información Anual. Bogotá, 1981 . p . 6 (Copia mecanografiada).
11. INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. SUBGERENCIA DE INVESTIGACION. DIVISION DE AGRONOMIA. Beneficios Socioeconómicos de la Investigación Agropecuaria y la Transfereencia Tecnológica. Bogotá, ICA, 1981. p. 10 (Copia mimeografiada).
12. ISAZA R., J. Analysis of Factors Associated With Agricultural Production at Minifundio Level in the Oriente de Antioquia, Colombia. Madison, Universidad de Wisconsin, 1974. p. 29 - 115 . (Tesis Ph.D.)
13. MINISTERIO DE AGRICULTURA. Cifras del Sector Agropecuario 1977. Bogotá, Ministerio de Agricultura, Oficina de Comunicaciones, 1977. p. 14.

**A P E N D I C E**

**INFORMACION ADICIONAL SOBRE GENERACION,  
USO Y RENTABILIDAD DEL PAQUETE TECNOLOGICO**

TABLA 1a. Material genético mejorado producido por DLA-ICA en Investigación Agrícola (1955-1980)\*.

Cultivo	No. de Materiales
Algodón	6
Arroz	9
Cacao	21
Caña de Azúcar	4
Caña de Azúcar, adaptadas	5
Trigo	15
Arveja	4
Soya	7
Fríjol	12
Maíz	46
Sorgo	5
Papa	26
Yuca	4
Cereales Menores (Avena, Cebada)	9
Frutales (Carambola, Maracuyá, Naranja, Grape Fruit, Mango, Lima Acida, Mandarina)	18
Hortalizas (Tomate, Haba)	3
Leguminosas de Grano y Oleaginosas Anuales (Leguminosas Forrajeras, Girasol, Guandul, Ajonjolí, Maní, Caraota, Mungo, Caupí, Habichuela).	21
Oleaginosas Perennes (Palma, Cocotero, Tabaco)	6
<b>TOTAL</b>	<b>221</b>

FUENTE: ICA. Plan Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 1981. p. 10.

TABLA 2a. Tecnología para 50 hectáreas de Maíz en Cimitarra.

Para un Proyecto del FFA *		Tecnología Local	
Preparación del terreno (40 parcelas)	\$ 4.000/Ha		\$ 4.000/Ha
Semilla 20 kg (H.107)	630		630
Fertilizante 250 kg de 10-30-10 o 10-20-20 más 100 kg de Urea	4.000		-
Siembra y Fertilización (20 parcelas)	2.000	(Siembra)	500
Herbicida	500	(Desyerba)	1.000
Insecticida (40 kg)	2.200		-
Aplicación Herbicida e Insecticida	<u>1.800</u>		<u>-</u>
	\$ 15.130		\$ 6.130
Recolección y Mercadeo (\$ 1.100/t)	3.300		320
Intereses	800		-
Asistencia Técnica	<u>180</u>		<u>-</u>
Total para 3 t/Ha	\$ 19.410	(para 1,2 t/Ha)	\$ 7.450
" para 2,5 t/Ha	18.860	(para 1,0 t/Ha)	7.230
" para 2 t/Ha	18.310	(para 800 kg)	7.010

FUENTE: Archivos ICA. Oficina Supervisión de ATA, Regional 4.

TABLA 3a. Costos de Instalación y sostenimiento de una hectárea de café, con diferente densidad de siembra para un total de siete años de explotación (1976)\*.

Densidad: Arboles/Ha	Con siembra		Sin siembra	
	1000	3333	4440	10000
Instalación (tres años)	\$ 7.850	\$ 54.406	\$ 64.505	\$ 122.400
Sostenimiento (cuatro años)	37.960	208.620	276.240	488.500
Total	45.810	263.026	340.745	610.900
Producción kg	1.980	15.860	24.040	45.500
Ingresos Brutos	67.320	539.240	817.340	1.547.000
Intereses sobre valor tierra (\$ 50.000 Ha y 24% interés)	90.000	90.000	90.000	90.000
Ingreso Neto	- 23.130	186.214	386.595	846.100
Rentabilidad	- 50.5%	70.8%	113.5%	138.5%

FUENTE: La Bonanza y la Tecnificación de la Caficultura, por Antonio Herrón Ortíz. Copia mecanografiada. Medellín, Julio de 1976.

TABLA 4a. Rentabilidad de Tecnología para Banano en Apartadó.

Rubros	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Ventas de Banano	48.666.150	60.884.460	73.299.240	81.427.080
CAT	2.433.307	3.044.223	3.664.960	4.071.354
Total Ventas	51.099.457	63.928.683	76.964.202	85.498.434
Gastos	37.154.114	41.873.278	48.480.291	55.509.546
Préstamo FFA	1.600.310			
Amortización			800.156	800.154
Intereses	352.068	352.068	308.060	132.025
Ingresos Netos	15.897.721	21.703.337	27.375.695	29.056.709
Rentabilidad	42,79%	51,83%	56,47%	52,35%

FUENTE: Archivos ICA. Oficina Supervisión ATA, Regional 4.

59

Tabla No. 5a.- Área Total Inscrita y Financiada por el Fondo Financiero Agropecuario  
Número de Agricultores y Asistentes Técnicos - 1980

Cultivos	Área Total Inscrita ICA	%	Área Total Financiada FFAP	%	Valor Crédito	No. Agricultores	No. Asistentes Técnicos 3/
Ajonjolí	5.748	0.7	4.397	0.5	42.592.4	238	110
Algodón	226.336	26.0	158.994	20.0	2.863.573.7	9.490	870
Arroz Riego	243.872	28.0	230.798	29.1	3.981.361.3	6.473	1.224
Arroz Secano	40.085	4.6	45.110	5.6	569.285.0	565	98
Cebada	8.742	1.0	7.549	0.9	71.364.3	293	73
Frijol	5.953	0.7	6.981	0.8	103.616.9	265	110
Hortalizas	3.421	0.4	8.276 <sup>1/</sup>	1.0	312.069,3	675	126
Mafz	58.735	6.7	56.346 <sup>2/</sup>	7.1	630.678.0	2.251	465
Maíz	1.556	0.2	1.483	0.1	9.885.4	65	23
Papa	20.495	2.35	22.386	2.8	402.389.0	2.051	126
Sorgo	199.457	22.9	191.693	24.2	1.829.122.7	4.736	1.305
Soya	47.861	5.5	47.652	5.0	496.855.9	1.372	273
Tabaco Rubio	2.671	0.3	3.857	0.4	121.991.0	141	51
Trigo	1.017	0.1	1.876	0.2	21.398.1	32	17
Ñame	492	0.05	492	0.06	6.888.0	25	11
Yuca	4.194	0.5	4.194	0.5	50.328.0	192	50
	870.635	100.0	792.084	100.0	11.513.399.0	27.864	

1/ Hortalizas incluye además ají, ajo, pimentón, melón, fresa y otros.

2/ Incluye maíz comercial y semilla.

3/ No se totaliza porque muchos Asistentes Técnicos asisten simultáneamente varios cultivos.

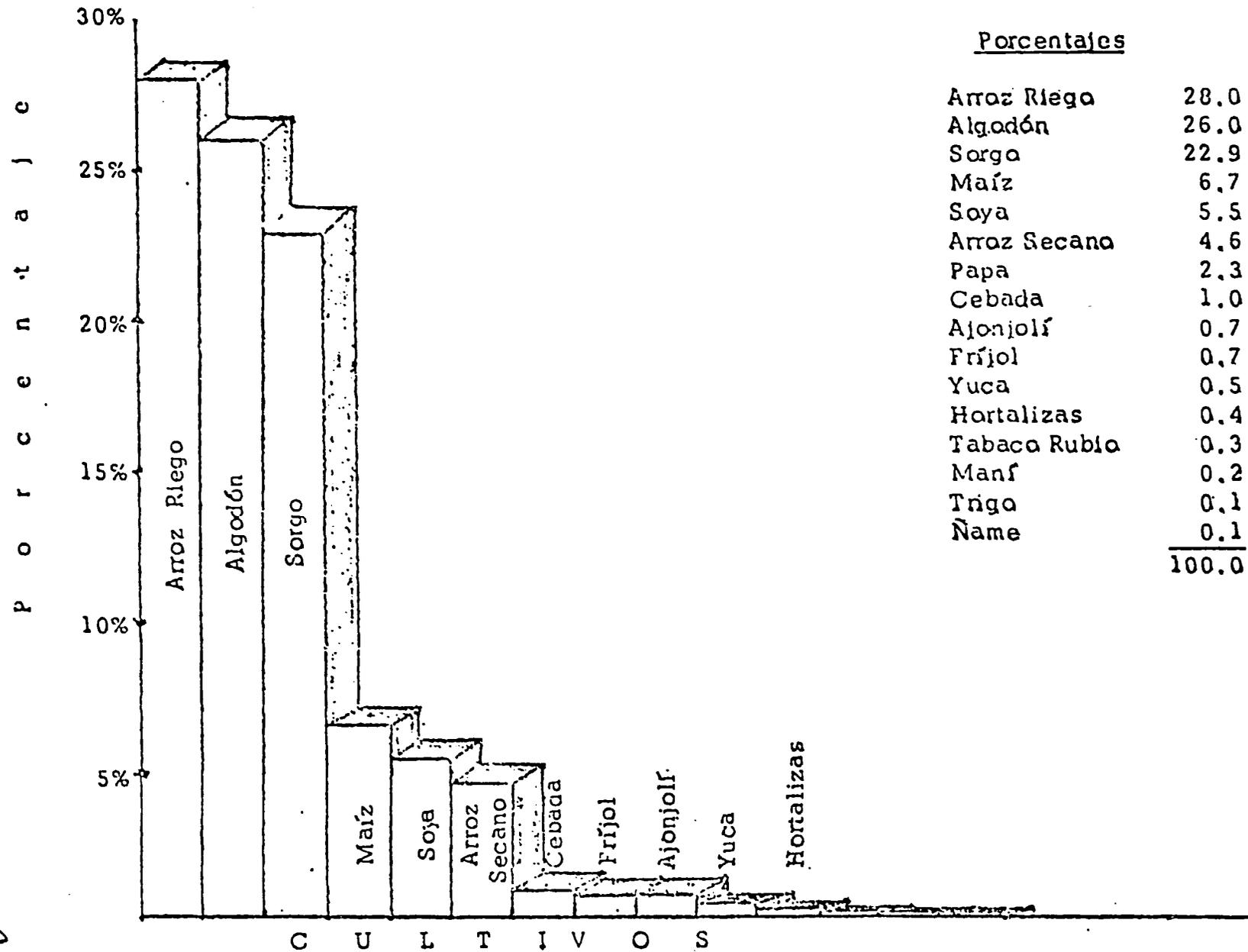
FUENTE: ICA. División de Programas de Producción Agrícola.

**TABLA 6a-** Superficie Sembrada, Asistentes Técnicos, Agricultores Supervisados por el ICA y Valor del Crédito Otorgado a Actividades diferentes a Cultivos Transitorios por el Fondo Financiero Agropecuario en el período 1975-1979.

Cultivos-Actividades	Acumulado 1975 - 1978			1979			Gran Acumulado					
	Hectá- reas	No.de Asist. Téc.	No.de Agricul- tores	Valor (\$000)	Hectá- reas	No.Asis- tentes Téc.	No.de Agricul- tores	Valor (\$000)	Hectá- reas	No.Asis- tentes Téc.	No.de Agricul- tores	Valor (\$000)
<b>Siembra y Sosteni-</b>												
<b>Miércoles</b>												
Yuca	4,953	72	166	36,982.2	2,006	30	72	2,020.0	6,959	102	238	39,002.2
Ñame	646	25	37	5,527.1	465	10	27	5,460.0	1,111	43	64	10,987.1
Azacaoca	548	21	36	4,812.0	1,130	26	75	11,375.0	1,678	47	111	16,187.0
Caña Panelera	15,748	110	440	85,689.1	808	15	23	12,099.8	16,556	125	463	97,788.9
Banano Exportación	7,915	20	241	178,895.6	532	2	16	16,063.0	8,447	22	257	194,559.5
Piñón	5,189	66	398	73,931.1	2,681	34	206	60,789.5	7,870	100	604	134,729.6
Pasto de Corte	2,222	6	37	3,697.7	155	2	3	857.0	2,377	8	40	4,554.7
Flores Exportación	63	31	24	12,385.9	-	-	-	-	63	31	24	12,385.9
Caña de Azúcar	50,052	100	250	576,317.2	6,074	8	30	72,109.7	56,126	108	280	648,516.9
Frutales	971	35	144	24,024.0	1,132	40	168	60,470.1	2,103	75	312	84,454.1
Pastos Permanentes	54,951	70	246	70,004.9	20,947	25	94	97,884.3	75,998	95	340	167,889.2
Café	30,331	186	11,110	983,370.9	2,538	15	930	125,081.2	32,869	201	12,040	1,109,452.1
Cacao	1,643	7	127	37,938.8	1,082	6	145	64,387.9	3,525	13	272	102,326.7
Palma Africana	7,280	14	40	156,057.4	3,996	12	22	260,762.5	11,276	26	62	426,819.9
Palma de Coco	190	5	8	3,005.0	215	3	9	8,600.0	405	8	17	11,865.0
Fique	13	1	1	138.0	-	-	-	-	13	1	1	138.0
<b>Sub-Total Cultivos</b>	<b>182,715</b>	<b>769</b>	<b>13,305</b>	<b>2,262,806.9</b>	<b>44,561</b>	<b>236</b>	<b>1,820</b>	<b>799,050.0</b>	<b>227,276</b>	<b>1,005</b>	<b>15,125</b>	<b>3,061,916.9</b>
<b>Actividades</b>												
Obras de Adecuación, Infraestructura y Cong- ruencias Complement.	-	-	10,504	3,343,140.1	-	-	4,979	1,586,493.8	-	-	15,483	4,929,633.9
Maquinaria Agrícola e Implementos	-	-	5,744	3,485,446.2	-	-	1,861	1,129,014.7	-	-	7,605	4,614,460.9
Compra Fincas Profesio- nales Sector Agropec.	23,848	351	351	197,899.8	5,727	84	84	146,217.8	29,575	435	435	344,117.6
<b>Sub-Total Actividades</b>	<b>23,848</b>	<b>351</b>	<b>16,599</b>	<b>7,026,466.1</b>	<b>5,727</b>	<b>84</b>	<b>6,924</b>	<b>2,861,726.3</b>	<b>29,575</b>	<b>435</b>	<b>23,523</b>	<b>9,888,212.4</b>
<b>TOTALES</b>	<b>206,563</b>	<b>1,120</b>	<b>29,904</b>	<b>9,289,353.0</b>	<b>50,288</b>	<b>320</b>	<b>8,744</b>	<b>3,660,776.3</b>	<b>256,851</b>	<b>1,440</b>	<b>38,648</b>	<b>12,950,129.3</b>

FUENTES: Fondo Financiero Agropecuario - Sección de Estadística  
ICA - División Programas de Producción Agrícola -1990

Figura 2.- Distribución Porcentual de los Cultivos Comerciales de Corta Rendimiento Objeto de Asistencia Técnica Particular - 1980.



FUENTE: ICA. División de Programas de Producción Agrícola.

# PROCEDIMIENTOS PARA EL DESARROLLO DE TECNOLOGIAS

## PARA LOS AGRICULTORES \*

Por: José Hiram Tobón

### I. INTRODUCCION

En la actualidad son dos los enfoques que se vislumbran en el panorama de la investigación Agrícola, el primero sigue los lineamientos dictados por los países de un mayor grado de desarrollo, y pregonan técnicas tendientes a obtener producciones máximas por unidad de superficie en determinados cultivos.

Las metodologías de éste enfoque consideran el cultivo per se como el centro de la investigación y las alternativas que se crean con base a los factores que pudieran estar limitando la producción de dicho cultivo, a su vez éstos factores coinciden con las líneas de especialización de los investigadores, p.e., fitopatología, entomología, mejoramiento genético, suelos, etc.

Este enfoque además del trabajo en Centros Experimentales considera como fase de comprobación el realizar ensayos a nivel de finca conocidas en nuestro medio como " Pruebas Regionales ". Al final se obtienen paquetes de recomendaciones que con frecuencia es la Sumatoria de paquetes individuales dictados por los diferentes investigadores correspondientes a su propia especialidad; sin considerar el tipo de usuario al cual vá dirigido.

El programa de Desarrollo Rural del ICA y más concretamente los usuarios bajo programas DRI ( Desarrollo Rural integrado ) son pequeños productores, caracterizados por una condición general baja en su nivel de vida, sujeto a tradiciones y es-

---

\* Contribución del Distrito de Desarrollo Rural del Oriente Antioqueño al Curso de Manejo de Ensayos Agrícolas en áreas de Desarrollo Rural.  
Centro de Capacitación ICA-La Selva. Rionegro Antioquia, Colombia Mayo 7-14 de 1981.

\*\* I.A, M.S. Productividad de suelos. Distrito Oriente Antioqueño, ICA, Rionegro (A).

estructuras agrarias no acordes con la época, pero que se constituyen en el contribuyente poderoso de la producción de cultivos alimenticios básicos, y por ende de la economía del país.

En diferentes cursos de Desarrollo en Colombia y en otros países, ha quedado manifiesta la dificultad de éste tipo de agricultores para utilizar los avances Tecnológicos generados bajo el primer enfoque.

El segundo enfoque trata de estudiar los problemas de producción en forma integral a la vez que inter-diciplinaria a nivel de regiones siendo sus fundamentos: 1) Que este pequeño agricultor produce en sus regiones una parte significativa de los productos alimenticios básicos de consumo regional 2) que es necesario el análisis y estudio de los sistemas " Tradicionales " de producción y su relación con las condiciones ecológicas y socioeconómicas de cada área y 3) El mejoramiento de esos sistemas de producción a través de la investigación.

Se preveen varios procedimientos para este estudio.

Burgos (1) propone las Fases Descriptiva, de Diseño y de Prueba.

González y Zandstra (3) propone 4 fases así: Inicial, de Reconocimiento, Operacional y la de Identificación de los límites estructurales más propicios para modificar.

Ambas las expondremos en síntesis, con la esperanza de discutir en grupos sus ventajas o desventajas según las regiones de los diferentes distritos.

## II. Descripción de las Fases según Burgos (1)

- 1) Fase Descriptiva. Dice, " El primer paso en la investigación de sistemas es conocer el ambiente dentro del cual los sistemas se desempeñan.

Esta afirmación supone que los lugares donde se investigará han sido seleccionados por el grupo de investigadores o han sido asignados a ellos por otro grupo o autoridades del gobierno. La descripción del ambiente puede lograrse de diferentes maneras y la metodología variará de acuerdo al país y región. la descripción debe incluir datos de clima, suelos, aspectos socioeconómicos y los sistemas de cultivos presentes.

La información que se obtiene en ésta fase del proceso es

muy importante, pues provee los criterios que serán utilizados en las fases siguientes,

Las herramientas usadas pueden ser encuestas, seguidas de visitas a la zona y los estudios de caso. Cuando ha sido posible, la descripción del ambiente se ha completado con información de fuentes secundarias. En algunos casos es aconsejable utilizar algún tiempo en conocer mejor los sistemas del agricultor trabajando con él durante un período de producción. Esto permite enterarse de los detalles que hacen funcionar el sistema.

- 2) Fase de Diseño: En ésta fase se amplía la información anterior, para buscar sistemas que sean adaptados al lugar. En éste sentido, el diseño se concentra en una localidad determinada cuyas características pueden describirse con el necesario grado de detalle. En ésta actividad se hace uso de la tecnología de componentes existente, conocimiento acerca del desempeño de variedades y prácticas de manejo en condiciones ambientales distintas. El diseño de sistemas de cultivo y las especificaciones de los componentes es realizado por los investigadores en colaboración con supervisores Nacionales. Recomendando usar toda la experiencia de los centros de investigación en el manejo de varias técnicas de intensificación de cultivos p.e. cultivos intercalados, en relevo, asociados en secuencia y utilización de socas (rebrote de cultivos). Algunos ya se conocen y se han documentado,

Es aconsejable incluir, en la fase de diseño, criterios acerca del proceso de toma de decisiones del agricultor, respuesta o ganancia al factor más limitante para la intensificación del cultivo y la estabilidad biológica. Este último incluirá prevención de erosión excesiva, mantenimiento de fertilidad de suelos, prevención del aumento de pesetas y disminución del agua en el subsuelo.

Es necesario mantener en mente que ciertas modalidades de intensificación solo son empleadas por razones específicas; y así debe evitarse diseñar cultivos intercalados o en relevo para condiciones que no lo requieren.

- 3) Fase de Prueba. Los sistemas diseñados y el manejo acordado por los investigadores son probados en terrenos de los agricultores. También es posible que éstos sistemas sean probados en campos experimentales en los cuales se simula el manejo dado por el agricultor. La razón para preferir

65

el terreno del agricultor es que éste enfoque permite probar el sistema bajo el manejo de los agricultores y así poder comprobar las suposiciones hechas en la etapa de diseño. Las suposiciones más sobresalientes son:

- 1) El sistema es adecuado biológicamente.
- 2) Los requerimientos económicos son factibles
- 3) El manejo especificado para el sistema es el óptimo.
- 4) El sistema satisface los criterios económicos de su desempeño.

Durante la fase de prueba se detectan los errores introducidos en la fase de diseño, se mide, se observa el desempeño agronómico del sistema y se recoge la Reacción del agricultor al sistema. Las dificultades del manejo son corregidas y los sistemas que demostraron buen desempeño son sometidos a investigación agronómica. Los sistemas ajustados se convierten, entonces, en las bases para las recomendaciones.

Gonzales y Zandstra, definen sus fases en la siguiente forma:

### 1. Fase Inicial

La fase inicial busca establecer una relación de confianza y quizás de interdependencia mutua con la comunidad de agricultores. Esto puede hacerse en reuniones con agricultores y amas de casa explicándoles los propósitos del proyecto y las metodologías de trabajo que sigue el proyecto. En ésta fase es importante informar a la comunidad que el proyecto busca establecer con ellos una programación con de actividades y de investigación explicándoles los pasos que el proyecto seguirá en ésta programación y qué precisamente es el papel de la comunidad en cada paso.

### 2. Fase de Reconocimiento

El reconocimiento de los sistemas más importantes de producción en la zona consiste en estudiar a través de la medición de los insumos (como tierra, mano de obra); los tipos, la manera y el tiempo de aplicación de productos biológicos y químicos en relación con estado del proceso de producción; la manera de cosechar; los rendimientos obtenidos; el almacenamiento, procesamiento, empaque y transporte del producto, los tiempos y sitios de venta; los pre-

cios obtenidos; la duración del proceso de producción, y su impacto sobre posibles procesos de producción para seguir. Esta información sobre los sistemas de producción que existen en la zona, puede conseguirse a través de diferentes metodologías, usando encuestas. Estas pueden ser especificadas por cada sistema de producción, o, pueden ser generalizadas por todos los sistemas agrícolas y por todos los sistemas pecuarios.

Analizando el proceso en general de un grupo de agricultores con quien se estudia según un esquema definido, cada sistema de producción que ellos están aplicando.

Utilizando registros de costos.

En este proceso de identificación del sistema de producción utilizada por el pequeño agricultor, es importante hacer destacar dos aspectos. Primero el hecho que se busca combinar en este proceso analítico, los conocimientos técnicos existentes sobre los sistemas de producción bajo estudio con la experiencia, a menudo subjetiva, que tiene el agricultor. Segundo, es importante que reconozcamos que no solamente hay que conocer sistemas de producción sino que tenemos que conocerlos en función de variables de sitios. Esto significa que las encuestas o las reuniones con los agricultores, o los registros de costos deben sacar suficiente información geográfica, pedológica y climatológica con el fin de poder relacionar los sistemas de producción con diferentes ambientes.

En cuanto a metodologías analíticas, los proyectos buscan, por lo general, comparar la bondad económica de los sistemas de producción encontrados. En la forma más sencilla, un proyecto puede comparar los promedios de las ganancias netas, los jornales necesarios, la inversión en efectivo necesaria y la variancia de los ingresos netos de los sistemas bajo estudio. De esta manera se logra tener una información de la necesidad de efectivo, comparación con conocimientos de potencial, la ganancia neta y el riesgo que está asociado con estos renglones.

Un método no mucho más complejo podría definirse el universo estudiado en tres partes, comparando así, la cabeza, la cola y el intermedio (en cuanto a ganancia neta) de cada sistema estudiado. Con esta información será posible identificar qué potencial había para mejorar las diferentes

67

actividades y si hay ciertas medidas de cultivo que son asociadas con ingresos altos en estos renglones. Más allá, el proceso analítico podría llegar a análisis de variancia ó a análisis de factores, métodos que quizás no son muy factibles a realizar sin apoyo analítico.

Cualquier resultado de éste tipo de análisis debe en realidad presentarse a los grupos de agricultores, buscando a través de discusiones comprobar los resultados a la vez que amplificar los conocimientos de los agricultores sobre sus procesos de producción.

### 3. Parte Operacional de la Investigación a Nivel de Proyecto

La identificación de cambios en los sistemas de producción para aprobar a nivel investigativo del proyecto, debe llevarse a cabo conjunto con la comunidad de productores. Similar al anterior, en este proceso se busca combinar conocimientos técnicos, conocimientos económicos, conocimientos sobre límites estructurales y experiencias prácticas de los productores en un proceso que de común acuerdo establece cuáles aspectos de estas actividades deben ser investigados. Este es también el momento propicio para identificar y distribuir tareas entre el personal del proyecto y los agricultores participantes.

Las tareas del proyecto serán, obviamente, tomar el liderazgo en la identificación de la metodología de investigación. Este puede ser, el de buscar el apoyo de un centro de investigación para la realización de un estudio en el centro, bajo la responsabilidad del centro (en el caso de que la investigación se trata de aspectos no muy sensibles a variables de sitio). Otra forma será que se busca el apoyo del centro para el diseño solamente de la investigación, realizando la investigación propia en el proyecto. Si existe la capacidad investigadora en el proyecto, puede buscarse la aprobación para la realización completa de la investigación en el proyecto.

Por lo general, es más conveniente que el proyecto se encargue de su investigación, en esta manera, familiarizándose íntimamente, y conjunto con los agricultores, con el comportamiento de las nuevas técnicas bajo investigación. Además, debe considerarse importante que el diseño y la complejidad de la investigación no debe sobrepasar la capacidad analítica del proyecto, para que éste, usando

análisis sencillos (de promedios, de variancia, gráficas, etc.) pueda rápidamente incorporar los resultados más sobresalientes de la investigación en su programa de acción.

La definición de cambios en los sistemas de producción para aprobar a nivel del agricultor es un proceso similar al anterior. Los agricultores seleccionan cuáles cambios en su sistema de producción están dispuestos a probar. Es sobre las decisiones tomadas a este nivel de interacción que el proyecto debe programar parte de sus actividades divulgativas.

En este proceso, los agricultores comparten la necesidad de investigar y probar con el proyecto. Es importante que el agricultor se le enseñe dejar parte de su campo (en el caso agrícola) para comparación ó testigo.

Durante esta interacción el proyecto se va a encontrar en una posición de confrontación con los productores. El proyecto buscará la aplicación para los agricultores de métodos de producción, que según ellos son mejores de los que usa el agricultor y que ellos consideran que se adaptan a la situación del agricultor. Por su lado, los productores, no obstante se van a inclinar a rechazar estas sugerencias del proyecto. Es precisamente en esta situación que el proyecto debe aprovechar para realizar un cuarto aspecto al proceso de la investigación a nivel del proyecto que es la identificación de los límites estructurales para cambiar.

#### 4) La Identificación de los límites estructurales más propicios para modificar.

La confrontación de un sistema de producción mejorada por un lado y las limitaciones estructurales existentes en la zona que no deja que este sistema<sup>se</sup> vuelva parte del patrón de producción en la región, se presta muy preciso para llegar a un acuerdo sobre cuáles son las limitaciones que son modificables a corto, ó en algunos casos a mediano plazo, que el proyecto y la comunidad darán prioridad en la programación de sus actividades.

El proyecto no debe perder su actitud analítica en este intercambio, siendo que el agricultor a menudo no expresa en nuestros términos que son los aspectos que le van apro-

vechar de la nueva tecnología. Además, no es raro que los agricultores identifiquen un sistema pero dejen de describir la causa de las limitaciones.

#### INVESTIGACION EN FINCAS

- III, En las fases mencionadas en el capítulo anterior, los autores concuerdan en la idea de favorecer con gran empeño la investigación creativa, que se realiza en Institutos de investigación y en las universidades, ya que la información que de ellos se deriva puede resolver algunos problemas importantes; pero al mismo tiempo señalan la necesidad de un esfuerzo mucho mayor en las investigaciones a nivel de finca. Esto es indispensable para definir con precisión los problemas que limitan la productividad en cada región agrícola, ofrecer al agricultor información ya comprobada en su área, orientar mejor las investigaciones adaptativas y creativas a más largo plazo.

Marcano (4) señala "que esta investigación a nivel de finca, provee además el lazo íntimo con la asistencia técnica, eliminando uno de los más grandes problemas que existen hoy en día en la transferencia de tecnología al agricultor, ya que siguiendo las modalidades de los países avanzados se dá por sentado que este nivel de investigación no es responsabilidad de los investigadores, sino de los servicios nacionales de extensión técnica; Lamentablemente en nuestros países los funcionarios de estos servicios no se han adiestrado en la investigación a nivel de fincas".

Esta metodología de ensayos a nivel de finca brindaría como producto las recomendaciones específicas para cada lugar; el mejoramiento de la misma metodología utilizada para llegar a esas recomendaciones y un mejor entendimiento de las interacciones entre los sistemas y el ambiente y finalmente quizás proporcione las bases para un mejor mecanismo de transferencia de tecnología.

El trabajo en sistemas permitirá la especificación de las características que las variedades de los cultivos deberán poseer para acoplarse a los sistemas de cultivos asociados, como es el caso en el Oriente Antioqueño.

Si consideramos que la experimentación es una metodología utilizada como parte de un proceso de investigación científica y ello ayuda a obtener información en forma planeada de las respuestas a cambios de las condiciones naturales del material objeto de estudio. entonces necesitaremos distinguir entre in-

vestigación y experimentación así:

- a) La experimentación sirve a la investigación.
- b) La investigación es un proceso para adquirir nuevos conocimientos; experimentación es una metodología para obtener datos y sacar conclusiones. El análisis estadístico sirve para obtener información de los datos.

De esta manera, en las fincas de agricultores se conducirán conjuntas de experimentos para una investigación guiada por un propósito definido y enmarcada dentro de una jerarquía de prioridades dictada por un procedimiento objetivo.

Así estos experimentos de fincas deben reunir sus condiciones exigidas como son: a) La ausencia de errores sistemáticos, los cuales se evitan haciendo una asignación aleatoria de los tratamientos a las unidades experimentales y por medio de una agrupación adecuada, b) Que tengan una precisión adecuada que permitan detectar las diferencias cuando realmente existen, con una probabilidad pequeña de error. La precisión se refiere a la magnitud relativa de la variación al azar. c) Amplitud de validez, pues los resultados de un experimento se consideran válidos para la población de la cual las observaciones son representativas. A medida que la población en cuestión es más grande o heterogénea, más amplitud tienen las conclusiones. Recuerdese el peligro de generalizar recomendaciones obtenidas en un experimento de invernadero como si fueran aplicables a toda la región en condiciones de campo a través de los años. d) Simplicidad en el diseño reduce al riesgo de errores en su ejecución y facilitará el análisis y e) Los experimentos deben permitir el cálculo de la probabilidad de error al hacer comparaciones entre promedios.

La técnica experimental debe tenerse muy en cuenta al realizar ensayos en fincas de agricultores. Debe recordarse que una finca de un agricultor pequeño de bajos ingresos dista mucho de parecerse a una estación experimental, no solo en su grado de fertilidad, topografía, recursos de agua y su principal inconveniente es la gran variabilidad de suelo y manejo.

Aceptamos que la probabilidad de que ocurran accidentes durante la ejecución de un experimento en finca es muy alto, a veces por el deseo de cooperación del agricultor, o por invasión de animales o por el manejo de cultivos vecinos al ensayo y por ello es más fácil hacer experimentos en el Centro Experimental, pero, de cierto punto en adelante se hacen necesarios los ex-

perimentos en las zonas y en las condiciones para las cuales vamos a hacer las recomendaciones. Por otra parte, la interacción con los agricultores permite al investigador aprender algo ( o mucho ) y facilita la evaluación y adopción de las prácticas recomendadas.

Dadas las consideraciones anteriores, y según sus experiencias, la necesidad en sus regiones y los recursos disponibles; discuta en grupos los siguientes interrogantes:

- 1) El tamaño de parcela y el de repeticiones debería aumentarse en fincas de agricultores en comparación con lo recomendable para una Estación Experimental ?
- 2) Cuál será el número óptimo o adecuado de tratamientos para experimentos en finca ?
- 3) En casos excepcionales, cuál sería el número máximo de tratamientos en un experimento de finca ?
- 4) Recomendarían ustedes tener repeticiones del experimento en varias fincas ?
- 5) Tendrían ustedes más experimentos que los estrictamente necesarios ?
- 6) Cuándo es o NO recomendable utilizar la tecnología del agricultor ?
- 7) Cuántos materiales genéticos promisorios o foráneos probaría usted dentro de un diseño para experimentos en fincas ?
- 8) Aceptaría diferencias en manejo que no sean las correspondientes a los tratamientos que se comparan ?
- 9) Evaluaría materiales genéticos simultáneamente de acuerdo a varios factores o los aplicarían en secuencia seleccionando material con base en algún criterio y en un experimento posterior ?
- 10) Consideran ustedes que <sup>en</sup> los trabajos en sistemas de producción ( cultivos asociados ) hay bases adecuadas para seleccionar entre criterios de evaluación ?
- 11) Sería práctico y económico experimentar en localidades específicas ( medio ambiente ), sino lo es como disminuiría la especificidad para sitio y medio ambiente.?

72

#### IV. Investigación en Centros Experimentales.

En algunas regiones, posiblemente se podrá tener el acceso a un Centro Experimental representativo del área, más no necesariamente de las condiciones y manejo de las fincas de los agricultores.

Buena parte de la investigación total no puede hacerse a nivel de finca, ni aún, algunas experimentaciones serán aconsejables hacerlas en terrenos de agricultores por inconveniencia o incomodidad.

La actividad del Centro en investigación y experimentación, así como la experiencia de los mismos investigadores, debe procurarse su atención para aprovechamiento de investigación de fincas. El contacto ojala de investigadores a nivel de finca permitirá, tanto al investigador del Centro como al de Desarrollo; la apreciación del comportamiento de los diferentes tratamientos y materiales genéticos dentro de los sistemas de producción que tiene el agricultor.

El diseño de alternativas a los sistemas de producción y su experimentación podrá hacerse en principio a nivel de Centro para eliminación inicial de tratamientos y llevar a nivel de comprobación dentro de los sistemas un número menor de tratamientos.

Cuando se tiene un volumen grande de materiales genéticos promisorios para las zonas de estudio no es conveniente probarlos primero a nivel de finca, sino que deben sufrir un proceso de tamizado a nivel de Centro y solo llevar a nivel de finca dentro de un diseño de sistemas máximo 2 o 3 materiales genéticos nuevos.

No conocemos aún los peligros introducidos en lo referente a estos, cuando probamos sin juicio materiales genéticos foráneos al área.

La capacitación en técnicas experimentales se facilitará ampliamente a todos los niveles, con el concurso del Centro Experimental.

En algunos casos la complejidad del área y de los sistemas hacen necesario estudiar la factibilidad agronómica de los mismos sistemas en condiciones de campo. A veces requiere de muchos tratamientos y suficiente área; además de requerir demasiado tiempo en su estudio y recolección de datos. Esto necesariamen-

te exige el control y establecimiento del ensayo a nivel de Centro yá' manejado por investigadores del Centro mismo y de Desarrollo.

El reconocimiento de ciertos patógenos, requiere a veces de experimentación con inoculación; o para la evaluación de materiales con resistencia o tolerancia es necesario infestar artificialmente el suelo. Dichos experimentos no es aconsejable realizarlos a nivel de finca.

En cada zona según los requerimientos, debe hacerse un balance adecuado sobre este tipo de experimentos que deben conducirse en condiciones aisladas o de Centro Experimental, teniendo el cuidado de no caer<sup>en</sup> las investigaciones de tino académicas, de interés personal del investigador o que se alejen del objetivo y el interés, de solucionar los problemas de la zona de estudio.

#### V. Contexto de la Política de Investigación Agrícola,

El proceso de investigación en fincas de agricultores tiene varias actividades o etapas, desde planeación, hasta la Recomendación y promoción agrícola basada en ensayos agronómicos. Estas etapas no han sido establecidas ordenadamente; por no haber existido una política definida de la investigación agrícola con agricultores, especialmente los pequeños productores. Si bien existen las llamadas Pruebas Regionales estas tratan de comprobar la validez de lo generado en un Centro Experimental bajo condiciones de campo pero independiente del sistema de producción total de la finca, de las restricciones económicas del productor y su ambiente; a veces ni importa si el productor participa en la investigación, ni soluciona problemas inmediatos. Es decir no hay diseños experimentales para combinación de experiencias entre agricultores e investigadores, así, básicamente no hay intercambio ni retroalimentación en el proceso de investigación.

La ausencia de esta política de ensayos de finca involucra otro factor importante, que prácticamente es derivado del mismo; pero que debe tenerse en cuenta durante el desarrollo de este tipo de investigación y experimentación; y está constituida por las acciones y reglas políticas cuya influencia determina las características del medio económico dentro del cual actúan y toman sus decisiones, tanto los investigadores como los agricultores, CIMMYT (2).

Algunas acciones tienen influencia sobre decisiones de los agricultores en relación con la producción. Ejemplo: Distribución de INSUMOS, precios oficiales de insumos y productos. También debe influenciar al investigador aquellas acciones para orientar su investigación hacia prácticas acordes con el recurso de los agricultores. Ejemplo: Si los herbicidas son baratos y la mano de obra escasa debe estudiarse y dirigir sus esfuerzos a obtener recomendaciones de este tipo.

Las mas de las veces la decisión del investigador está influenciada directamente por el deseo de los gobiernos de desarrollar ciertas zonas y estas pueden ser muy pobres o de alto potencial agrícola, en ambos casos se necesitará asistencia técnica y deben generarse recomendaciones a nivel de regiones. Consideramos que los recursos de investigación son escasos para hacerlos en todas las regiones. Es necesario masificar la experimentación; obvio ordenada y eficientemente.

La información sobre resultados de la investigación a nivel de finca podrá constituir una guía muy valiosa para las personas que determinan las políticas, ya que pueden proporcionar cambios necesarios con objeto de facilitar la introducción de nuevas tecnologías entre los agricultores. Ejemplo: Si a través de los ensayos se demuestra la superioridad de un material criollo, o una práctica de un insumo, es posible proporcionar el mayor mejoramiento de ese material, acelerar la capacitación para adopción de la práctica o crear los mecanismos para que el agricultor obtenga el INSUMO.

#### VI. Planificación de programas de Investigación en Fincas.

Aparte del intento realizado por el Grupo de Apoyo a los Proyectos de Desarrollo Rural en el ICA en 1975; para desarrollar una planificación de programas de investigación agropecuaria en fincas de agricultores, no ha sido posible conocer otras experiencias en el país que permitan ampliar este tópico. Desafortunadamente en su corto período de trabajo no pudo ejecutar la labor de siembras, ni la obtención de resultados, y por consiguiente ni el análisis y la discusión general con técnicos, investigadores y agricultores; que hubiera servido para la estructuración de un plan con una metodología total y adecuada. Sin embargo la subgerencia de Desarrollo Rural del ICA ha adoptado una serie de procesos y metodologías que se vienen empleando y ampliando en los diferentes Distritos, tales como Estudios Socioeconómicos a partir de fuentes secundarias, Identificación de Sistemas de producción, Información de Ficha técnica, Manejo de Ensayos Agrícolas, transferencia de tecnología

y planes de producción que sí constituyen el proceso fundamental.

Será nuestra responsabilidad complementar los pasos con sus metodologías para obtener un Plan de Investigación y de ensayos de ajuste a nivel de fincas en regiones determinadas.

#### VII. Metodología y Supuestos de la Investigación Tradicional.

Conocemos que la respuesta de un cultivo al cambio en los factores ambientales, no es de tipo aditiva, es decir, que los factores interaccionan entre sí, en su efecto sobre el efecto del desarrollo del cultivo. Por ejemplo: la respuesta de la papa a la aplicación de fósforo en dosis crecientes, sobre un suelo de baja fertilidad, está definida por el valor preciso de cada uno de los otros factores ambientales: número de plantas por hectárea, variedad, control de plagas y enfermedades; lluvias, morfología y profundidad del suelo y otros. Cualquier cambio en éstos cambiaría la respuesta. Véase ejemplo TOBON (5). En condiciones de aditividad, cualquier cambio de un factor ambiental, causaría un consecuente desplazamiento vertical, que conservaría el paralelismo entre las funciones de respuesta al fertilizante y ello implicaría que la dosis óptima económica de fertilizante permanecerá de igual cantidad. En general, los cambios de un factor ambiental incontrolable.

Causan cambios en las dosis óptimas de factores controlables, y también es válida que cambios de factores controlables, producen cambios de la dosis óptima económica de otro factor controlable.

La variabilidad de factores como lluvias, heladas, suelos, luz es muy frecuente y ellos causan desplazamientos en las funciones de respuesta. Tal es la causa del riego y la incertidumbre en el proceso de producción.

Para enfrentarse a los fenómenos de inaditividad y de la variación sobre el tiempo en los factores incontrolables; el agrónomo adopta supuestos que simplifican la realidad, a un nivel que le resulta manejable. A la vez la validez de las conclusiones a que llegue por este procedimiento, estará dado por la justicia de sus suposiciones.

Turrent (6) señala "que para lidiar con el fenómeno de variabilidad sobre el tiempo, el agrónomo ha adoptado la suposición de que el agricultor preferiría la estrategia agronómica de producción que hiciera máximo su ingreso neto anual promedio". Por ello, encontramos recomendaciones basadas en cálculos de máxi-

mo ingreso neto, sin análisis de riesgo para cualquier factor controlable de la producción. Ejemplo: Fertilizante (dosis, oportunidad, método de aplicación, fuentes), variedad, densidad de siembra; control de plagas, enfermedades y malezas, etc, tal sería la estrategia agronómica óptima de producción.

Para lidiar con la inaditividad entre los factores controlables de la producción, Turrent ( 6 ) señala que el agrónomo adopta el supuesto de que en la vecindad de la estrategia agronómica óptima de producción, los factores controlables se comportan como si fueran aditivos, es decir hay paralelismo de funciones.

Este segundo supuesto dió cabida a la investigación tecnológica por disciplinas; a través de especialistas en Fertilidad de suelos, quienes se centran en el problema de fertilización y mantienen constantes a los demás factores controlables de la producción, a un nivel cercano a la estrategia agronómica óptima de producción. El Genetista, usa frecuentemente la táctica extrema de eliminar totalmente las deficiencias nutricionales; de mantener sus cultivares libres de malezas, de usar altas densidades de siembra, con la creencia de que el material genético sobresaliente bajo éstas condiciones, seguirá comportandose como tal cuando sea sembrado con la estrategia agronómica óptima de producción. Muchos genetistas llevan su creencia al extremo de que su material genético sobresaliente funcionará como tal con cualquier estrategia agronómica de producción. Así es frecuente la oferta de materiales en los que se indica que éste sí se abona, mucho o poco en igual proporción aumentará de producción.

De manera similar se enfocan los problemas de protección contra las malezas, insectos y enfermedades, las prácticas culturales y los demás componentes de la tecnología de producción.

En este proceso de generación de tecnología, está implícito el supuesto de que es posible seleccionar a priori una estrategia de producción " razonablemente " aproximada a la estrategia óptima.

En el cuadro 1 y 2 se muestran resultados de 15 experimentos de campo realizados en 1978 en el Carmen de Viboral, cuando se probaron varias adiciones tecnológicas por separado para aumentar la producción de fríjol. Es de anotar que todas las adiciones habían sido probadas independientemente; y en el caso de fósforo se hizo a nivel de Estación Experimental y se supuso a priori que el solo fósforo e Inoculación el duplicar o triplicar su dosis aumentaría en proporción sus rendimientos; igualmente se

suponía que una buena variedad sobresaliente a nivel de Centro Experimental, libre de antracnosis y de patógenos de la semilla sería lo más recomendable. Solo el aumento de densidad de población fué atractivo económicamente. En 1979 se incluyeron otros factores como el uso de nematicidas y tratamiento de semilla y mayores densidades de población y nuevas prácticas de control de enfermedades, en resultados casi similares.

Estos resultados demuestran la invalidez de los supuestos y actualmente se está en proceso de escribir sus conclusiones conjuntamente con ICA y CIAT.

En ensayos en fincas que no cuentan con tecnología " eficiente " y ante la necesidad de una mayor productividad de productos agrícolas en este tipo de regiones, conviene reexaminar la validez del esquema disciplinario para generar tecnología.

Cuadro 4. Rendimientos de Fríjol en kg/ha, Limpio y Seco en Ensayos de Fincas en el Carmen de Viboral/Antioquia, 1978-B.<sup>a</sup>

AGRICULTOR TRATAMIENTO FINCA No.		CARGAM. AGRIC. 1	CARGAM. AGRIC. 1 BIS	CARGAM. CIAT 2	CARGAM. CIAT 2 BIS	CARGAM. CIAT 3	CARGAM. CIAT 3 BIS	CARGAM. CIAT 4	CARGAM. CIAT 4 BIS	P-706 5	P-706 5 BIS	P-523 6	P-523 6 BIS
A. Velazquez	1	2.058	2.421	2.481	2.423	1.615	1.893	733	1.947	363	1.110	0	465
Ignacio Soto	2	888	1.508	1.863	2.169	2.119	2.253	1.940	2.014	239	882	0	0
Aníbal Valencia	3	2.340	3.433	2.733	3.585	2.810	3.425	2.756	3.462	516	1.007	0	36
Librado Quintero	5	1.994	2.639	1.707	3.138	1.787	2.378	1.901	2.326	533	1.436	171	352
J. M. Quintero	6	596	939	648	1.082	414	691	247	384	487	554	70	422
Jaime Alzate	7	818	1.494	1.073	1.908	996	1.282	650	1.286	1.051	1.470	635	698
Antonio J. Gómez	8	1.334	2.361	1.857	2.064	735	1.058	947	1.492	853	1.511	1.729	1.834
Pedro Gómez	9	1.817	1.519	1.263	1.118	1.465	1.210	1.181	1.180	199	543	873	876
Ramón Arboleda	10	1.490	1.646	1.391	1.992	1.899	2.178	1.032	1.142	568	465	110	1.143
O. Jiménez	11	880	1.495	1.280	1.565	1.052	1.358	965	1.244	974	1.228	470	1.327
L. E. Giraldo	12	1.664	3.045	1.425	2.520	619	1.211	728	838	571	928	59	212
F. Jaramillo	13	1.483	2.389	1.715	2.359	1.056	1.158	1.267	1.561	1.271	1.713	1.256	2.464
J. M. Jaramillo	14	2.718	3.098	1.614	2.321	793	673	708	1.320	475	1.011	24	192
A. Rodríguez	15	1.696	1.914	1.502	2.117	833	1.738	1.152	2.124	1.006	1.825	790	1.344
Promedio		1.555	2.136	1.611	2.168	1.299	1.608	1.158	1.594	650	1.120	442	812

a/ El código para los niveles de tratamientos están en el Cuadro 2. La finca número 4 fue cosechada por error antes de que llegáramos.

EXPERIMENTOS CONDUCTOS EN COLABORACION ICA - CIAT

19

EL CONJUNTO PRODUCTIVO Y EL SISTEMA DE PRODUCCION COMO BASE PARA  
PLANTEAR LA NECESIDAD Y EL DISEÑO DE AJUSTES TECNOLOGICOS

Por: Carlos Pantoja \*\*

José Hiriam Totón C. \*\*\*

1. INTRODUCCION

Desde un punto de vista conceptual, se puede definir un sistema como cualquier conjunto de elementos o componentes relacionados que interactúan entre sí. Como consecuencia, un sistema agropecuario es el resultado de la interacción compleja de muchos componentes mutuamente dependientes. En el centro del proceso se encuentra el productor.

Pero además, la producción de la finca y las decisiones del grupo familiar están estrictamente ligadas, por lo cual deben ser analizadas en la investigación de sistemas agropecuarios.

Algunos factores determinan el sistema agropecuario. El medio ambiente total puede dividirse en dos elementos: Técnico y humano. El primero determina el tipo y el potencial físico de la ganadería y las actividades agrícolas, e incluye factores físicos y biológicos que hasta cierto punto han sido modificados por el hombre, en muchos casos mediante el desarrollo tecnológico y otros permanecen inalterables (régimen de lluvias y de luz).

El elemento humano se caracteriza por factores exógenos y endógenos.

---

\* Contribución al Curso MANEJO DE ENSAYOS AGRICOLAS EN AREAS DE DESARROLLO RURAL. Centro de Capacitación La Selva Rionegro, Antioquia Colombia. Mayo de 1981.

\*\* I.A. M.S. en Suelos Distrito ICA Pasto (Nariño) Colombia.

\*\*\* I.A. M.S. en Productividad de Suelos, ICA Rionegro Ant. Colombia.

Exogenos como el ambiente social que en buena parte permanecen fuera del control del productor individual, y tienen influencia sobre lo que este puede y podrá hacer. El control de factores endogenos le permite determinar sistemas agropecuarios dadas las limitaciones técnicas y las causadas por factores exogenos.

El sistema agropecuario así definido pone de manifiesto la complejidad de la naturaleza de los factores determinantes.

En los últimos años se viene usando las palabras sistema de cultivo, sistema de producción agropecuaria, sistemas agrícolas, etc.

Su origen estriba en el modo de pensar expansionista (en forma de sistema) como contraposición al reduccionismo, el determinismo y el mecanicismo que propiciaron la especialización progresiva de las ciencias.

Los sistemas son conjuntos o colecciones de objetos, que están conectados o relacionados entre sí, de tal forma que actúan como una unidad o como un todo. Lo anterior revela su complejidad, su conexión e intercambio y su dinamismo más o menos constante en el tiempo.

Bajo el enfoque de sistemas, la agricultura no es sino una organización jerárquica de sistemas que operan en el tiempo y el espacio usando la energía solar para transformar recursos en productos.

Si consideramos a una finca como un conjunto de actividades que transforma recursos en productos, usando la energía solar, podríamos simplificar su organización.

Si la finca como un todo se considera un sistema de producción, entonces las actividades dentro de ella (producción animal, producción de cultivos perennes, producción de cultivos anuales) pasan a ser subsistemas y naturalmente entre subsistemas existen conexiones por el uso de recursos y las relacionadas con la distribución de la energía necesaria para

producir (tierra, capital, mano de obra, insumos, etc.).

En general o a grosso modo esta finca pertenece, junto con otras de la región, al sistema de producción agropecuario de una región determinada.

El hecho frecuente de haberse encontrado en Colombia, aún dentro de una finca la explotación de varios cultivos, en varios arreglos espaciales en el mismo terreno y en la misma época de siembra, genera el término conjunto productivo para considerarlo como un subsistema de la producción total de la finca.

La metodología de identificación de sistemas de producción propuesta por la Subgerencia de Desarrollo Rural pretende jerarquizar en una región da de los conjuntos productivos, seleccionar los posibles sistemas de producción de mayor frecuencia en el área y con mayor número de agricultores que lo usan, posteriormente con el trabajo de ensayos agrícolas a nivel de finca deben probarse la existencia de esos sistemas agrícolas de producción, es decir que en el proceso de generación de tecnología agrícola, el agrónomo debe hacer una abstracción de la unidad de producción que lo ayude a ordenar mentalmente el número vasto de relaciones parciales entre un cultivo y su ambiente.

Por lo tanto esta clasificación de conjunto productivo o agrosistema o sistema de producción no es más que un instrumento metodológico para la disciplina de productividad.

## 2. ANTECEDENTES

Existe una ley natural que relaciona los factores de la producción y el rendimiento de un cultivo. Esta función se puede expresar como:

$Y = F$  (Fertilización, fecha de siembra, genotipos de la planta, densidad de población, etc.) dada una ecología inmodificable.

Cuando un agricultor conoce los términos de esta función, específicos para su terreno, estará en condiciones de obtener un ingreso máximo de sus recursos limitados.

Hernández, citado por González (2) al analizar el concepto de ley natural, se refiere al conjunto de leyes naturales que gobiernan el desarrollo de las plantas. Debido a la gran cantidad de circunstancias ambientales que afectan la respuesta de los cultivos, la ley natural es ignorada y por lo tanto su expresión matemática también es desconocida. En las investigaciones agrícolas se trata de tener el mayor grado de aproximación a esta ley de naturaleza desconocida.

Dada la gran cantidad de factores de producción y su variación en el tiempo y en el espacio, el tratar de dar recomendaciones sería imposible si no se piensa en agrupar factores previamente seleccionados, entre los cuales se espera que se encuentren aquellos que explican la variación en producción existente entre sitios.

Con el objeto de simplificar la variación existente en la naturaleza, inicialmente se han formado dos escuelas diferentes para analizar la variabilidad de los factores inmodificables de la producción. Estas escuelas son de la Carolina del Norte y la de Iowa (2).

El concepto de Carolina del Norte, se basa en la calibración bilateral del método químico con el método de campo. En este modelo interesa fundamentalmente el contenido de nutrientes en la capa arable, el cual estaría afectado en parte por el manejo del mismo. Según esta escuela la respuesta del cultivo a los fertilizantes sería "una" función que se aproxima a la función central. Las desviaciones que se presentan respecto a la función central se consideran debidas al azar y con poca probabilidad de ocurrencia.

La escuela del Iowa, acepta de que existen otros factores que influyen en la respuesta del cultivo a los fertilizantes, tales como topografía,

morfología y factores de clima. En este caso existirán grupos de funciones como el investigador identifique. El suelo no importa solo por su contenido de nutrimentos, además habrá que considerar que el suelo capta y almacena y da agua a las plantas. En esta situación, los análisis de suelos constituyen una parte de la ecología la cual debe complementarse con otra información.

### 3. CLASIFICACION DE LOS FACTORES DE PRODUCCION

Turrent (6), con el objeto de precisar el verdadero concepto de agro - sistema, clasifica los factores de producción por razones económicas de plazo largo, en factores incontrolables, entre los cuales incluye los factores modificables e inmodificables y factores controlables. Ejemplos de cada uno de ellos se menciona más adelante.

Este mismo autor, clasifica los factores incontrolables de acuerdo a su tipo de variación en:

**Primarios:** Cuando únicamente existe variación de tipo geográfico u horizontal. Ej: pendiente superficial del suelo, profundidad de un estrato duro, posición fisiográfica, a.s.n.m.

**Binarios:** Varían en forma horizontal y vertical (textura, color del suelo, densidad, espesor de horizontes) y pueden variar además en forma horizontal y tiempo (regímenes de lluvia, heladas, vientos, granizos).

**Ternarios:** Varían en tres ejes: horizontal, vertical y tiempo. Ej: humedad del suelo, regímenes de nutrimentos, contenido de materia orgánica.

Como ejemplos de factores controlables pueden mencionarse: la época, dosis, fuente y método de aplicación de abonos y pesticidas, distancias de siembra y número de plantas por sitio, genotipo de plantas.

#### 4. DESARROLLO DEL CONCEPTO DE CONJUNTO PRODUCTIVO Y SISTEMA DE PRODUCCION

Independientemente de su influencia directa en la producción de cultivos, existe una gran cantidad de clasificaciones de suelos, vegetaciones, climas, aguas, etc. Los grupos que se han clasificado para cada uno de ellos sirven de base para orientar la investigación pero no son útiles para medir la interacción entre ellos y su influencia en la producción de alimentos.

Los primeros intentos de medir esa interacción, la propuso Jenny en 1941 quien describió el fenómeno de la producción como un sistema en el que operaba la ley natural y lo expresó como una ecuación en el cual el rendimiento era función del clima, planta, suelo y manejo.

Este mismo autor definió el sistema de producción como un cultivo en el cual los factores de clima, suelo y manejo eran prácticamente constantes.

Aunque mediante esta ecuación se conseguían grupos de producción, el hecho de incluir todos los factores de producción controlables e incontrolables (modificables e inmodificables) lo hacía poco práctico en el campo de la agronomía.

Laird (1966), definió el sistema de producción como un cultivo en el cual los factores inmodificables de la producción son razonablemente constantes. Como puede observarse en esta definición, se está excluyendo a los factores controlables y modificables, ya que todos ellos pueden ser llevados a su nivel óptimo. Este mismo autor señala que en la definición práctica de un sistema de producción, es necesario establecer límites específicos para los factores incontrolables; dependiendo de la precisión requerida en la recomendación.

Como puede observarse, Laird, por una parte identifica los factores incontrolables con los inmodificables y como quedó descrito anteriormente dentro de los factores incontrolables existen algunos que son modifica-

25

bles y otros inmodificables. La aplicación del nitrógeno al suelo modifica el régimen del mismo, más no lo controla, ya que la cantidad precisa de nitratos dentro de la zona de exploración radicular también depende de factores inmodificables de la producción como son textura, estructura, régimen de lluvias, etc. (Turrent, ).

Por otra parte, aunque se está reduciendo aún más el sistema de producción excluyendo a los factores controlables de la definición, todavía el número de sistemas posibles es grande y poco práctico.

Así por ejemplo, solo considerando tres factores inmodificables (textura, a.s.n.m. y precipitación) y 2 - 3 extractos respectivamente, el número de sistemas de producción sería de 18 lo cual es inmanejable prácticamente (Tabla 1).

Para evitar confusiones con la terminología ya aceptada por el ICA, en adelante el SISTEMA DE PRODUCCION ó AGROSISTEMA de los autores mencionados (Jenny, Laird, Turrent) lo vamos a identificar con el término de CONJUNTO PRODUCTIVO y esto es así por que ellos consideran únicamente un cultivo o renglón. Sin embargo, en el caso nuestro en el cual se trabaja con diversidad de cultivos el sistema de producción será el arreglo o cultivo que crece en un conjunto productivo determinado.

Lo anterior quiere decir que si un mismo cultivo, por ejemplo maíz, crece en dos conjuntos productivos diferentes dará lugar a dos sistemas de producción. Lógicamente que dos arreglos diferentes en un mismo conjunto productivo también originará dos sistemas de producción (Cobos y Góngora, 1 ).

Continuando con el criterio de reducir el concepto de CONJUNTO PRODUCTIVO a un nivel práctico, Turrent (6) introduce dos nuevos términos: Ambito Agronómico y Factor de Diagnóstico.

Este autor (6), define el Ambito Agronómico de un factor inmodificable a

TABLA 1. Relación de Conjuntos Productivos con tres factores inmodificables ( 2 - 3 y 3 estratos respectivamente).

CP Nº.	Textura	A.S.N.M. M.	PRECIPITACION mm/año
1	Arcillosos	1.000	500
2			500-1.000
3			1.000
4		1.000-2.000	500
5			500-1.000
6			1.000
7		2.000	500
8			500-1.000
9			1.000
10	Arenosos	1.000	500
11			500-1.000
12			1.000
13		1.000-2.000	500
14			500-1.000
15			1.000
16		2.000	500
17			500-1.000
18			1.000

=====

la amplitud de la variación efectiva de dicho factor, juzgado desde un punto de vista agronómico, es decir que la variación observada sea tal que sus rangos estén representados por cambios medibles en la producción.

Factor de Diagnóstico de una región agrícola será aquel factor inmodificable que figura en la definición del Conjunto Productivo. Es claro que cuando se inicia la experimentación de campo se plantean como hipótesis varios factores de diagnóstico los cuales serán rechazados o no de acuerdo a los resultados de campo. La habilidad del técnico precisamente se encuentra en definir cuales son los factores y los rangos que se deben seleccionar al iniciar la experimentación ya que de esto depende el número de ensayos que sea necesario establecer para descartar la hipótesis inicial.

Será conveniente analizar por separado las relaciones que existen entre los factores inmodificables, ya que muchas veces la selección de uno de ellos conlleva a que otros también se modifiquen favorablemente o desfavorablemente. (Ej: a.s.n.m. y temperatura; pendiente, forma del terreno y captación de agua; la textura, estructura, la densidad aparente y la profundidad del suelo, tienen que ver con la capacidad de almacenamiento de agua).

La selección de los factores inmodificables que definan el conjunto productivo (factores de diagnóstico) y la amplitud de los mismos (ámbito agronómico) requiere necesariamente del conocimiento previo de la región en aspectos tales como cultivos, precipitación, suelos, vientos, heladas, etc., lo cual por lo general buena parte se consigue mediante revisión bibliográfica o por entrevistas con agricultores.

Debe partirse de la premisa de que los conjuntos productivos no existen en la naturaleza, son artificios creados como metodología de trabajo en Desarrollo Rural y pueden ser tan estrechos o tan amplios de acuerdo a la conveniencia del técnico o a los requerimientos del estudio.

A manera de ejemplo se analizan algunos factores inmodificables y se discute la conveniencia o no de incluirlos dentro del Conjunto Productivo, así como los rangos que podrían ser apropiados para cada uno de ellos.

- Altura sobre el nivel del mar (a.s.n.m.). Puede ser importante en zonas quebradas, como aquellas que generalmente se presentan en áreas DRI y que necesariamente determinan la presencia de cultivos de clima frío, medio y cálido.

Aunque este es un factor de suma importancia, como guía de identificación, en algunos casos se abusa de él, definiendo rangos tan estrechos que ninguna diferencia presentan en condiciones de producción o manejo de cultivos.

Aún aceptando que se han seleccionado rangos apropiados, existen zonas intermedias entre un nivel y otro, que necesariamente habría que eliminarlas por ser porcentajes mínimos en relación con el área total del conjunto.

Supongamos que en una área existen alturas entre 500 y 3.000 m.s.n.m. puede haber muchas posibilidades de división pero pensamos únicamente en tres:

1) 500 - 750	2) 500 - 1.000	3) 500 - 1.200
751 - 1.000	1.001 - 1.500	1.400 - 2.100
1.001 - 1,250	1.500 - 2.000	2.300 - 3.000
1.251 - 1.500	2.001 - 2.500	
1.501 - 1.750	2.501 - 3.000	
1.751 - 2.000		
2.001 - 2.250		
2.251 - 2.500		
2.501 - 2.750		
2.751 - 3.000		

Nótese que en la posibilidad No. 3, que aparentemente es la más prác-

tica para trabajar, se está aceptando que existe una situación fisiográfica continua y esa es la razón para no considerar rangos entre 1.200 y 1.400 o entre 2.100 y 2.300. Se supone que la mayor parte del área se encuentra entre los rangos seleccionados y que las zonas de transición corresponden a un porcentaje bajo posiblemente un 10% para uno y otro lado y para las cuales podrá adaptarse, sin mayores riesgos cualquier recomendación agronómica.

En el otro caso, cuando no existan variaciones considerables en altura, dentro de la región estudiada, deberá eliminarse este factor de la definición preliminar de conjunto productivo.

- Pendiente. Este factor por lo general se lo relaciona con la a.s.n.m. y esto es cierto para fisiografías continuas pero no es válido para las posiciones fisiográficas discontinuas esto es, que no siempre a mayores alturas existirá mayor pendiente, ya que en nuestro medio existen valles altos (Sabana de Bogotá, Sabana de Tuquerres) y valles bajos (Valle del Patía, Valle del Cauca).

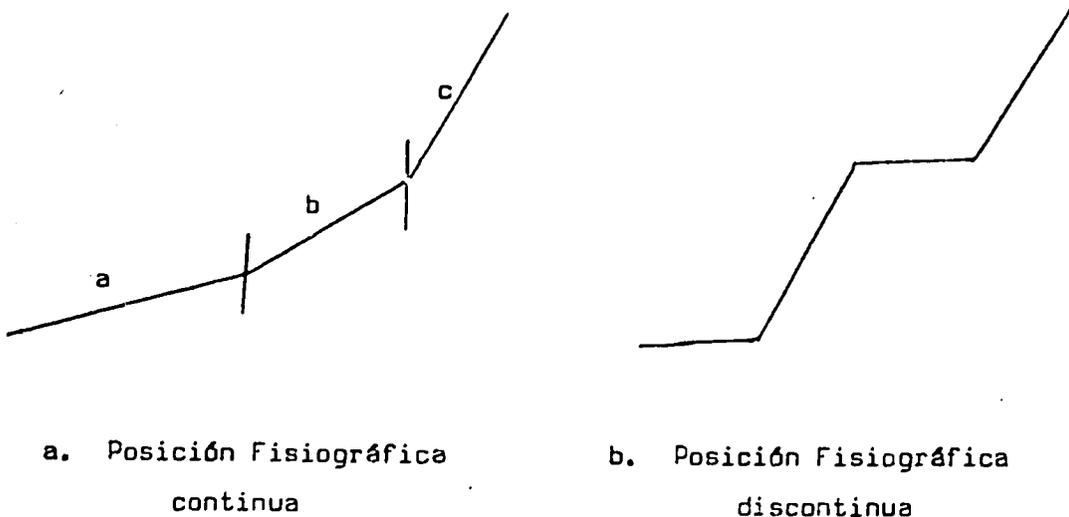


Fig. No. 1: Diferentes formas de posiciones fisiográficas

- Profundidad del suelo. Es importante tenerla en cuenta porque constituye uno de los factores que tiene que ver con la capacidad de retención de agua y como se mencionó, la disponibilidad de agua influye en el tipo de respuesta de los factores controlables.

Sin embargo, es necesario hacer igualmente algunas aclaraciones respecto al uso práctico de éste factor, en lo que respecta a su ámbito agronómico.

Por una parte habrá que hacer referencia a la profundidad radicular de los cultivos predominantes en la región.

Así por ejemplo, profundidades mayores de 2m. son suficientes para cualquier cultivo anual y posiblemente también para perennes y en este caso no habrá ámbito agronómico de este factor, ya que todos los suelos se consideran profundos. Igualmente si todos los suelos tienen profundidades entre 10 - 20 cms. se puede considerar que son superficiales. Sin embargo, si se observa que existe variación entre 20 cms. y 2 m. por ejemplo, será necesario tener en cuenta este factor seleccionando límites adecuados de variación.

- Color del suelo. Este factor puede ser un reflejo del contenido de materia orgánica del suelo, no obstante también debe manejarse con cuidado. Así por ejemplo, la simple clasificación de suelos oscuros y claros podría ser suficiente para los objetivos de nuestro estudio.
- Precipitación. Este constituye otro de los factores de diagnóstico más importantes ya que modifica grandemente el tipo de respuesta a los factores controlables y constituye un limitante serio en las zonas de pequeños productores.

En este caso será necesario, por una parte, tener datos aproximados de la precipitación total y de su distribución durante el período vegetativo del cultivo. Será necesario además saber los requerimientos de

agua del cultivo y sus periodos críticos para efectuar los análisis y decidir si se puede ser o no factor de diagnóstico.

##### 5. EJEMPLO DE UNA CLASIFICACION DE CONJUNTOS PRODUCTIVOS

Turrent (6), después de hacer un análisis de los factores de producción, define el Agrosistema como un cultivo en el cual los factores de diagnóstico (inmodificables) fluctúan dentro de un ámbito establecido por experiencia. Nuevamente es necesario aclarar que aquí se refieren a un solo cultivo. Para nuestro caso, cuando trabajamos con varios cultivos, la región que ellos ocupan y caracterizada por factores inmodificables relativamente constantes, la estamos llamando conjuntos productivos. Los cultivos que crecen dentro del conjunto productivo los llamamos sistemas de producción.

La otra condición para que el Agrosistema se cumpla, es que cualquier fluctuación geográfica o sobre el tiempo, en la función de respuesta a los factores controlables de la producción será considerada como debida al azar en el proceso de generación de tecnología.

El procedimiento para descartar la presencia de conjuntos productivos inicia con la selección de los posibles factores inmodificables que estén influyendo definitivamente en la producción. Se puede hacer analizar para un año agrícola, para obtener la variación geográfica o para un periodo de años para medir la variación de los mismos en el tiempo.

En la figura 2, se observa la respuesta al nitrógeno de una serie de 29 experimentos. Puede observarse que existe una gran variación desde rendimientos muy bajos a rendimientos muy altos. Podemos asumir que esa familia de funciones forman un solo conjunto productivo y podríamos obtener una función promedio como se puede observar en la Fig. 3.

Las desviaciones respecto a ese promedio nos indican la varianza tan gran

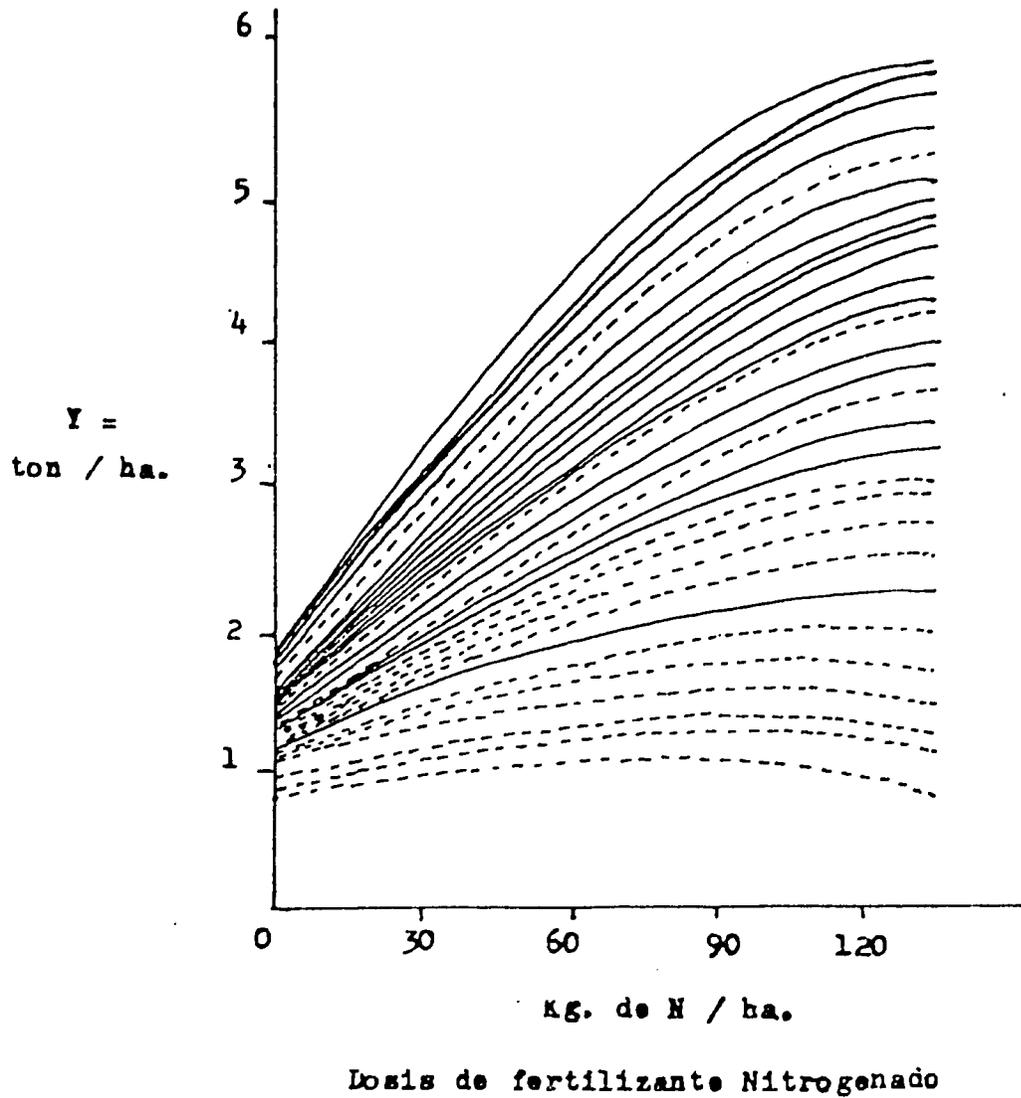


fig. 2 Respuesta del maíz a la dosificación de fertilizante nitrogenado .

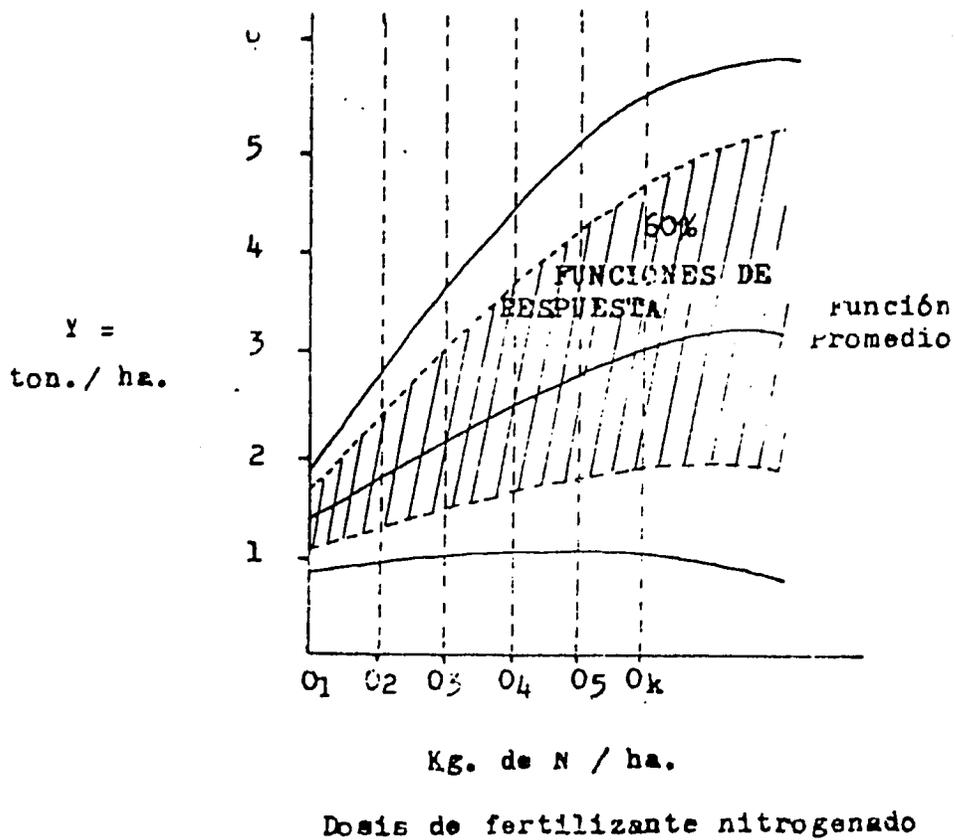


Fig. 3 Función-Promedio de respuesta de maíz al fertilizante nitrogenado en el agrosistema único.

de que existe y el riesgo en igual proporción que se tendría si se trata de dar una recomendación respecto a Nitrógeno para toda una región considerada.

Al analizar las curvas de respuesta se puede observar que hay un grupo que normalmente tienen rendimientos altos y otro grupo que normalmente tiene rendimientos bajos. Podemos también suponer que si separamos estos grupos, como se observa en la Figura 4, la varianza (representada por la zona rayada) se disminuye y en esa misma proporción se está disminuyendo el riesgo de dar una recomendación sobre fertilizante nitrogenado.

La estratificación considerando ciertos factores inmodificables debe plantearse como hipótesis y debe probarse en la realidad para su rechazo.

La fase experimental consiste en localizar ensayos en terrenos representativos de zonas geográficas que reúnan condiciones típicas de los factores inmodificables escogidos.

Cuando se quiera ver la influencia de la variación de tiempo, la comprobación de los conjuntos productivos puede demandar varios años, lo cual no quiere decir que hay que esperar el mismo número de años para obtener una recomendación ya que año tras año puede darse en aproximaciones las recomendaciones sobre los factores controlables.

Será necesario establecer mínimo dos experimentos por año y por conjunto productivo y posteriormente mediante una prueba de F (prueba de varianzas), rechazar o no la estratificación postulada.

En Colombia, últimamente se están dando recomendaciones de fertilizantes de acuerdo a las órdenes correspondientes a la séptima aproximación y aunque este es un criterio válido para este aspecto, los factores que dan lugar a la definición de un orden son sumamente amplios y en consecuencia las recomendaciones involucran rangos en igual proporción y con un gran riesgo si se quiere aplicar a nivel de pequeño productor. También es vá-

95

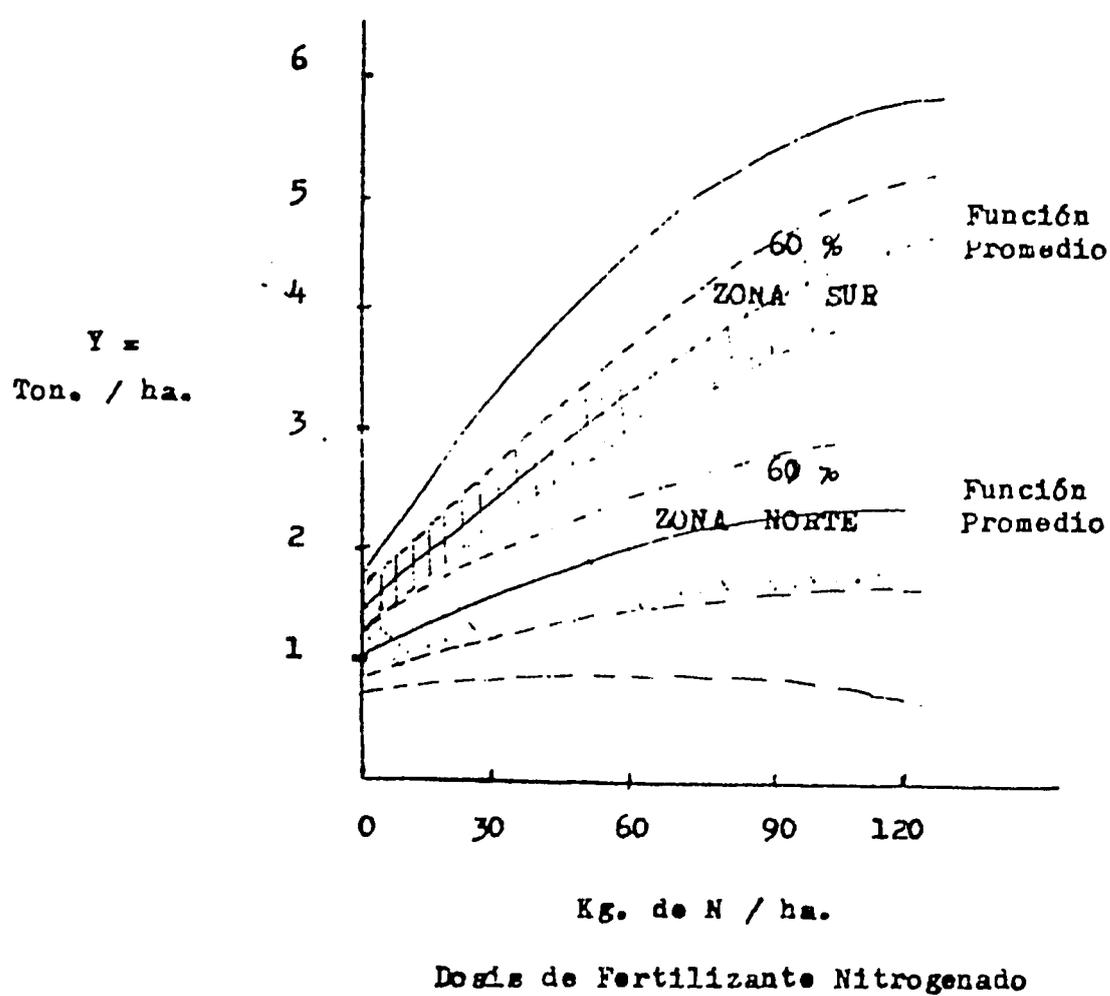


fig. 4 Modelo de estratificación de la variación en las funciones de respuesta del maíz al fertilizante nitrogenado.

lido el criterio en las recomendaciones de herbicidas cuando se diferencia entre dosis que hay que aplicar a suelos arcillosos y arenosos o la localización de variedades de acuerdo a la altura sobre el nivel del mar. Los ejemplos anteriores están indicando que en alguna forma existe conciencia de que las recomendaciones deben darse en ese sentido. Desafortunadamente las condiciones de nuestro país son tan variables entre sitios y entre años, que dificulta a que llegemos a obtener las funciones específicas para una región determinada. Con lo anterior se está reconociendo lo difícil de conseguir este objetivo. Sin embargo se está también aceptando de que es posible conseguirlo y que el tiempo en que se pueda lograr, depende de la verdadera definición o concepción que se tenga de los conjuntos productivos que puedan existir en una región determinada.

#### DUDAS MAS FRECUENTES

Algunos interrogantes son frecuentes cuando se discuten este tipo de enfoque, recientemente en un Seminario - Taller sobre metodologías de investigación en producción patrocinado por CIMMYT se preguntaban:

- 1) El enfocarse en un cultivo predeterminado (o cultivo base), implica necesariamente que uno no considere el sistema de producción como un todo durante la investigación ?
- 2) Hay enfoque restringido de la investigación en sistemas de producción ?
- 3) Se necesita más información acerca de las circunstancias de los agricultores cuando se diseña una investigación orientada hacia sistemas de producción como un todo ?
- 4) Qué tipos de experimentos se usan normalmente cuando la investigación se enfoca en un cultivo predeterminado y cuales cuando el enfoque es de sistemas ?

- 5) Son los experimentos de sistemas mas costosos que los primeros ?
- 6) Se necesitan más experimentos con enfoque de sistemas ?
- 7) Es la nueva tecnología generada bajo el enfoque por cultivos más fácil y menos costosa de evaluar que la generada con el enfoque de sistemas ?
- 8) Cuál es el efecto sobre la disponibilidad de técnicos entrenados del enfoque por productos versus el enfoque por sistemas ?
- 9) Frecuèntemente uno encuentra que un solo cultivo ocupa la mayor parte del tiempo y de los otros recursos del agricultor, y que por lo tanto su mejora provee un medio adecuado para mejorar el bienestar del mismo. Como puede la presencia o ausencia de ese cultivo base influenciar la decisión de enfocar la investigación por cultivo o por sistemas ?
- 10) Dado un cultivo base predominante en un sistema de producción, a veces uno encuentra muchas oportunidades de mejorar el manejo de ese cultivo, pero otras veces surgen pocas de esas oportunidades. Como esta situación puede afectar la decisión de investigación por cultivo versus investigación por sistemas ?
- 11) En algunas áreas el recurso tierra se usa muy intensamente (dos y más cosechas por año) y las interacciones dentro del sistema de producción son muy notorias; en otras la tierra se usa menos intensivamente (por ejemplo la rotación cereales- barbecho). Como puede la intensidad en el uso de la tierra afectar la elección entre un enfoque por cultivo y el enfoque por sistemas ?
- 12) La evidencia empírica disponible que los agricultores no adoptan paquetes completos de tecnología, pero sí componentes (prácticas simples o alguna combinación) que representan una mejora cuando se adicionan a las prácticas actuales de los agricultores. Cómo puede esto afectar la decisión de investigación por cultivos versus investigación por sis

temas ?

- 13) A veces se dice que lo que el agricultor necesita es un cambio tecnológico sustancial para asegurar que su ingreso se incrementará apreciablemente, y también para llamar la atención del agricultor sobre esa última posibilidad. La investigación enfocada hacia un cultivo predeterminado implica necesariamente la generación de tecnologías alternativas asociadas con pequeños cambios en el ingreso del agricultor ?

Individualmente o en grupos máximo de cuatro participantes, explique los anteriores interrogantes.

## BIBLIOGRAFIA

1. COBOS, A.; GONGORA, S. Una metodología para identificación y análisis de sistemas de producción agropecuarios en áreas de pequeños productores. Bogotá. Instituto Colombiano Agropecuario- ICA - Bol. No. 61. 1977. 77 p.
2. GONZALEZ, R. Obtención de una ecuación empírica para predecir rendimientos y calcular dosis óptimas económicas de nitrógeno y fósforo para el cultivo de papa, en el Oriente de Cundinamarca, Colombia. México. Colegio de Post-graduados-Chapingo 1974. 197 p. (Tesis M.Sc. en Suelos).
3. GONZALEZ, R.; ZANDSTRA, H. Filosofía de la investigación en la producción agrícola del pequeño agricultor. Bogotá. Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. 1977. 34 p.
4. TOBON, J.H.; Fertilización química y orgánica de monocultivos y cultivos asociados en el clima frío de Antioquia. En Curso de Suelos y Fertilización de Cultivos. Medellín. Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. 1980. pp. 387-417.
5. LAIRD, R.J. Metodología empleada para estudiar las necesidades de los fertilizantes. Copia mimeografiada. México. Colegio de Postgraduados - Chapingo. 1966. s.p.
6. TURRENT, A. El agrosistema, un concepto útil dentro de la disciplina de productividad. En Escritos sobre la metodología de la investigación en productividad. México. Colegio de Postgraduados - Chapingo. 1980. p. 291-319.

LA IDENTIFICACION DE SISTEMAS DE PRODUCCION Y LA TECNOLOGIA LOCAL DE PRO \*  
DUCCION COMO BASE PARA PLANEAR AJUSTES TECNOLOGICOS

Por : CARLOS PANTOJA LOPEZ \*\*

1. INTRODUCCION

La identificación de Sistemas de Producción como metodología para formular las recomendaciones en primera aproximación y para plantear las necesidades de Ajuste de Tecnología, ha sido uno de los criterios aceptados por la Subgerencia de Desarrollo Rural del ICA y se presenta como básica para los trabajos de un Distrito de transferencia de tecnología.

En el Boletín No. 61 del ICA, se describe ampliamente la metodología del ISP y no se pretende repetir lo que en el mismo se dice. Se quiere más bien presentar otros elementos de juicio y mayor número de ejemplos que ayuden a los Técnicos de Desarrollo a decidir en una forma más práctica la verdadera utilización del documento, mediante la identificación de problemas y la preselección de componentes tecnológicos para experimentos en fincas.

Sin duda alguna, que la identificación inicial que se haga de los conjuntos productivos es fundamental para los trabajos posteriores razón por la cual los conceptos básicos y sugerencias sobre su aplicación se pre -

\* Contribución del Distrito de transferencia de tecnología No. 02 -Pasto  
\*\* Ing. Agr. M.Sc. Coordinador de Ajuste Tecnológico Distrito Pasto - Regional No. 5 A.A. 819.

sentan en otro documento. En el presente se hará mayor énfasis en la utilización de la Tecnología Local de Producción como base para el planeamiento de ensayos de ajustes de tecnología.

## 2. EL METODO ISP.

Según Cobos y Góngora ( 3 ), la metodología para identificación de sistemas de producción puede resumirse en los siguientes puntos :

- Recolección de información de fuentes secundarias
- Reconocimiento de la región geográfica ( hidrografía, orografía - climatología, vías, etc ).
- Reconocimiento de la región técnica ( condiciones de producción : mercadeo, suelos, disponibilidad de insumos ).
- Identificación preliminar de Conjuntos Productivos, en base a la selección previa de los factores inmodificables.
- Estimación total por conjunto productivo de área, número de agricultores, renglones prioritarios.
- Estimación de los mismos datos anteriores por arreglo.
- Priorización por arreglos, de acuerdo al número de agricultores y área sembrada.
- Identificación de la tecnología local de producción en los renglones prioritarios.
- Confrontación de la tecnología local con la tecnología existente.
- Recomendaciones en primera aproximación.
- Necesidades de ajuste tecnológico e investigación.

Las etapas del ISP, como se encuentran presentadas abarcan todos los pasos que deben seguirse antes de plantear las necesidades de ajustes tecnológicos. Sin embargo faltó posiblemente ser más explícitos en algunos puntos. Algunos de ellos se tratarán aquí como referencia para detectar los verdaderos problemas de una región.

La información que se recolectó en el estudio de ISP, correspon -

102

de a una fase o a un estado del proceso productivo de una región. Generalmente las observaciones que se tomaron corresponden a uno de los semestres agrícolas y es bien sabido que la prioridad por área es diferente de un semestre a otro.

Aunque en la metodología no se habla del tiempo en el cual se debe hacer el estudio, en la mayoría de los Distritos se hizo en 5 o 6 días de los cuales 3 eran prácticamente de campo. Es evidente que en un tiempo tan corto se puede recolectar información lo suficientemente válida para plantear las necesidades de ajustes tecnológicos.

Debido al criterio de definir prioridades por área y número de agricultores, se dejó de recolectar información de algunos arreglos que hubieran desaparecido, o que estén en proceso de extinción y que puedan presentarse como potenciales o alternativos si se resuelve el problema que los afectó.

Debido a que no se tenía claro el verdadero concepto práctico de un conjunto productivo y de los rangos que deberían tomarse de los factores inmodificables se llegó en la mayoría de los casos a definir muchos conjuntos productivos imposibles de manejar en la práctica.

### 3. LA TECNOLOGIA LOCAL DE PRODUCCION ( T.L.P. ).

La tecnología local de producción puede considerarse como una secuencia de decisiones que actualmente practican los pequeños productores con el objeto de combinar sus escasos recursos dentro de un medio caracterizado por serias limitaciones ( Cobos y Góngora:3).

Para definir la T.L.P. el técnico debe describir todos aquellos componentes que integran y/o condicionan la tecnología del productor, tales como genotipos, arreglos de especies, formas de manejo durante el desarrollo de las especies, niveles de utilización de insumos, rendi -

miento, mercadeo de productos, actitud frente al riesgo ( Cobos ).

Aunque aparentemente en estas definiciones se encuentra implícita toda la información que se requiere para determinar la T.L.P., era necesario hacer mayor claridad sobre algunos aspectos, tales como :

- Muchas de las prácticas efectuadas por los pequeños productores, solamente son explicables si se tiene en cuenta el concepto del pequeño productor y se analizan convenientemente las limitaciones socioeconómicas en las cuales se desenvuelve a la vez que se reconoce la eficiencia de los mismos que les ha permitido sobrevivir.
- La tecnología local de producción es fundamental para cualquier programa posterior y esta debe ser producto de la observación directa, cuando sea posible, o de un número suficiente de entrevistas o encuestas que permitan formar cierto criterio respecto al porqué de determinadas prácticas.
- En la definición de problemas tanto de plagas, como de enfermedades y malezas, faltó cuantificar el daño que estas causan. Lo anterior no permitía detectar cuales eran realmente las limitantes.
- Tampoco se mencionaba su distribución dentro del área.
- Los agricultores tienen sistemas tradicionales de siembra, labores culturales, épocas de las labores, algunos de ellos no conocidos por los técnicos. Para estos era necesario hacer comentarios sobre la bondad de los mismos, así como hacer comentarios sobre justificación desde el punto de vista agronómico y económico.
- Muchos agricultores en muchos casos no están interesados en controlar en su totalidad las malezas, ya que estas forman parte de la ración alimenticia de sus animales. Lo anterior sugiere que es ne

104

cesario tener en cuenta este factor para plantear los tratamientos de los ajustes.

- Algunos cultivos tienen mayores riesgos que otros en el aspecto climático y de mercadeo. Para lo anterior no se hizo la estimación pertinente respecto a rendimientos o precios en años buenos y malos así como la periodicidad de los mismos y los factores responsables de los años malos.

#### 4. CRITERIOS PARA PRESELECCION DE PROBLEMAS

Para definir los criterios de necesidades de ajuste tecnológico, es necesario recordar que el objetivo de los mismos es formular recomendaciones económicas en forma periódica, las cuales son producto de la tecnología eficiente del productor, más la tecnología modificada, más la tecnología adicionada.

Lo anterior básicamente nos está dando las prioridades generales en el trabajo de ajuste de tecnología.

- En primer lugar es necesario tener la seguridad de que la tecnología que la hemos calificado como eficiente es cierta y puede aplicarse sin peligro a los agricultores de un conjunto productivo. Esta tecnología por lo general se deja constante. Como ejemplos se pueden mencionar las variedades regionales que por su largo periodo de adaptación son resistentes a plagas, enfermedades y por lo general son poco exigentes en el uso de fertilizantes. Generalmente las épocas de siembra y las labores de preparación del suelo son también consideradas como eficientes.
- Posteriormente será conveniente analizar cuales de las prácticas son susceptibles de modificarse, en la mayoría de los casos con mínimos requerimientos de insumos. Por ejemplo distancias de siembra, número de plantas por sitio, aumento o disminución de

MS

fertilizantes o dosis de plaguicidas, modificación en fecha de siembra.

- Corresponde a la tecnología que no tiene en el momento el agricultor y que dada su potencialidad en incrementos de rendimiento es necesario llevarla al agricultor. Ejemplo fertilizantes y plaguicidas que no los conocía.

Existen otros criterios específicos que es conveniente tenerlos en cuenta.

- En primer lugar es necesario advertir que se está suponiendo que la T.L.P. se ha recolectado en forma correcta y que los conjuntos productivos y sistemas de producción se encuentran convenientemente escogidos de acuerdo al porcentaje de área y número de agricultores.

Para las posteriores actividades será necesario tener en cuenta los siguientes criterios.

- Evaluar los componentes que se van a trabajar en los ajustes tecnológicos, relacionándolos con el posible incremento de producción al que se espera llegar si se adopta la tecnología y relacionándolo con las implicaciones que esto conlleva.

Ejemplos :

- Control de malezas cuando estas se utilizan para alimentación de ganado.
- Variedades mejoradas, cuando estas no se adaptan a las condiciones de asociados o cuando al buscar variedades precoces el tiempo que se gana no es posible aprovecharlo en otra actividad.
- Control de plagas cuando estas no son limitantes o cuando se co-

rre el riesgo de acabar con la fauna benéfica.

- Fertilización con materia orgánica cuando esta no se consigue en la zona o es muy costosa.
- Control de plagas, enfermedades o malezas con productos que no se consiguen en el mercado o que aún se encuentran en experimentación.
- Inclusión de cultivos con graves problemas de mercadeo.

Para medir la posibilidad de aumento en el rendimiento será necesario balancear la tecnología disponible y la adoptada. Existen ciertos cultivos para los cuales se tiene mucha información técnica y para los cuales posiblemente con planes de transferencia se puede incrementar los rendimientos. En cambio hay otros cultivos o arreglos con muy poca tecnología disponible y en ellos posiblemente se deberá hacer mayor énfasis.

Es conveniente insinuar que cuando se dice suficiente tecnología disponible, se está asumiendo que es aplicable a la zona de trabajo ya que si esta condición no se da será necesario ajustarla.

- Es necesario al planear los ensayos de ajuste tecnológico contar con el criterio del agricultor, ya que las respuestas de ellos a las mismas son diferentes de acuerdo a los costos de producción, a la demanda de crédito y mano de obra, al precio de venta del producto, a las ganancias y a los riesgos.

El criterio anterior es necesario tenerlo en cuenta en la misma planeación del experimento, ya que su diseño debe permitir el análisis económico en diferentes situaciones lo cual a su vez permitirá dar recomendaciones o alternativas de producción de acuerdo

do a los diferentes niveles de capital que se quiera invertir.

De acuerdo a las disponibilidades técnicas del Distrito, es posible manejar un solo factor controlable o varios al mismo tiempo. En ambos casos es indispensable combinar el criterio del agricultor y criterio técnico. Por un lado debe seleccionarse el o los factores controlables en los cuales se encuentre interesado el agricultor, esto permitirá asegurar la adopción de la tecnología. Por otro lado debe existir el criterio del técnico, el cual será necesario para definir cuales de los factores debe indispensablemente combinarlos o cuales se los puede manejar solos. Es evidente que existiendo diseños de tratamientos que permiten trabajar varios factores al mismo tiempo debería preferirse estos, con lo cual no solamente se ganaría tiempo, sino que posiblemente se estaría captando mejor la realidad de la zona.

El ajuste tecnológico debe planearse hasta medir las consecuencias si se llega a adoptar. Por ejemplo si con cierta tecnología se ahorra mano de obra, en que podría aprovecharse o en caso contrario si se manda más mano de obra de donde se va a obtener. En el caso de control de malezas cuando estas son utilizadas para alimentación de ganado, aunque es difícil que el agricultor lo acepte, deberá pensarse en cuales serían las alternativas para sustituir esa alimentación.

Los anteriores criterios de selección de problemas aparentemente son muchos, pero es indispensable por lo menos tenerlos en cuenta para una correcta planeación de ensayos. No se han mencionado ni en forma cronológica ni en forma prioritaria ya que estas condiciones se dan de acuerdo a la región y de acuerdo a los criterios predominantes ( técnicos o políticos ) en una época determinada.

No se ha mencionado tampoco prioridades respecto a los factores

controlables en los cuales es necesario trabajar. Todos son realmente importantes y la decisión que se tome al respecto obedecerá a los criterios que tenga el nivel nacional, el Distrito y a las disponibilidades de capital, insumos y mano de obra en cada frente de trabajo.

## BIBLIOGRAFIA

1. ANONIMO. Guía detallada para una evaluación rápida del sistema de producción como base para el diseño de alternativas tecnológicas apropiadas. En Curso sobre Ajuste de Tecnología en Maíz ICA-CIAT. Popayán 1980. sp.
2. ANONIMO. Posibles aplicaciones de los resultados de la encuesta entre productores de maíz de las provincias de Imbabura y Pichincha para la investigación en producción. En Curso sobre Ajuste de Tecnología en Maíz - ICA-CIAT. Popayán. 1980. sp.
3. COBOS, A.; GONGORA, S. Una metodología para identificación y análisis de sistemas de producción agropecuarios en áreas de pequeños productores. Bogotá. Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. Bol. No. 61. 1977. 77 p.
4. GONZALEZ, R.; ZANDSTRA, H. Filosofía de la investigación en la producción agrícola del pequeño agricultor. Bogotá, Instituto Colombiano Agropecuario - ICA - 1977. 34 p.
5. WINKELMANN, D. La adopción de la nueva tecnología de maíz en el Plan Puebla, México. México. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo - CIMMYT. 1976. 27 p.

## PASOS A SEGUIR EN LA PLANIFICACION DE EXPERIMENTOS AGRICOLAS EN FINCAS\*

### INTERROGANTES PRINCIPALES

José Hiriam Tobón C. \*\*

#### 1. INTRODUCCION

Los técnicos al igual que los agricultores reclaman demostraciones y se plantean interrogantes sobre la aplicabilidad de nuevas tecnologías recomendadas.

Los ensayos experimentales ubicados en las fincas de los agricultores requieren de procedimientos y metodologías adecuadas y a veces muy diferentes si se efectúan éstos en un Centro Experimental, para cumplir un objetivo múltiple.

Tobón y Correa (1/) habían señalado algunas sugerencias para el manejo de ensayos agrícolas en Areas de Desarrollo Rural, las cuales seguirán válidas en ese aspecto.

Ahora se pretende sentar las bases para diseñar una metodología técnica para los aspectos de delimitación de las regiones en estudio, el número de fincas necesarias, sistemas de selección de fincas, determinación de si se requieren o no parcelas testigos, tipos de ensayos experimentales, y consecuentemente adicionar diseños del plan de experimentación y de toma de datos y registros.

---

\* Contribución al Curso sobre "MANEJO DE ENSAYOS AGRICOLAS EN AREAS DE DESARROLLO RURAL". Centro de Capacitación La Selva Rionegro, Antioquia, Colombia. Mayo de 1981.

\*\* I.A. M.S. Productividad de Suelos. ICA Rionegro Antioquia, Colombia.

Nuestra mesa redonda discutirá sobre los anteriores subtemas y esperamos recoger la experiencia de los participantes para que posteriormente la División de Asistencia Técnica Estatal y la Subgerencia de Desarrollo Rural diseñen la metodología necesaria.

Nuestra contribución a la mesa redonda es una serie de sugerencias e interrogantes sobre estos subtemas.

## 2. PLANEACION DE EXPERIMENTOS

En general los programas de Asistencia Técnica operan a través de dos organizaciones bien reconocidas: Un Centro o Estación Experimental y un Servicio de Extensión y todos conocemos sus funciones y definiciones. Estas definiciones tienden a oscurecer una fase vital en el proceso de avance de la agricultura: El complejo mecanismo de ensayos demostrativos y de experimentación que van más allá de la investigación básica o de Centro Experimental y que son necesarios antes de que una práctica mejorada pueda ser recomendada a los agricultores.

Podrá este complejo cumplirse con el solo establecimiento de Subestaciones o de fincas experimentales adecuadamente explotadas, o con los organizaciones comerciales de insumos y semillas ?

Cuáles serían los peligros de una investigación experimental en fincas, cuando se tiende a medir la aplicabilidad de una práctica ?

Cuándo se harán ensayos a nivel de finca ?

Cuáles serán los pasos básicos del plan de experimentos de finca ?

Cuál será el tiempo de duración de este tipo de ensayos en una finca o región ? Qué factores determinarán esa duración ?

### 3. DELIMITACIÓN DE REGIONES

En la investigación convencional el técnico debe preocuparse de comparar un número de prácticas - algunas veces en gran número - y de medir exactamente las respuestas. Por estas razones, generalmente, él establece sus ensayos en parcelas replicadas o repetidas en una o más áreas experimentales.

El asistente técnico tiene una situación diferente, por lo general, el técnico comienza con varias prácticas de cuyos efectos benéficos tiene una certeza razonable teórica o sugerida, y trata de determinar su aplicabilidad a las fincas de su área de trabajo. Así valdría la pena preguntarnos.

Pueden los ensayos en finca determinar las condiciones del área? Ejemplo: Determinar la respuesta promedio a la aplicación de fertilizantes en un cultivo.

De qué depende la validez de la respuesta?

Cómo delimito las regiones donde es o no necesario modificaciones, por ser iguales o diferentes al Centro Experimental?

Las variaciones en manejo pueden ocasionar variaciones en las recomendaciones; si así fuere cómo separarlas?

Qué decidirá el enfoque de investigación en la región dada?

Cómo medir la consistencia de un beneficio económico para agricultores individuales cuando adopten una práctica?

Qué criterios permitirían subdividir las regiones?

#### 4. NUMERO DE FINCAS

Cuántas fincas pueden usarse para un ensayo demostrativo y cuántas para un experimento de finca ?

Será suficiente un buen ensayo en una sola finca ?

Es el promedio de rendimiento una buena guía para recomendación ?

En el Oriente Antioqueño frecuentemente hemos encontrado que una práctica A en maíz nos da producciones de grano muy bajas de 1 tonelada y muy altas de 5 toneladas.

Sin embargo otra práctica B nos está dando rendimientos tan bajos como 2.4 toneladas y tan altos como 3.6 toneladas. Cuál práctica recomendaría con mayor seguridad ?

La variación en aumento esperado hará variar el número de fincas necesarias ?

Cómo usaría y mediría la variabilidad de localización ?

Cuál será el número mínimo de repeticiones por finca necesarios ?

Podrá seleccionarse una sola finca típica para hacer el ensayo ?

#### 5. SELECCION DE FINCAS

El objetivo del ensayo experimental es el de obtener una respuesta aplicable a todas las fincas de la región, sin embargo es imposible que todas las fincas participen en el ensayo.

Con qué criterios básicos se escogerán las fincas participantes, Qué ca

114

características deben reunir ?

Qué será necesario seleccionar: fincas típicas, o fincas promedio o un rango de fincas ?

Qué es más importante: la variabilidad de los resultados o el promedio de los mismos ?

Cuál será el único procedimiento válido de selección de fincas ?

Cuál será el procedimiento práctico de selección de fincas, que envolverá el peligro de parcialidad en la aplicabilidad de los resultados ?

Qué importancia tendrá el cálculo más exacto del número de fincas ?

Qué datos necesitaría y de que depende el sistema a usar ?

## 6. . PARCELAS TESTIGO

Las parcelas testigos son muy frecuente o casi no faltan en un experimento de campo.

En los siguientes casos cómo debe decidirse sobre la parcela testigo o donde debe ubicarse ?

- A) En ensayos que persiguen la sustitución de prácticas.
- B) Cuando se compara el efecto de un remedio contra plagas y enfermedades en ganado.
- C) Comportamiento de una nueva legumbre en la región.
- D) Averiguar si una práctica desconocida es remunerativa.
- E) Cuando se hace el reconocimiento de una cosecha en un área.

114A

## 7. TIPOS DE ENSAYOS

Existe mucha discusión y duda sobre los tipos de ensayos a ubicar en las fincas de agricultores. Algunos se quejan de la simplicidad ante problemas tan complejos y otros temen el efecto negativo de ensayos muy grandes y sofisticados.

Frecuentemente abusamos de los recursos disponibles (técnicos, humanos). A veces se abusa de la calidad experimental por ser a nivel de finca, o en el mejor caso, el cuidado no es igual a través de todo el desarrollo del ensayo; afectando la precisión de los experimentos.

A veces se usan tratamientos inútiles o se siembran ensayos cuyos resultados no permiten generar tecnología adecuada.

Debe tenerse siempre presente que el tipo de experimento y el diseño que se adopte está en función del tipo de información que se necesite; un diseño óptimo en un caso puede ser pésimo en otro.

Para ensayos en sistemas de producción conviene usar tipos de experimentos diseñados de tal modo que incluyan más de un factor; pero en lo posible no más de 3 a 4 factores a la vez.

Generalmente se trata de determinar la respuesta a cantidades variables de insumos; o se determina el efecto del reemplazo de insumos y/o tecnologías especialmente cuando se está en la etapa de evaluación de sistemas o variantes del mismo.

También en comparación de arreglos espaciales y cronológicos de cultivos y en este caso generalmente se presentan complicaciones de manejo porque pueden resultar diferentes tamaños de parcela.

Qué pasaría si los tamaños de parcela de un mismo experimento difieren mucho entre sí, qué sería recomendable hacer ?

Cuando se estudian diferentes combinaciones de cultivos, la dificultad radica en la posible diferencia en tamaño de parcela, y en duración del ciclo vegetativo de los cultivos y diferencia del tipo de producto.

Cómo se observarían estas diferencias de duración y espacio simultáneamente ?

En los experimentos de arreglos cronológicos a veces debe alargarse la duración del experimento para poder completar un ciclo de cultivos y así cuantas veces sería necesario repetir el experimento, para evitar efectos de azar no típicos atribuibles al clima.?

Cuáles tipos de ensayos se requiere manejar como serie de experimentos ?

#### B. TOMA DE DATOS Y REGISTROS

La experimentación ayuda a tener información en forma planeada de las respuestas a cambio de las condiciones naturales del material objetivo de estudio. Los datos de experimentos agrícolas, deben medirse en la forma más libre de errores posible desde el tamaño de las parcelas y cantidades de insumos hasta las variables de respuesta (rendimiento, al tura, incidencia de enfermedades, etc.).

El error de medición se aumenta por ser procedente de parcelas muy pequeñas.

Qué información incluir dado que es tan costosa la experimentación ? en general podríamos contestar que debe incluirse todo aquello que afecte el desarrollo del cultivo, tanto favorable como desfavorablemente.

La experimentación es costosa, pero si es eficiente puede resultar una buena inversión, ello implica que los datos deben ser eficientemente tomados y consignados.

Es necesario aprovechar al máximo un experimento para obtener máxima información para reducir costos totales en el proceso.

Siempre es conveniente en lo posible, tomarse diferentes variables en un experimento tanto para establecer la respuesta de estos a los tratamientos como para ayudar a explicar el comportamiento de la respuesta.

Quienes han conducido experimentos de campo con agricultores, dentro de una región agrícola, habrán observado cómo los resultados experimentales varían entre sitios o fincas y entre años; y su magnitud de variación está en correspondencia a la medida en que varían, entre sitios y años, los factores de la producción suelo, clima y manejo.

Se hace necesario la capacitación en la toma de datos y el diseño de cuadros de registros que permitan obtener información uniforme y sistemáticamente; que pueda ser analizable en una investigación científica y así convertirse estos datos en información útil a través de un procedimiento de análisis.

Se está estudiando la posibilidad de incorporar estos datos dentro de un archivo dinámico que contenga información de experimentos similares para posteriormente hacer análisis e interpretación conjunta de los resultados.

Un solo experimento no es una entidad autosuficiente. Las series de datos de varios ensayos tienen la ventaja de analizar respuestas a través de gradientes y medir interacciones que puedan ser más importantes que la información que suministra cada experimento solo.

---

1/ Tobón C. José Hiram y Correa P. Sergio. 1977, "Manejo de ensayos en áreas de Desarrollo Rural". Boletín Técnico No. 47. ICA. Subgerencia de Desarrollo Rural. Antioquia - Colombia. 25 p.

IMPORTANCIA DE INVESTIGACION AGROECONOMICA DE CULTIVOS ASOCIADOS.  
ENFOQUES, ACTIVIDADES, Y PRINCIPIOS BASICOS \*

José Hiram Tobón C. \*\*

I. INTRODUCCION

La literatura agronómica se ha preocupado con gran interés en la pasada década con los resultados de investigación en cultivos asociados, a pesar de practicarse desde hace muchos siglos, pero la investigación agrícola no le había dado ninguna importancia. En Colombia conocemos solo dos trabajos de investigación en asociados: Figueroa (2), y Mancini (11) realizados con anterioridad a 1970 y en los demás países los resultados son similares. Así, en México se conocen los autores: Hernández X 1953, Linton 1948, Núñez y Laird 1957 y Peregrina en 1965, de Turrialba Costa Rica Jolly 1958 y Alvin 1969, en Yugoslavia Gerick de 1960, en la India Rao 1960.

No es nuestro interés discutir porque solo hasta 1970 la investigación Agrícola dedica importantes esfuerzos a este tema, quizás solicitados por la presión de desarrollar nuevas áreas agrícolas, por el avance de la extensión agrícola, o por haber encontrado rechazo sistemático de la tecnología por parte de los agricultores minifundistas quienes son los principales practicantes de este tipo de agricultura.

Seguramente en muchas de las áreas de Desarrollo Rural de América Latina, se encontrarán estas formas de producción agrícola; cubriendo áreas de consideración así como el gran número de familias campesinas que dependen eco

---

\* Contribución del Distrito de Desarrollo ICA del Oriente Antioqueño al Curso Internacional de Manejo de Ensayos Agrícolas en Areas de Desarrollo Rural. Centro de Capacitación La Selva. Rionegro Antioquia. Colombia. Septiembre 10 - 21 de 1981.

\*\* Ing. Agrónomo M.S. Productividad de Suelos. ICA Rionegro (Antioquia).

nómicamente de estas formas de producción.

Lo anterior implica que no podremos desconocer esta realidad en nuestra zona tropical, tanto en climas fríos, como en los medios y cálidos; localizados especialmente a lo largo de las Cordilleras Andinas.

Revisaremos los tipos de asociaciones, la tecnología adoptada, los factores agronómicos posibles de estudiar y una orientación general sobre resultados de cultivos asociados que las instituciones de nuestra área están realizando.

## II. IMPORTANCIA DE LA ASOCIACION DE CULTIVOS

Buena parte de los productos alimenticios de consumo interno de los países son producidos bajo condiciones de asociación de cultivos.

Así, en Colombia se estima que el 80% de la producción de frijol es obtenida bajo estos sistemas tradicionales, Tobón (13), en México Moreno citado por Tobón (14) el 40% de la producción de frijol tiene similar origen al de Colombia.

Arnon, citado por Francis(5) señala que el 98% de la producción de caupi, la leguminosa más importante en Africa, se encuentra asociado con otros cultivos alimenticios. En Guatemala el 73% de la producción de frijol se hace en asocio, en Brasil el 80% del frijol está sembrado con otros cultivos. García (8) señala referencias que indican que el 60% del maíz y un 80% del frijol en el trópico latinoamericano se encuentra asociado con otros cultivos.

La magnitud de la producción de alimentos en estos sistemas de siembra seguirá siendo de gran importancia y, aparte de suministrar el alimento de las mismas familias campesinas aportará excedentes para el sector urbano. A largo plazo es difícil predecir que estos sistemas tradicionales de producción de alimentos desaparecerán y ello nos obliga a dedicar especial interés al conocimiento y estudio del mejoramiento de estos sistemas, y

evitar así el rechazo a priori por parte de los programas de investigación agrícola, quienes siempre antes de 1970 estuvieron dedicados en un enfoque total hasta los monocultivos.

Tobón (13, 14, 16) señalaba la existencia de estos sistemas en México, Centro América, Ecuador, Colombia, Brasil, Perú, así mismo algunas evidencias que indicaban la necesidad de ajustar o revisar las investigaciones y recomendaciones generadas en base a monocultivos antes de extrapolarlas a los sistemas de asociación de cultivos. En la actualidad en Colombia el ICA ha dedicado esfuerzos en seguir estos estudios en varios cultivos y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) es quien ofrece el mayor aporte de ensayos agronómicos sobre la asociación maíz/ fríjol y yuca/ fríjol en varios países; son también sobresalientes los análisis agroeconómicos (1, 5, 6, 7, 8, 10, 12). En el Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza CATIE (3), su departamento de cultivos y suelos tropicales inició en 1973 un proyecto de investigación denominado "Desarrollo de sistemas de producción agrícola para el trópico", con miras a obtener un método de analizar y seleccionar las diferentes alternativas en cuanto a uso de la tierra en fincas pequeñas de América Central.

Burgos (2), describe el bosquejo de la metodología seguida por CATIE, en lo referente a contactos internacionales, diseño de ensayos en fincas, clasificación del medio ambiente e interpretación de resultados, además de otros aspectos.

Otras instituciones aunque no ubicadas en América, es importante revisarlas como aporte para mejorar nuestra capacidad de diseño de estudio sobre asociados. Son El IRRI, en los Baños Filipinas, especialmente el programa de diversificación de cultivos para el semestre en que no se siembra arroz. También el IITA en Ibadan Nigeria, en estudios de suelos, el ICRISAT en Hyderabad, India, con estudios del uso eficiente de humedad limitada, con cereales y leguminosas en asocio y en rotación.

### III. TIPOS DE ASOCIACIONES Y ALTERNATIVAS

Tobón (14, 15, 16, 17), describía y clasificaba los sistemas agrícolas del Oriente Antioqueño en términos de asocio (X), relevo (—) e intercalado(//) con los símbolos entre paréntesis que facilitarían la escritura.

Define varios arreglos ( distribuciones en espacio y tiempo de dos o más especies en un terreno así:

A) Cultivos asociados (X): cuando dos o más especies de cultivo se siembran en un terreno en el mismo sitio y día y compiten altamente durante todo el tiempo o parte del ciclo vegetativo por agua, luz y nutrientes.

Ejemplo maíz x frijol, papa x frijol.

B) Cultivos de relevo (—): cuando dos o más plantas de cultivo se siembran en un terreno, en igual o diferente sitio de siembra, pero sí, con varios días de diferencia en la época de siembra.

Este período entre las siembras permite que uno de los cultivos se desarrolle solo durante una parte de su ciclo vegetativo. La competencia por agua, luz y nutrientes disminuye con respecto al arreglo de asocio.

C) Cultivos en intercalado (//): cuando dos plantas de cultivo se siembran en un terreno pero en diferente sitio, coincidiendo o no las épocas de siembra. Generalmente cada planta debe ser fertilizada por separado, es decir, están en diferente surco.

D) Arreglo múltiple: cuando se sucedan más de dos cultivos en más de dos arreglos diferentes.

Francis (5) y García (8), señala que en el Simposio de la Asociación Americana de Agronomía (ASA) en 1975 en Knoxville Tennessee (EUA), acordaron una serie de terminología para describir los varios sistemas de cultivos asociados, CIAT y CATIE han adoptado diferentes clasificaciones, siendo los de mayor frecuencia mencionado el asocio, el relevo y el intercalado; mixtos, en fajas, dobles, o cultivos intensivos.

Según la terminología antes mencionada, cabría una gama muy amplia de posibilidades y alternativas, dentro de las cuales existirán en un extremo cultivos en serie, o un traslape parcial o relevo de cultivos y en el otro extremo, de una siembra simultánea de los cultivos.

Las características generales de estos sistemas parecen ser la mayor intensidad de uso de la tierra, del escaso capital y aprovechamiento al máximo del clima en términos de lluvia y luminosidad.

Es conveniente pensar en la necesidad de seleccionar, clasificar, ubicar y priorizar por regiones la presencia de estos sistemas de producción de cultivos en asocio a fin de organizar futuros programas de investigación y Ajuste de Tecnología.

Su complejidad y diversidad hacen imposible en gran parte el estudio completo de todos los arreglos. En las primeras etapas de la investigación regional quizás no sea conveniente inventar nuevos arreglos sin conocer la potencialidad agronómica de los existentes y la susceptibilidad de mejorarlos para aumentar los rendimientos de las especies en asociación.

#### IV. PRINCIPIOS FUNDAMENTALES Y FACTORES AGRONOMICOS A ESTUDIAR

Varios autores Hernández X (9), Francis (5, 6), y otros: 10, 12, 14, 16, señalan que varios factores agronómicos se incluyen en los principios fundamentales de la asociación de cultivos.

Hernández X, indica los aspectos culturales y sociales de su práctica. Francis (5) menciona los factores patológicos, entomológicos, agronómicos, genéticos, Laing (10) describe algunos factores fisiológicos y Thung (12) los agronómicos y de suelos.

Las relaciones fisiológicas en asociación de cultivos pueden ser más complejas en su determinación, estudio y análisis que si se toman en cultivos por separado. El mismo sistema de cultivo posiblemente hará exigencias a

las especies en su habilidad para hacer fotosíntesis aún en condiciones de escasez de luz, o habilidad radicular para captar la mayor extracción de nutrientes del suelo, o soportar las competencias de agua. En otros términos, quizás las especies necesitan cierta altura, cierta estructura en su morfología foliar, y radicular, o ciertas habilidades para ganar en condiciones adversas. Por ejemplo: Una buena habilidad trepadora de una variedad de frijol, o una especie o variedad capaz de soportar bajos niveles de humedad y exigir pocos nutrientes.

Laing y otros (10) presentan resultados de estudios sobre factores fisiológicos que limitan el rendimiento de frijol común, buscan ideotipos de frijol según el sistema de producción, estudian efectos de siembra.

La preocupación es buscar como aprovechar al máximo los recursos disponibles durante el ciclo de cultivo.

En cualquiera de los arreglos antes señalados de asocio, relevo e intercalado existirá competencia por factores de producción, pero se trata que la ganancia neta total del sistema sea máxima.

Quizás, estudios basados únicamente en estimación del rendimiento por especie no permitan conocer las ventajas o desventajas de los sistemas.

Algunos aspectos desventajosos pueden valorarse y sustituirse por otras ventajas importantes dada ciertas condiciones especiales de los productores. Por ejemplo: la altura de la planta de maíz es desventajosa para la mecanización, igualmente no permite aumentar la densidad de población y su rendimiento en grano es bajo y el período vegetativo es largo, pero dado que los agricultores no podrán mecanizar ni la siembra ni la recolección; su altura pierde valor como desventaja y ofrece oportunidad de dar mayor soporte no solo por la altura, sino por la resistencia de la caña como tutor y el largo período vegetativo puede utilizarse en los sistemas de relevo sin necesidad de conseguir tutores artificiales.

CIAT, CATIE e ICA, han venido insistiendo y demostrando que la incidencia de plagas y enfermedades es menor en asociados que en monocultivos lo que traería gran importancia para una población de productores de escasos re-

122

cursos económicos, sin campos adecuados de aplicación, y ubicados viviendo dentro de los mismos predios rodeados de cultivos, aumentándose así el peligro de toxicidades y envenenamientos.

Quizás se confundan las ventajas y desventajas con otros enfoques como la diversificación de cultivos que persiguen fines diferentes y esto último podría lograrse no necesariamente con asociación de cultivos.

Los problemas agronómicos han sido referidos básicamente a producción; a veces descartados por ser estos inferiores a los respectivos rendimientos de la especie sembrada en monocultivo. Cuando los sistemas asociados capten mayor tecnología y mayores insumos, su comportamiento dependerá principalmente de la interacción de los cultivos involucrados. Tobón (14) muestra efectos de esta interacción en sistemas de relevo papa — maíz al variar solo épocas de siembra, Thung (12) busca la comprensión de estas interacciones de yuca y frijol en investigaciones con épocas relativas de siembra, densidades de población, influencia de genotipos y competencias por luz.

El aspecto genético jugará un papel importante hasta el presente en Antioquia, por ejemplo: los materiales mejorados ofrecidos antes de 1970 para monocultivos no brindaron oportunidad de mejorar el rendimiento de maíz y frijol. Fue necesario solicitar a partir de 1974 se generaran variedades a partir de los seleccionados por los mismos agricultores, pues estos habían presentado las principales ventajas dentro de estos sistemas. Aún en 1978 y hasta el presente, no se ha encontrado frijoles que superen ampliamente en todos los factores agronómicos la variedad criolla de frijol car gamanto. Algunos superan en rendimiento pero tienen problemas de adaptación, a factores adversos y el principal: su muy menor valor comercial (a veces a mitad o a la tercera parte del valor del criollo). Otros han demostrado rendimiento satisfactorio a nivel de Centro Experimental pero no lo mismo en condiciones de fincas de agricultores.

Nuestra responsabilidad, si bien, no será la de producir estos materiales, debemos estar preparados y con suficiente información técnica que permita solicitar y justificar ante los fitomejoradores la producción de ciertas variedades con las características deseadas para estos sistemas.

Otro aspecto importante de la evaluación de estos sistemas es la fertilización. Estas especies muy seguramente se han desarrollado durante muchos años en suelos de muy baja fertilidad y con mínimo aporte de fertilizantes químicos y correctores del suelo, por la condición de ubicación y de capacidad económica de sus productores. Deben ajustarse dosis de fertilizantes para los asociados y no necesariamente adoptar las obtenidas para el monocultivo.

Los aspectos de fitopatología y entomología, desafortunadamente no han sido muy estudiados en estos sistemas y se conocen relativamente muy poco orientado a mejorar el sistema; más bien parece que no son el principal factor limitante. El uso de pesticidas por parte de estos agricultores es relativamente reducido y de baja toxicidad, pero quizás al aumentar las áreas sembradas los problemas cobren mayor importancia. Será la responsabilidad de los técnicos en ajuste de tecnología diseñar métodos de muestreo que indiquen el comportamiento de los sistemas, de sus especies ante la mayor incidencia de plagas y enfermedades. Ser vigilante de los fenómenos de preferencia de insectos por ciertas plantas o variedades de la misma y la susceptibilidad de nuevos materiales genéticos que harían crecer la incidencia de un patógeno.

## V. COMPATIBILIDAD - COMPETENCIA Y COMPLEMENTACION

### A. COMPATIBILIDAD

Para el éxito de un sistema asociado se requiere que exista cierta compatibilidad de las especies asociantes. ¿Cómo seleccionarían los agricultores estas especies ?

Seguramente el método de prueba y error a través de los años lo indica. También podríamos suponer que su compatibilidad no es la mayor y podrían lograrse mejores combinaciones. Parece que estas especies escogidas presentan hábitos de crecimiento, diferente exigencia en luz y CO<sub>2</sub>, y nutrientes. A veces tienen diferente sistema radicular.

En Colombia, en varias zonas del país, donde se practican estos sistemas parecía encontrarse que las especies en asocio, no sufrían las mismas enfermedades (causadas por el mismo patógeno), cuando se presentaban enfermedades en ambas, una de las especies requería el mayor control, el cual también con

trolaba las enfermedades menos virulentas de la otra especie. A veces una de las especies soporta más la deficiencia de luz que la otra y finalmente podría pensarse que las labores de siembra no eran incompatibles con la forma, herramienta y época en que se hicieron.

La compatibilidad debe pensarse hasta en el sistema mismo con respuesta a la finca.

## B. COMPETENCIA

Cuando las plantas se siembran en proximidades de espacio y de tiempo puede resultar en una competencia interespecífica para un recurso limitante y como consecuencia, el rendimiento de una de las especies será menor en general en este sistema que si fuera sembrado en monocultivo.

La variación de un factor de producción influirá en el crecimiento y desarrollo de las plantas y resultará en una ventaja selectiva de uno de los cultivos sobre el otro (8).

La competencia entre especies ha sido estudiada por factores como luz, nutrientes, agua, CO<sub>2</sub>, Tobón (16). En una serie de ensayos en el CIAT y en CATIE se han estudiado algunos factores y variaciones en el sistema de frijol x maíz y se ha comprobado este sistema con los respectivos monocultivos, Francis (6). Aunque en la evaluación de la información sólo son válidos sus resultados para un solo sistema en una sola localidad, sin embargo, los métodos que se utilizan para llegar a estas conclusiones son los mismos que se podrían utilizar para estudiar otros arreglos.

Así, es de suma importancia aprender, que el éxito de la sociación de cualquier arreglo o relevo o intercalado, puede depender decisivamente en la relación de fecha relativa de siembra de los dos cultivos en la misma área.

Thung (12), analiza competencia en yuca// o x frijol para el factor luz y CO<sub>2</sub> y considera que las especies que se pueden cultivar más exitosamente en el sistema asociado, son los que presentan diferentes alturas de cobertura foliar. Es necesario conocer la fase crítica del crecimiento, en donde el sombreado puede afectar significativamente el rendimiento del cultivo.

125

La fase crítica del frijol es durante la floración, y la de la yuca durante los primeros estados.

El sombrero del frijol durante la floración disminuirá el rendimiento significativamente y el sombreamiento de la yuca durante los primeros dos meses de crecimiento redujo su rendimiento en un 50%.

Es importante conocer y evaluar las prácticas que hacen los agricultores en las diferentes zonas para ayudar a la captación de luz. Tobón (15), señala como los agricultores en el sistema maíz — frijol voluble cargamanto eliminan las hojas bajas del maíz hasta el inicio de la inserción de la mazorca, cuando ésta se encuentra en madurez fisiológica para facilitar la penetración de luz y aereación para el cultivo de frijol.

La competencia también puede presentarse entre las raíces que afectaría la toma de nutrientes y de agua del suelo.

Algunos nutrientes junto con el agua tienen mayor movilidad que otros. Ejemplo agua y nitratos VS potasio y fósforo, hecho que variará la tasa de absorción; así, aquí importa conocer cuando se inicia la competencia radical.

### C. COMPLEMENTACION

La complementación evidenciada y sugerida inicialmente por Moreno y Turrent citados por Tobón (14) y estudiada más recientemente por Lanig (10), Francis (6) y otros consiste, en que los sistemas asociados pueden superar a los rendimientos individuales de las especies obtenidas en sistemas de monocultivo. Así, lo reportó Moreno y Turrent en ensayos realizados en Puebla, negando así, la teoría de que siempre se presentaría competencia en asociados. Recientemente en el Oriente Antioqueño, a nivel comercial los rendimientos de frijol cargamanto en relevo son superiores a monocultivos con igual densidad de población.

Indica lo anterior que el maíz es el mejor soporte y facilita tempranamente la acción trepadora del frijol, sin causar costos adicionales, ni daños o disturbios al cultivo por la envarada artificial.

Igualmente las prácticas de encaballenado del maíz, permiten una buena cama, bien drenada para el desarrollo del frijol y los costos de preparación del terreno es mínima.

También la complementación puede entenderse como aporte de nutrientes de una especie a la otra; ejemplo: la fijación de Nitrógeno por las leguminosas favorecería el desarrollo de las gramíneas, o de otras especies como papa, yuca o café.

Son muy desconocidos los efectos de la acción radicular sobre los diferentes microorganismos del suelo que modificarían la disponibilidad de nutrientes, y así, una especie favorecería a la otra haciendo asimilables nutrientes que la otra planta se le dificultaría en tomar, por no presentar las mismas enzimas o sustancias transformadoras.

El tamaño, la altura y el grosor pueden favorecer el desarrollo de otra especie, no solo en aspecto de soporte como tutor sino en permitirle mayor expansión del área foliar. Quizás pudiera pensarse, Tobón (14) que entre ambas especies se genera un microclima especial que defiende a un cultivo sobre cambios bruscos de temperatura y humedad; así en 1971 en un experimento de sistemas de producción de asociados el frijol solo sufrió pérdida total de rendimiento por exceso de lluvia y de una helada, sin embargo el frijol asociado con papa no sufrió esta pérdida total de rendimiento considerándose igual a otros ensayos que no sufrieron por estos factores.

La competencia de la asociación hacia la invasión malezas podría tomarse como una complementación.

La proximidad de cultivos de diferentes especies pueden ejercer cierta protección de uno respecto a otro en lo referente al ataque de insectos y como barrera a la diseminación de una enfermedad.

La mayor consistencia del área foliar de una especie con respecto a la otra puede favorecer a la más frágil de la dispersión de CO<sub>2</sub> por acción del viento o quizás favorezca una de las especies contra el acame o volcamiento.

127

## VI. EVALUACIONES POSIBLES A NIVEL DE FINCAS

Según lo esbozado antes, debe procurarse la participación activa y decidida de los programas de Investigación Nacional, a fin de usar el máximo de recursos que permitan estudiar la complejidad de estos sistemas; pues, a corto y mediano plazo estos sistemas continuarán jugando papeles de importancia en la nutrición del pueblo.

Es necesario desarrollar tecnologías más apropiadas que mejoren los rendimientos de estos sistemas. El conocimiento debe enriquecerse en todas estas relaciones, comprobar varias suposiciones y propiciar nuevos enfoques y estrategias de investigación que brinden resultados a corto plazo.

Mucha de la investigación básica no va a ser posible desarrollarla a nivel de finca y requerirá del manejo y estudio desarrollado en Centros Experimentales y analizado por expertos en diferentes disciplinas.

Debe corresponder a los técnicos de Desarrollo y de Asistencia Técnica generar metodologías que permitan priorizar estas necesidades de investigación. Para ello deben conocerse lo más completo posible los cultivos y su comportamiento en la zona. Conocer también la potencialidad del suelo, del clima y del sistema en sí. Conocer los factores más limitativos. Se necesita cuantificar los problemas a fin de poderlos presentar a la investigación y evitar que muchos resultados de investigación no causen ningún impacto en la producción, porque realmente no solucionan los problemas del cultivo. No es posible dar una guía exacta sobre el método a seguir debido a la gran variedad de sistemas y condiciones de producción diferentes que se dan en el trópico, aparte de las diferencias existentes en recursos físicos y humanos en las diferentes regiones.

El diseño de ensayos sencillos, evitando que la complejidad sobrepase la capacidad analítica del equipo de trabajo de cada zona, aumentarán el conocimiento de los técnicos sobre el comportamiento de estos sistemas y podrán generarse nuevas ideas. Se sugieren estudios de:

- a) Densidades de población entre especies.
- b) Rendimiento de asociaciones VS monocultivos bajo igualdad de condiciones.

128

- c) Observaciones sobre la incidencia de plagas y enfermedades en diferentes sistemas.
- d) Evaluación de genotipos muy promisorios bajo las condiciones de siembra de los agricultores.
- e) Sistemas de selección de arreglos más prioritarios.
- f) Estudios de épocas relativas de siembra.
- g) Estudios de niveles de fertilización.
- h) Evaluación de prácticas comunes de los agricultores que aparentemente no tienen mucha significación en rendimiento.
- i) Resistencia de tutores o soportes.
- j) Potencialidad de los sistemas asociados.
- k) Eficiencia en el uso de la tierra y el agua de lluvia disponible.
- l) Estudios económicos de ingresos netos de los sistemas.
- ll) Evaluación de materiales genéticos de los productores.
- m) Evaluación de sistemas, distribución regional, causas de su distribución.
- ñ) Comprobación de resultados mediante ensayos en fincas de agricultores que permitan estudiar la adaptabilidad o compatibilidad de la recomendación con el sistema y los demás arreglos de la finca, principalmente desde el punto de vista económico.
- o) Análisis de rentabilidad de la producción y la seguridad de la cosecha.
- p) Estructura de los costos de producción.

Las referencias bibliográficas que hemos citado contienen ellas mismas un buen número de citas de trabajos, diseños experimentales, resultados, en varias partes del mundo, que deben servir de documentación y de orientación en la elaboración de un programa de ajuste de tecnología sobre sistemas asociados. Con fortuna, en la actualidad la literatura en este aspecto está más difundida y se ha avanzado más en la comprensión, el conocimiento, en aceptar la importancia del tema y en el apoyo decidido de los Programas de Investigación.

129

## B I B L I O G R A F I A

1. ALVAREZ, C. 1976. Análisis económico de algunos sistemas de producción de frijol en Colombia, 1974 - 1975 CIAT Cali, 25 p. (Mimeografiado)
2. BURGOS CARLOS. 1977. Bosquejo sobre la metodología seguida por CATIE en la ejecución del Proyecto de sistemas de cultivo para pequeños productores. CATIE Turrialba Costa Rica. 29 p.
3. CATIE. 1976. Primer Informe anual (1975 - 1976). Sistemas de cultivo para pequeños productores. 30 p. Turrialba, Costa Rica.
4. FIGUEROA, O.F. y J.V. PEREZ. 1956. Algunos estudios sobre el cultivo asociado de frijol de enredadera y maíz. Tesis profesional. Universidad de Caldas. Manizales. Caldas, Colombia, 52 p.
5. FRANCIS, C. A. 1977. Frijol/ Maíz: Principios de la Asociación y prioridades en la investigación En: Curso intensivo de producción de frijol. CIAT Cali, Colombia. Abril 18/77. 11 p.
6. FRANCIS, C. A. y PRAGER M. 1977. Factores Agronómicos de la Asociación Frijol/ Maíz. En: Curso intensivo de producción de frijol. CIAT Cali, Colombia. Abril 18/77. 21 p.
7. FRANCIS, C. A., FLOR C. A. y PRAGER M. 1977. Contrastes agroeconómicos entre el monocultivo de maíz y la asociación maíz - frijol. En: Curso intensivo de producción de frijol. CIAT, Cali, Colombia. Abril/77. 23 p.
8. GARCIA M. SUSANA. Sf. Principios básicos de la asociación de cultivos. En mimeógrafo. CIAT. Cali, Colombia. 12 p.

9. HERNANDEZ X. E. 1953. Comentarios acerca de algunos estudios realizados con el objeto de observar el comportamiento de cultivos asociados. Agric. Téc. México. Vol. 2:4
10. LAING DOUGLAS, RESTREPO J. ZULUAGA S. sf. Factores fisiológicos que limitan el rendimiento del frijol común (Phaseolus vulgaris L.) Mimeógrafo. CIAT, Cali, Colombia. 13 p.
11. MANCINI, M. y CASTILLO M. A. 1960. Observaciones sobre los ensayos preliminares en el cultivo asociado de frijol de enredadera y maíz. Agricultura Tropical, Vol. 16. Colombia
12. THUNG M. 1977. Antecedentes fisiológicos y agronómicos para cultivar la yuca y el frijol en asociación. EN: Curso intensivo de producción de frijol. CIAT, Cali, Colombia. Abril/77. 13p.
13. TOBON C. J. HIRIAM. 1972. Algunos aspectos sobre cultivos asociados. Seminario Colegio de Postgraduados. Chapingo, México, 15p.
14. \_\_\_\_\_. 1974. Comportamiento de algunos sistemas tradicionales a varias prácticas de producción en el Oriente Antioqueño. Colombia. Tesis M.S. Colegio de Postgraduados de Chapingo México. 149 p.
15. \_\_\_\_\_. 1975. Sistemas tradicionales del cultivo de frijol En: Curso sobre producción de frijol. ICA, Medellín, Colombia. 7 - 21 p.
16. \_\_\_\_\_. 1975. Algunos aspectos de investigación agronómica de cultivos asociados. ICA, Medellín. Boletín de Divulgación No. 26. 27 p.
17. \_\_\_\_\_. 1978. La papa (Solanum Tuberosum) como cultivo asociado. En: El cultivo de la papa, Compendio No. 24 ICA, Medellín, Colombia. p: 267 - 277.

# ALGUNOS ASPECTOS DE LA INVESTIGACION EN CULTIVOS ASOCIADOS EN COLOMBIA

Por: Carlos Tarazona B.\*  
Ing. Agr. M.S.

## 1. INTRODUCCION

Se estima que alrededor de un 40% de la tierra cultivada en el mundo se encuentra en manos de los agricultores de subsistencia, siendo en Colombia ese porcentaje cercano al 70%. Este trabajo trata de presentar algunos conceptos e investigaciones realizadas en el país en torno a dichos arreglos, discutir los resultados encontrados y analizar sus posibilidades agrícolas y económicas.

Como quiera que las áreas que atiende la Subgerencia de Desarrollo Rural a través de los Distritos de Transferencia de Tecnología, se caracteriza por presentar este tipo de cultivos se evidencia la importancia de que el personal dedicado al proceso de ajuste tecnológico en los Distritos disponga de esta información y la consulte en la elaboración de proyectos y análisis de resultados de ajuste tecnológico.

---

\* Técnico de la División ATEA. ICA

## 2. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA INVESTIGACION EN CULTIVOS ASOCIADOS

Las investigaciones sobre cultivos asociados en el país, son relativamente recientes, produciéndose los primeros resultados en la década de los años sesenta. De ahí que la bibliografía que existe es también reciente y se ha venido incrementando en los últimos años entre otras razones por la importancia que se ha visto en este tipo de arreglos en términos del número de pequeños productores que se dedican a su explotación, que se estima en cerca de un millón de familias mirifundistas que producen alrededor del 55% de los alimentos de consumo directo, ya que cada uno de estos se genera en alguna proporción como cultivo múltiple en opinión de Arias (2). Por otra parte, la investigación en este tipo de arreglos se hace más compleja dadas las características ecológicas del país y la diversidad de modalidades o variantes empleadas por los agricultores. Según Hernández citado por Pantoja (8), solo en el área del Oriente Antioqueño se han identificado más de sesenta sistemas.

En los Departamentos de Nariño, Cundinamarca y Boyacá además del sistema papa - maíz - frijol de enredadera existen otros como cebada y haba; en Nariño se han identificado arreglos de papa - ulloco - haba; oca - haba; maíz - frijol - haba, entre otros. Las investigaciones realizadas hasta el presente en el país y que se han dado a la luz pública, han tenido su origen principalmente en las áreas de influencia de los Distritos de Desarrollo Rural del ICA como trabajos

1324

de Tesis a nivel de Post-grado. En menor grado se conocen algunos trabajos publicados por los Distritos como resultado de la actividad de ajuste tecnológico y excepcionalmente investigaciones realizadas en los Centros y Estaciones Experimentales del país.

De acuerdo con Sarmiento (11), entre las investigaciones adelantadas en cultivos múltiples en el país se han considerado variables modificables como fecha de siembra, fertilización, compatibilidad de especies, competencia, control de plagas y uso eficiente de la tierra. Los datos bibliográficos que se consignan en este documento cubren buena parte de estas investigaciones, los técnicos que han participado en ella y los lugares que las mismas se han llevado a cabo. Se estima que pueden existir otros estudios originados principalmente en los Distritos de Desarrollo Rural que aún no han sido publicados y algunos que por la premura del tiempo con que se hizo la revisión del tema no fueron consultados.

El enfoque investigativo en cultivos asociados toma en cuenta aquellos factores que interactúan o intervienen en la relación de las especies en asociación y con el medio, tales aspectos son:

- Compatibilidad y competencia de las especies
- Resultados de la aplicación de variables modificables en diferentes arreglos.

En este documento se hace referencia a los principales arreglos que han sido materia de investigación.

La denominación de "Cultivos asociados" empleada en este estudio no hace relación solamente a este tipo de arreglo sino de manera general a los diferentes tipos de arreglos predominantes en el país.

### 3. LA COMPETENCIA Y COMPATIBILIDAD EN CULTIVOS ASOCIADOS

Se ha encontrado que las plantas presentan extremada plasticidad respondiendo marcadamente en forma y tamaño a las condiciones ambientales. Cuando dos o más especies crecen asociadas puede suceder que una de ellas sea más exitosa que la otra en asegurar una buena utilización de la luz, el agua y los nutrientes. Pero si estas especies (Por ejemplo, el maíz asociado con frijol) tienen hábitos contrastantes con respecto al follaje, la altura, distribución de raíces, absorción de nutrientes y otras características morfológicas y fisiológicas, puede suceder que estas plantas exploten el ambiente más eficientemente que en cultivo solo según afirma Donald (3).

La competencia puede ocurrir principalmente por factores tales como humedad, nutrientes, luz, oxígeno y  $CO_2$ . Existen relaciones de competencia en las cuales los organismos son mutuamente nocivos e interrelaciones de cooperación en las cuales estos son mutuamente benéficos. Se han encontrado por ejemplo relaciones de cooperación entre las especies asociadas a bajas densidades de población, seguidas de una relación neutral y terminando en una activa competencia conforme la densidad de población de la asociación se incrementa. Son conocidas las relaciones de cooperación por efectos simbióticos en las asociaciones de gramíneas con leguminosas, mediante la exudación de aminoácidos de los nódulos de la leguminosas, que aprovecha la gramínea como fuente de Nitrógeno (16). Se ha encontrado que el éxito competitivo de una planta so-

135

bre un nutriente en las asociaciones depende en cierto grado de la habilidad que cada especie exhiba en usar diferentes formas químicas de los nutrientes. En el caso de mezclas de gramíneas y leguminosas el factor de competencia entre gramíneas es el Nitrógeno, mientras que para las especies leguminosas es el fósforo (3).

Diferentes autores señalan algunas ventajas de los sistemas de asociación o relevo. Algunos de ellos son: Mejor aprovechamiento de la tierra; mejor aprovechamiento del agua, mayor economía de fertilizantes, mejor conservación del medio contra la erosión, mejor control simultáneo de plagas y enfermedades y un mejor uso de mano de obra familiar, entre otros. Exigen sin embargo, condiciones ambientales especiales y cultivo o especies compatibles.

### 3.1 Algunas Investigaciones hechas en el país sobre competencia en cultivos asociados.

Por tratarse de una disciplina más o menos reciente la literatura sobre el tema no es muy abundante. Uno de los primeros trabajos dados en el país fue el de Figueroa (4), quien encontró una correlación negativa entre los rendimientos de maíz y frijol voluble, asociados señalando como factor deprimiente en el rendimiento de maíz la altura de las plantas de frijol voluble. Zuluaga (18), encontró un efecto cooperativo favorable de leguminosas forrajeras hacia las gramíneas por suministro de Nitrógeno.

En el Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, Morales (7) estudió algunos parámetros de competencia en la asociación maíz - frijol. En la Tabla 1, se presentan algunos resultados que permiten observar la influencia de la densidad de población y sistema de control de malezas. Se observa que el número de vainas no es tan afectado por el incremento de la población de las especies, pero sí por el grado de enmalezamiento; igual fenómeno se observa con el número de granos por vaina. El rendimiento de maíz se afecta considerablemente por la presencia del frijol, aunque no significativamente por efecto de cambios en las densidades de población dentro de la asociación.

En igual forma el frijol disminuye los rendimientos en presencia del maíz en forma significativa, pero no apreciablemente por cambios en las densidades de población dentro de la asociación. En general se observa una disminución en los rendimientos producida por enmalezamiento.

En la Figura 1, se muestra el comportamiento de los monocultivos, las asociaciones y el rendimiento total resultante de la sumatoria de las dos especies. El maíz solo mostró una producción máxima de 5.243 y 5.700 Kgs/Ha en las densidades 6 y 4 respectivamente, indicando que la máxima producción se mantuvo entre esas dos equivalencias. El frijol produjo un máximo de 1.777 y 1.780 Kg/Ha con densidades de 6 y 4 plantas/m<sup>2</sup>. Puesto que ambos cultivos tuvieron una producción casi óptima, quiere decir que en términos de densidad estas dos proporciones de población en la asociación son las más indicadas, Tabla 2.

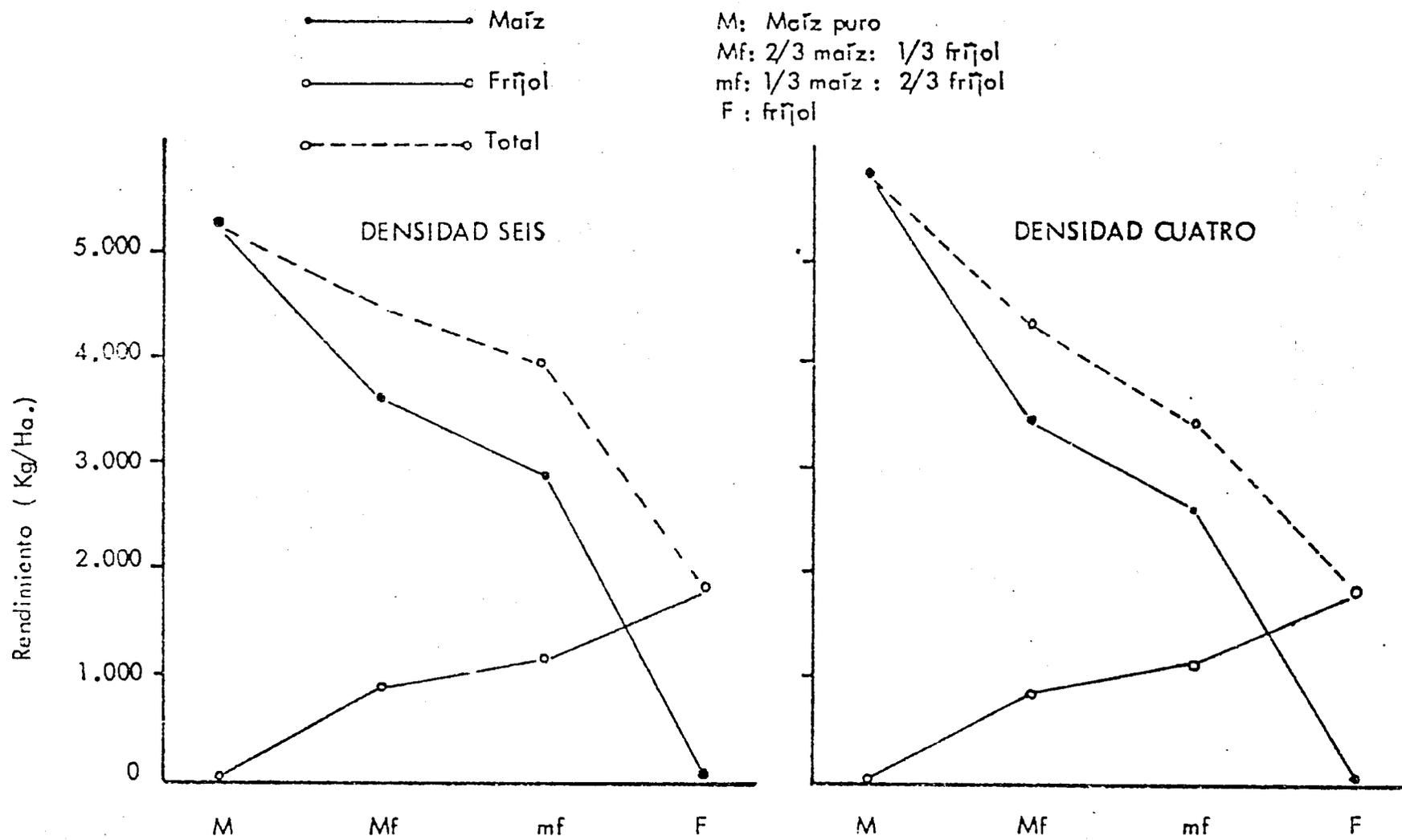


Figura 1. Promedio de los rendimientos en kg/ha en las dos densidades o equivalencias de plantas /m<sup>2</sup>

137A

TABLA 1. Rendimiento de maíz - Fríjol en granos y proteínas bajo varias densidades de siembra y sistemas de control de malezas.

Proporciones Plantas/m <sup>2</sup> Maíz - Fríjol	Sistema de Control	Número de		Rendim. (t/ha.)		Rend. Prot. (kg/ha)		
		Vainas	Granos/ Vaina	Maíz	Fríjol	Maíz	Fríjol	
1	6:0	Una deshierba	-	-	5.02	-	540	-
2	6:0	Dos deshierbas	-	-	5.60	-	627	-
3	6:0	Testigo químico	-	-	5.11	-	563	-
4	6:0	Testigo enmalezado	-	-	2.46	-	270	-
5	4:12	Una deshierba	5.7	1.8	3.28	0.84	352	215
6	4:12	Dos deshierbas	5.5	2.0	3.42	0.84	383	210
7	4:12	Testigo químico	6.6	2.3	4.00	0.80	439	206
8	4:12	Testigo enmalezado	1.7	1.4	1.63	0.14	179	39
9	2:24	Una deshierba	5.1	2.5	2.36	1.16	253	297
10	2:24	Dos deshierbas	5.1	2.1	3.23	1.08	361	270
11	2:24	Testigo químico	5.4	2.3	2.99	1.08	329	278
12	2:24	Testigo enmalezado	2.3	1.8	1.82	0.32	200	89
13	0:36	Una deshierba	5.2	2.2	-	1.68	-	431
14	0:36	Dos deshierbas	5.2	2.4	-	1.86	-	465
15	0:36	Testigo químico	6.4	1.9	-	1.79	-	462
16	0:36	Testigo enmalezado	1.5	1.9	-	0.28	-	78

138

TABLA 2. Promedio del rendimiento en kg/ha basado en la densidad de plantas / m<sup>2</sup>.

Proporciones	Densidad de Plantas/m <sup>2</sup>	Rendimientos			Equivalencia del Rend.**		
		Maíz	Frijol	Total	Maíz	Frijol	Total %
Maíz solo	Seis	5.243	-	5.243	100	-	100
2/3 Maíz: 1/3 Frijol	Seis	3.567	827	4.394	68.03	46.54	115
1/3 Maíz: 2/3 Frijol	Seis	2.860	1.107	3.967	54.55	62.30	117
Frijol solo	Seis	-	1.777	1.777	-	100	100
Maíz solo	Cuatro	5.720	-	5.720	100	-	100
2/3 Maíz: 1/3 Frijol	Cuatro	3.457	833	4.290	60.44	46.80	107
1/3 Maíz: 2/3 Frijol	Cuatro	2.280	1.150	3.430	39.86	64.61	105
Frijol solo	Cuatro	-	1.780	1.780	-	100	100

\* En cada proporción se promedió los tres sistemas de control de malezas, sin incluir el testigo siempre enmalezado.

\*\* Usando el monocultivo con el 100% y basados en la fórmula de Bantilla y Horwood (1973).

138A

De la tabla anterior se puede concluir que no hubo diferencia de equivalencia en rendimiento entre  $2/3$  y  $1/3$  de plantas de maíz en las densidades, pero si entre 4 y 6, siendo superior esta última. También concluyó Morales (7) en su experiencia que el maíz en asocio con frijol presentó una mayor altura, produjo más material vegetal y extrajo más potasio y fósforo que cuando estuvo asociado con malezas. El período crítico de competencia de malezas en la asociación maíz x frijol correspondió a los 20 días de sembrados. Los rendimientos en proteína por hectárea fueron mayores en las dos especies sumadas que en una en particular.

Tarazona (12) trató de ver como influían algunas variables modificables como densidad de población y nivel de fertilización en algunos parámetros del crecimiento de asociación papa - frijol. Encontrando que no hubo diferencias significativas en el peso seco de las plantas de papa por efecto de diferentes densidades de población en la asociación pero si como resultado de la fertilización, siendo estadísticamente significativo el tratamiento 27 - 271 Kg de N y P/ Ha. Tabla 3.

TABLA 3. Promedio de peso para tres plantas de papa en gms. a los 60 días de siembra para diferentes densidades y niveles de N y P.

Nivel N - P	Promedio de nivel	Promedio de nivel y densidad		
		D1	D2	D3
27 - 127	89.4	79.8	69.5	118.5
137 - 127	74.5	74.7	83.1	66.7
27 - 271	108.1**	113.4	102.3	108.3
137 - 271	73.3	71.8	64.3	83.8
$\bar{X}$	86.3	84.7	79.2	94.3

TABLA 4. Promedios de área foliar en  $\text{cm}^2$  para tres plantas de papa a los 60 días de la siembra para diferentes densidades y niveles de fertilización.

Nivel N - P	Promedio de nivel	Promedios de nivel y densidad		
		D1	D2	D3
27 - 127	17.091.0	15.505.0	14.140.0	21.628.0
137 - 127	14.949.0	15.459.0	16.894.0	12.493.0
27 - 271**	20.387.0	21.053.0	21.142.0	18.966.0
137 - 271	14.355.0	16.111.0	12.468.0	14.486.0
$\bar{X}$	16.695	17.032.0	16.161.0	16.893.0

Con respecto al área foliar de la papa mostró ser un poco mayor cuando estaba con 25.000 plantas por hectárea que con 50.000 plantas por hectárea de frijol y hubo un efecto significativo del nivel de fertilización como se observa en la Tabla 4.

El área foliar del frijol mostró ser afectada por la variable densidad de plantas en forma significativa, pero no por el nivel de fertilización como se observa en la Tabla 5.

Por otra parte se observaron algunos efectos positivos y negativos de algunos parámetros del crecimiento de las especies en asociación como se observa en la Tabla 6.

Aunque los efectos no son significativos puede observarse que hay un leve efecto negativo del incremento del área foliar de la papa sobre el tamaño del área foliar del frijol y el peso seco del frijol.

Se anota que el análisis de crecimiento solamente se hizo para la parte 2<sup>a</sup> del diseño central compuesto y las densidades de población corresponden a:

D1	25.000 plantas /Ha de papa y 25.000 plantas /Ha de frijol
D2	25.000 plantas /Ha de papa y 50.000 plantas /Ha de frijol
D3	16.000 plantas por Hectárea de papa y 50.000 plantas / Ha de frijol.

TABLA 5. Promedios de área foliar en  $\text{cms}^2$  para 9 plantas de frijol a los 45 días de la siembra con diferentes niveles de fertilización y densidades de población.

Nivel N - P	Promedios de nivel	Promedio de nivel y densidad		
		D1	D2	D3
27 - 127	6121.0	6738.0	7279.0	4345.0
137 - 127	5393.0	5840.0	4822.0	5519.0
27 - 271	5396.0	7081.0	4210.0	4897.0
137 - 271	5760.0	6832.0	7984.0	5463.0
$\bar{X}$	5667.0	6623.0 **	5324.0	5056.0

TABLA 6. Funciones de regresión y coeficientes de correlación entre algunos parámetros de crecimiento del arreglo frijol - papa en asociación.

Variables Correlacionadas Y	X	Coefficientes de Correlación	Funciones de Re - gresión.
Altura papa - área foliar frijol		+ 0.23	$Y = 7490 + 9.47 X$
Area foliar frijol - área foliar papa		- 0.06	$Y = 5568 - 0.003 X$
Peso seco frijol - área foliar papa		- 0.12	$Y = 5560 - 0.002 X$
Altura papa - peso seco frijol		- 0.19	$Y = 81.4 + 0.027 X$

#### 4. RESULTADOS DE INVESTIGACION EN ASOCIO DE GRAMINEAS Y LEGUMINOSAS.

Varios trabajos citados por Winter (16) han demostrado que los nódulos de leguminosas asociadas con cebada excretaban entre 10 y 80% del Nitrógeno fijado en forma de aminoácidos tales como glutamina, ácido aspartico y beta - alanina los cuales servían como fuente de Nitrógeno eliminándose la deficiencia de éste elemento.

Zuluaga (18), realizó experimentos para determinar el efecto de algunas leguminosas forrajeras en el contenido de nitrógeno de ciertas gramíneas sembradas en condiciones de invernadero. Se encontraron efectos estadísticamente significativos de las leguminosas en el contenido de Nitrógeno de los pastos estimándose en 128 kg/ha la fijación para Desmodium (*Desmodium Intortum*) 64.8 kg/ha para soya forrajera (*Glycine Javanica*) 56.8 kg/ha para Kudzú Tropical (*Pueraria phaseoloides*) y 41.2 kg/ha para *Vigna Vexillata* que es una leguminosa nativa. Concluyó la investigación que el Nitrógeno fijado por la leguminosa es aprovechado por las gramíneas cuando todavía las raíces de la leguminosa están vivas, pero los nódulos y raíces viejas mueren y se descomponen.

142A

## 5. RESULTADOS DE INVESTIGACIONES EN ASOCIACIONES CON MAIZ

Estos son quizá los socios de mayor ocurrencia en Colombia. Mancini (5) menciona que en el Oriente Antioqueño la agricultura se fundamenta en los cultivos de papa y la asociación maíz - frijol.

El 65% de los agricultores siembra el maíz asociado con frijol y un 25% lo siembra solo. La caña de maíz sirve como tutor y se siembra el frijol al pié del tallo del maíz cuando la planta tiene de 50 a 60 cms. de altura. En suelos del CNIA "Tulio Ospina" de origen aluvial Rodríguez (10) realizó un ensayo de maíz intercalado con seis especies leguminosas a fin de ver si estas contribuyen a solubilizar o hacer más acequible el fósforo para el maíz. Las especies leguminosas que más se adaptan a este tipo de arreglos fueron el frijol jacinto (*Dolichos Lablab*) el frijol terciopelo (*Stizolobium Deerengiarium*) y el trébol blanco (*Melilotus Alba*). En base a estos resultados se hicieron otros ensayos en los cuales se incluían los siguientes tratamientos:

1. Maíz sin leguminosa
2. Maíz con frijol jacinto
3. Maíz con frijol terciopelo

Se encontró que la leguminosa ejercía un efecto favorable sobre el maíz cuando éste se fertilizó con 20 Kg de nitrógeno por hectárea. El efecto que produjeron las leguminosas en el maíz fue equivalente a 40 Kg/Ha. de N.

Tabla 7.

TABLA 7. Comportamiento de maíz asociado con leguminosas y en presencia de 20 Kg de N/Ha.

Tratamiento	Ton/Ha.					
	62B	63A	63B	64A	64B	X
Maíz sin leguminosa	2.4	3.2	1.9	3.3	1.9	2.5
Maíz + Fríjol jacinto	3.5	4.9	2.8	6.1	3.0	4.0
Maíz + fríjol terciopelo	3.1	4.9	3.2	5.2	3.1	3.9
DMS (5%)	0.07	0.6	0.63	1.4	0.5	-

Tobón (13) observó en el Oriente Antioqueño que los maíces criollos se comportan mejor y son mejores tutores que los mejorados ICA H-401 y el ICA H-452, ya que los maíces mejorados tienen cañas más débiles y causan volcamiento del fríjol afectando la floración y propiciando las pudriciones del grano por Antracnosis (*Colletotrichum Lindemuthianum*). También se observó que el maíz criollo montaña y el fríjol voluble cargamanto produjeron los mejores rendimientos cuando se fertilizó el maíz con 50 Kg de N por hectárea y el fríjol con 400 Kg/Ha. de 10-30-10. Los rendimientos de fríjol cargamanto mejoraron notablemente cuando se asoció con la variedad de maíz V-453 de color blanco y cañas resistentes.

Tobón (14) observó el comportamiento del arreglo maíz en relevo con fríjol cargamanto en el Oriente Antioqueño usando semilla sana y población de

22.000 plantas /Ha de frijol, observando rendimientos de 900 a 1.000 Kg/Ha de frijol seco al 15% de humedad, sin que hubiera diferencias entre dosis altas y bajas de fertilizantes químicos como se aprecia en la Tabla 8. De otra parte se estudiaron los resultados de arreglos en relevo maíz - frijol cargamanto con diferentes densidades de población y niveles de fertilización en 15 fincas del Carmen de Viboral con los resultados que se observan en la Tabla 9.

TABLA 9. Rendimiento en Kg/Ha de frijol cargamanto en el Oriente Antioqueño, con diferentes prácticas de producción en sistema de relevo con maíz.

Práctica Agronómica	N -P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> K <sub>2</sub> O 20-40-20 Kg/ha.	Inoculación 100 Kg/H.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 100 kg/Ha.
22.000 plantas /Ha	1555.0	1158.0	1290.0
66.000 plantas /Ha	2136.0	1594.0	1608.0

19/5

TABLA 8. Rendimientos de frijol cargamanto en 1972 en el Oriente Antioqueño con varias cantidades de fertilizante químico y orgánico con técnicas de 22.000 plantas/Ha. Tratamiento y selección de semilla en sistemas de maíz = frijol voluble.

Municipio	Vereda	Fórmulas de Fertilización				Promedio
		Rendimiento en grano limpio y seco de frijol				
		(1)	(2)	(3)	(4)*	
Rionegro	Capiro	1036	1272	787	806	975
Rionegro	Cristo Rey	364	249	258	370	310
Carmen	Garzonas	1019	1019	911	1215	1078
Carmen	Palmas	447	780	717	331	569
Carmen	Palmas	1532	1214	1246	1530	1380
Carmen	Campo Alegre	1161	1521	1410	1379	1368
Carmen	Chapa	1309	1477	1626	1657	1517
Carmen	Chapa	834	1087	1065	971	989
Carmen	Chapa	729	787	844	806	791
Carmen	Sonadora	749	543	700	672	666
Carmen	Sonadora	918	1214	1055	929	1029
Carmen	Quirama	668	835	818	791	778
Carmen	Quirama	460	566	508	470	501
Unión	La María	1446	1794	1688	1731	1665
Marinilla	Asunción	770	527	960	506	690
Marinilla	Asunción	675	992	401	728	699
Marinilla	Llanadas	515	606	422	448	498
Marinilla	Llanadas	2110	1987	1706	2137	1985
Marinilla		1046	1993	958	1090	1097
Marinilla		517	559	527	612	554
Guarne	San José	1002	1302	1020	985	1077
Promedio $\bar{X}$		919	1037	935	960	963
Desviación		425	453	408	480	420

\* Fórmulas de Fertilización: (1) 20-40-20 kg/ha. de N. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O + 2 t/Ha. de gallinaza  
 (2) 40-80 -40 kg/ha. de N. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O + 2 t/Ha. de gallinaza  
 (3) 60-120-60 kg/ha. de N. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O + 2 t/Ha. de gallinaza  
 (4) 40-80-40 kg/ha de N. p<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O + 4 t/Ha. de gallinaza

Parece que existe un efecto de densidad de población a una baja dosis de fertilizante y que la aplicación de fósforo solo no es suficiente por lo cual es necesario incluir N y K. El efecto de fósforo solo como nutriente fue depresivo del rendimiento, igual que fósforo más inoculación con Rhizobium que disminuyó el rendimiento para ambas poblaciones.

Agudelo (1) trabajó en el Valle del Cauca con frijoles arbustivos intercalados con maíz en forma alterna y en Cuadro encontrando rendimientos que aparecen en la Tabla 10.

TABLA 10. Resultados de frijol rojo arbustivo y Carcata intercalado con maíz en siembras simultaneas en el Valle del Cauca\*.

Variedad y/o Híbrido	Siembra en Cuadro		Siembra Alterna	
	Maíz	Frijol**	Maíz	Frijol***
	Kilogramos/Ha.			
H 207: Diacol Calima	4.350	810	3.930	560
H 207: ICA - Pijao	4.030	920	3.750	810
MB-22: Diacol Calima	2.880	820	2.650	680
MB-22: ICA - Pijao	2.860	1.050	2.819	870
<b>TESTIGOS</b>				
	H 207	5.040		
	MB.22	3.040		
	Diacol Calima	1.100		
	ICA - Pijao	1.500		

\* El frijol y el maíz se siembran al tiempo

\*\* Frijol 50 cm entre surcos y 10 cm entre plantas y maíz 1 m entre surcos y 4 granos por sitio (200.000 y 40.000 plantas/ha).

\*\*\* Dos surcos de frijol a 50 cm de separación y 10 cm entre plantas y dos de maíz alternos a 50 cm entre plantas (100.000 y 40.000 plantas/ha).

147

Los resultados muestran que ambos cultivos sufren disminución en su rendimiento, pero ofrecen la asociación una buena alternativa desde el punto de vista económico. En ambos sistemas la modalidad H-207-Diacol Callima ofrece los mejores resultados.

Quiroz y Correa (9) mencionan que en el Oriente Antioqueño se observó que los frijoles arbustivos solos sufrían pérdidas considerables por efecto de las heladas, mientras que los frijoles volubles fueron menos afectados llevando a pensar en la existencia de un microclima más favorable en la asociación.

En el municipio de Tuquerres (Nariño) Pantoja (8) observó que las variedades mejoradas de maíz ICA V 507 y el ICA V 557 se comportaban bien en asociaciones con frijol Mortiño voluble según los datos de la Tabla 11.

TABLA 11. Evaluación de variedades de maíz en la Asociación Maíz x Frijol. Municipio de Tuquerres.

Variedades de Maíz		Rendimiento Maíz * kg/ha	Rendimiento Frijol * kg/ha
Regional	Frijol Mortiño	1.359.4	603.9
V. 507	Frijol Mortiño	1.972.5	637.0
V. 557	Frijol Mortiño	2.134.4	637.5

\* Promedio de tres replicaciones.

148

En el municipio de Funes (Nariño) Villota (17) estudió la fertilización para el arreglo maíz asociado con frijol voluble e intercalado con haba (MxF//ha). La densidad de población utilizada fue de 34.000 plantas/ha de maíz, 45.000 de frijol y 68.000 de haba. En la Tabla 12 se observan los resultados promedios de seis repeticiones.

TABLA 12. Fertilización en cultivos asociados Frijol x Maíz // Haba en el municipio de Funes (Nariño).

Tratamiento N°	KILOGRAMOS POR HECTARES			RENDIMIENTO EN KGRS/HA.		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Frijol	Maíz	Haba - Seca
1	50	70	15	2178.5	2.392	593
2	50	105	15	2208.2	2.277	486
3	75	70	15	2190.0	2.864	499
4	75	105	15	2298.0	2.657	476
5	25	70	15	2190.0	2.592	400
6	50	35	15	1610.0	1.682	379
7	75	140	15	2346.0	2.239	393
8	100	105	15	1851.0	1.805	393
9	62.5	87.5	15	2023.0	2.115	571
10	62.5	87.5	30	2500.0	2.158	329
11	62.5	87.5	45	2364.0	2.150	499
12	62.5	87.5	60	1918.0	1.958	507

MUNICIPIO: Funes

FECHA DE SIEMBRA: X-/78

VEREDA: Chitarrán

FECHA DE COSECHA: VIII -/79

VARIEDAD: En Maíz; Villano

En Frijol; Mortiño

En Haba; Común

En las Figuras 2 y 3 se puede observar la respuesta de cada una de los renglones a los factores en estudio. En la Figura No. 2 se observa como el frijol responde hasta 75 kg de N/ha cuando se utilizan 105 kg de  $P_{205}$  y 15 kg de  $K_{20}$ . Respecto del maíz el óptimo físico se consigue cuando se aplican 75 kg de N, 70 kg de  $P_{205}$  y 15 kg de  $K_{20}$  por hectárea y para el haba el óptimo físico se encuentra con 50 kg de N, 70 kg de  $P_{205}$  y 15 kg de  $K_{20}$ /ha. Respecto del fósforo se observa que las tres especies responden hasta 70 kg de  $P_{205}$  manteniendo constante el nitrógeno en 50 kg/ha y el potasio en 15 kg/ha, a excepción del frijol que muestra una respuesta hasta 105 kg/ha de  $P_{205}$ . Con respecto al potasio el frijol fue el único cultivo que respondió hasta 30 kg de  $K_{20}$ /ha. El autor concluye que la dosis económica de  $P_{205}$  para frijol podría estar alrededor de los 110 kg/ha por ser este un cultivo muy rentable que retribuye la inversión.

## 6. RESULTADOS DE INVESTIGACION EN LAS ASOCIACIONES CON PAPA.

Las publicaciones sobre estudios hechos en este tipo de arreglos corresponden al área de influencia de algunos Distritos del ICA especialmente el Oriente Antioqueño y el Oriente de Cundinamarca.

Tobón (15) estudió en el Oriente Antioqueño los dos sistemas de Cultivo predominantes en la región a saber:

157

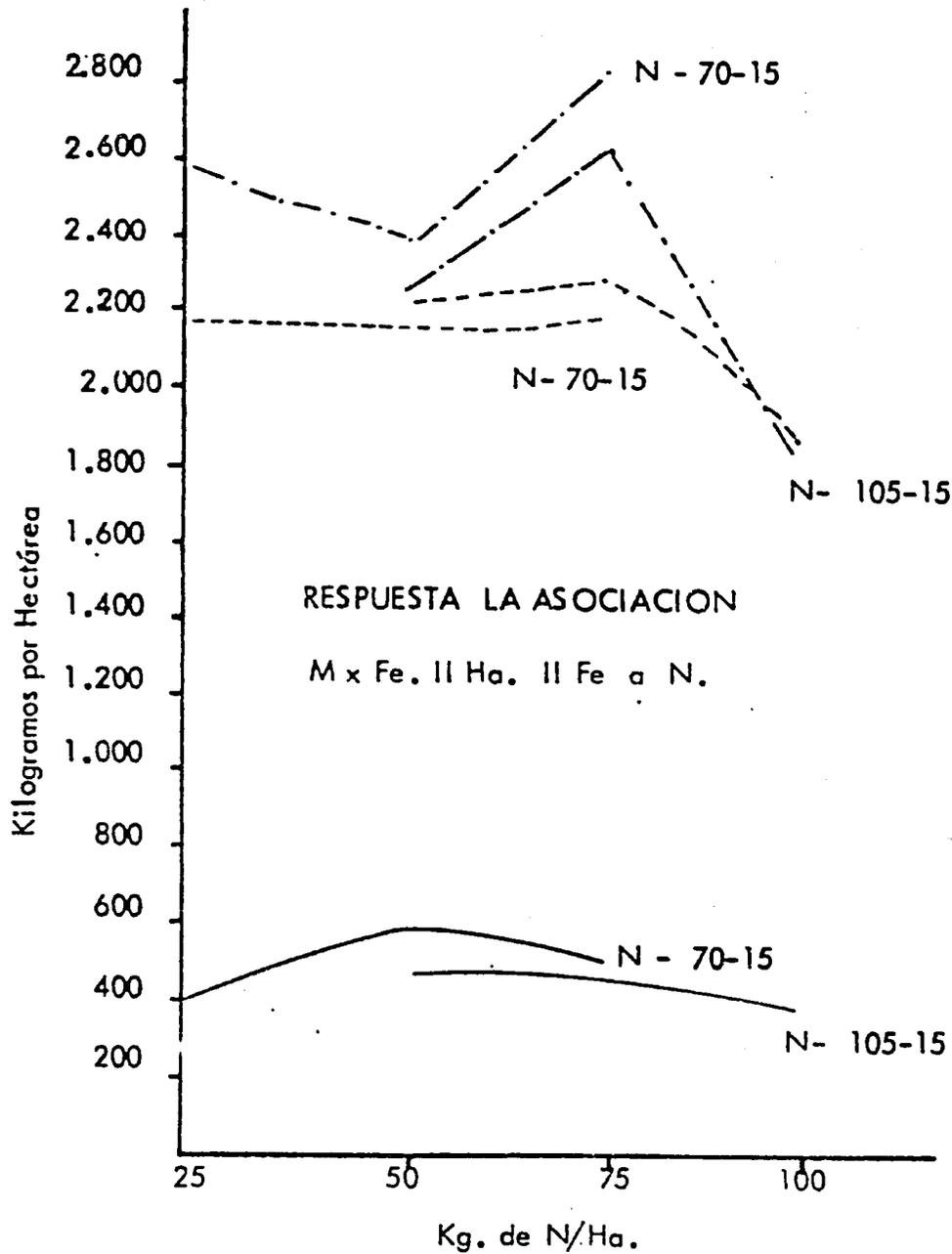


Figura 2.

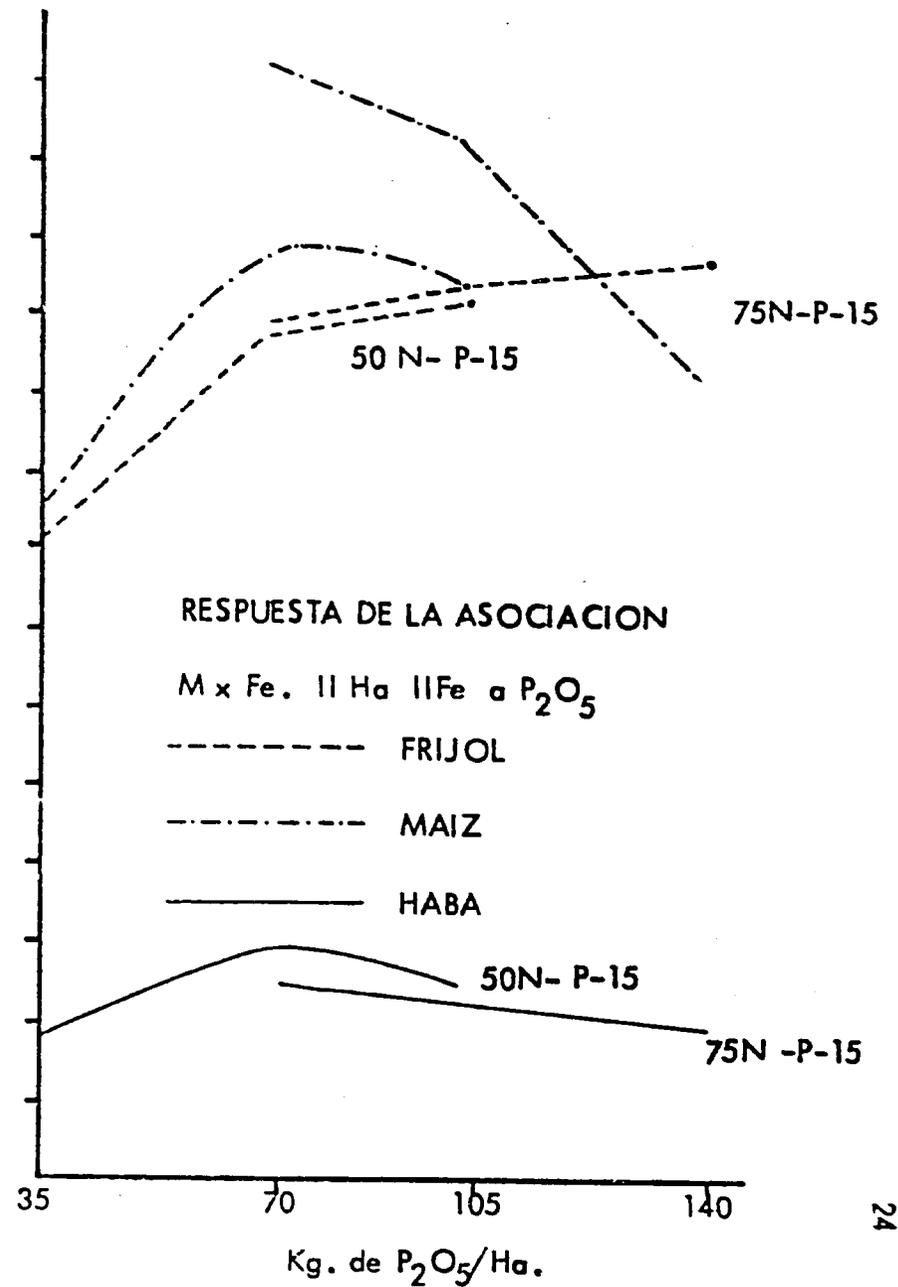


Figura 3.

Sistema A: Papa - papa - papa --- (tres o más años) - maíz o pastos --- (tres o más años) -- papa - papa --- etc. y el Sistema B: papa - maíz - frijol en relevo y seguido de maíz y frijol en relevo, desde el punto de vista de la racionalidad que estos sistemas presentan en cuanto al aprovechamiento de residuos de los fertilizantes, control de patógenos del suelo, competencia por épocas de siembra, además de la rentabilidad de los sistemas con respecto a los monocultivos. La Tabla 13 presenta los resultados de rendimiento de papa y maíz y el análisis de varianza respectivo. Se observa que los rendimientos de papa presentaron diferencias significativas al 1%, pero el maíz en relevo no presentó diferencias significativas entre tratamientos. En la Tabla 14 se presentan resultados de los experimentos 9 de 1971, 11, 20 y 29 de 1972 sobre el sistema papa = maíz (relevo). Solo el experimento 11 de 1972 presentó diferencias significativas al 1% en el rendimiento de maíz entre los tratamientos y sus tres efectos posibles fueron significativos al 1 y 5%. El efecto medio en kg/ha fue N = +320, P = +550 y la interacción NP = +340. El efecto mínimo significativo al 5% fue igual a 210. En esta forma solo un experimento no refutó la hipótesis de que la fertilización de papa deja suficientes residuos de P y K al maíz, pero no deja suficiente nitrógeno. En general los rendimientos del maíz en los experimentos de la Tabla 14 fueron superiores a los rendimientos del maíz de la Tabla 13, debido a que los de la Tabla 14 recibieron 50 kg. de  $P_2O_5$  a la siembra del maíz y 50 kg/ha de N al arrancar la papa o sea al aporque del

maíz. Aparentemente está aplicación elimina las deficiencias o faltantes de N y P de la papa. En la Tabla 15 el experimento 2/71 presenta resultados de

TABLA 13. Superficie de respuesta a N, P, K en Papa - Maíz criollo (Rio negro).

NUM.	TRATAMIENTOS					RENDIMIENTO (ton/ha)		Exp. 4/71 PAPA
	Papa			Maíz		PAPA	MAIZ	
	N	P <sub>205</sub>	K <sub>20</sub>	N	P <sub>205</sub>			
1	0	150	40	50	50	13.02	1.743	12.86
2	50	150	40	50	50	17.04	1.796	22.12
3	100	150	40	50	50	18.65	2.151	17.15
4	150	150	40	50	50	15.33	2.225	20.31
5	50	0	40	50	50	15.82	2.077	13.99
6	50	300	40	50	50	20.73	1.701	23.31
7	50	450	40	50	50	22.69	1.880	14.88
8	50	150	0	50	50	18.19	1.878	21.43
9	50	150	80	50	50	23.00	1.673	22.34
10	50	150	120	50	50	21.76	1.972	22.41
11	0	300	80	50	50	16.66	1.898	18.96
12	50	300	80	50	50	23.54	2.007	21.25
13	100	300	80	50	50	20.94	1.605	22.30
14	150	300	80	50	50	21.24	2.121	25.32
15	100	0	80	50	50	11.11	2.183	11.40
16	100	150	80	50	50	20.92	2.010	22.20
17	100	450	80	50	50	22.19	1.708	23.87
18	100	300	0	50	50	17.17	1.553	19.60
19	100	300	40	50	50	19.21	1.763	30.13
20	100	300	120	50	50	22.38	1.833	28.10

C.V.	14.2%	19.8%	24.3%
DMS 5%	4.50	0.618	10.5
REP (Valor de F)	6.02***	7.40***	4.05***
TRAT (Valor de F)	4.90***	0.84	1.84***
R <sup>2</sup>	0.73		0.67

153

TABLA 14. Fertilización en N, P, K en Papa - Maíz (Rionegro)

Num.	Tratamientos					Rendimientos (Ton/Ha.)										
	Papa		Maíz			Papa		Maíz		Papa		Maíz		Papa		Maíz
	N	P O	K O	N	P O	Exp. 9/71	Maíz	Exp. 10/71	Papa	Maíz	Exp. 11/72	Exp. 20/72	Maíz	Exp. 29/72	Maíz	Exp. 29/72
1	40	120	80	50	50	10.50	2.89	23.31	15.36	3.65	15.25	3.80	11.73	2.13		
2	40	240	80	50	50	12.37	2.56	26.26	18.17	3.86	16.17	3.75	12.02	2.40		
3	80	120	80	40	50	10.20	2.88	26.70	15.79	3.63	16.76	3.84	11.49	2.28		
4	80	240	80	50	50	13.46	2.73	27.51	17.76	4.52	19.04	3.97	12.78	2.34		
C.V.						21.8%	16.2%	8.7%	13.8%	13.4%	15.7%	18.3%	21.0%	23.0%		
DMS 5%						1.80	0.32	1.6	1.6	0.37	1.9	0.5	1.8	0.37		
REP						0.47	1.69	1.9**	8.8***	2.7**	2.5**	1.8**	2.1**	1.15		
TRAT (Valor de F)						5.96**	1.88	10.5***	5.87**	10.0***	6.0***	0.3	0.8	0.79		
Análisis de efectos medios en papa y maíz						Papa Exp 9/71	Papa Exp 10/71	Papa Exp 11/71	Maíz Exp 11/71		Exp 20/72 Papa	Exp 29/72 Papa				
						N 0.43	2.32***	0.01	0.32**		2.19***	0.26				
						P 2.52***	1.88***	2.39***	0.55***		1.60**	0.79				
						NP 0.67	-1.07*	-0.42	0.34***		0.68	0.50				
						CME 6.45	5.07	5.33	0.28		6.98	6.29				

154

TABLA 15. Estudio de Fechas de Siembra de Papa - Maíz - Frijol. Exp. 2/71

NUM.	TRATAMIENTOS			VARIETADES		RENDIMIENTOS (Ton/Ha)		INGRESO NETO (\$)
	PAPA Puracé	MAIZ	FRIJOL	ICA H452	FRIJOL CAR GAMANTO	PAPA	MAIZ	
1	10./II	10/III	5/VIII	ICA H452	Cargamanto	20.88	1.622	34.039.00
2	21/II	10/III	5/VIII	ICA H452	Cargamanto	24.91	2.644	45.273.00
3	10/III	10/III	5/VIII	ICA H452	Cargamanto	16.46	3.637	32.694.00
4	10./II	10/III	15/IX	ICA H452	Cargamanto	26.42	1.643	44.638.00
5	10./II	19/II	5/VIII	ICA H452	Cargamanto	18.86	2.620	33.694.00
6	10./II	10./IV	5/VIII	CRIOLLO	Cargamanto	24.52	0.982	38.715.00
7	10./II	19/II	5/VIII	CRIOLLO	Cargamanto	21.36	3.381	41.108.00
8	10./II	10/III	5/VIII	CRIOLLO	Cargamanto	24.43	2.091	42.426.00
9	10./II	10./IV	5/VIII	ICA H452	Cargamanto	23.19	0.564	34.725.00
10	10./II	10/III	24/VIII	ICA H452	Cargamanto	25.15	1.614	42.124.00
11	10./II	10/III	15/IX	ICA H452	Cargamanto	25.83	1.289	42.279.00
12	10./II	10/III	24/VIII	ICA H452	Card	22.08	1.499	35.888.00
13	10./II	10/III	5/VIII	ICA H452	Card	20.26	1.331	31.843.00
14	10./II	10/III	10/IX	ICA H452	Card	22.69	1.856	38.297.00

C.V.

DMS 5%

TRAT (Valor de F)

REP (Valor de F)

13.0% 24.2%

4.96 0.777

2.80\*\*\* 10.80\*\*\*

15.90\*\*\* 8.71\*\*\*

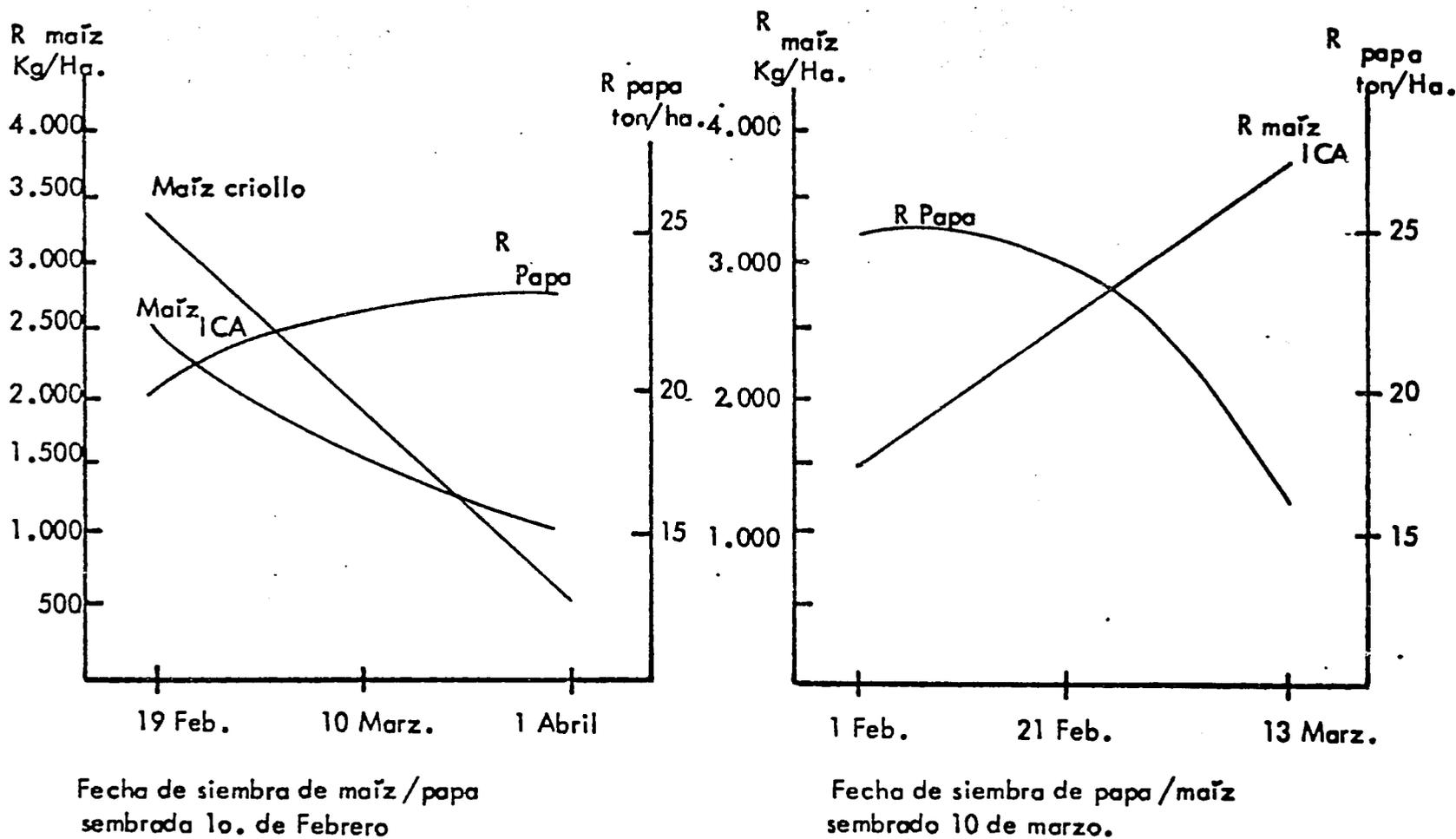
OBSERVACIONES:	Fertilización				CULTIVO
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Kg/Ha. K <sub>2</sub> O	pl/Ha DP	
PAPA	100	300	100	20.000	Papa
	0	0	0	27.270	Maíz
	20	60	20	22.000	Frijol

155

rendimiento de papa y maíz cuando se varían fechas de siembra de los cultivos del sistema agrícola B. Los rendimientos de papa y maíz por separado fueron diferentes significativamente al 1%. En la Figura 4, se observa el comportamiento del rendimiento de los cultivos. El 10 de marzo es la fecha acostumbrada por los agricultores para la siembra del maíz en este sistema, correspondiendo el 19 de febrero y el 10 de abril a dos fechas de siembra separadas cada una 20 días de la regla local. Se observa que el rendimiento de papa fue decreciendo y el de maíz aumentando, a medida que la siembra de maíz se hizo más cerca de la siembra de papa. El rendimiento de papa fue de 18.86 ton/ha., mientras que los maíces sembrados 20 días después o sea cuando se inicia la germinación de la papa produjeron 2.620 y 3.381 Kg/ha para maíces ICA y Criollos respectivamente. Los rendimientos más bajos se obtienen cuando el maíz se siembra 60 días después de la papa. Cuando se varían las fechas de siembra de la papa y el maíz se siembra el 10 de marzo, los rendimientos de papa y maíz aumentan y disminuyen en forma análoga a la anterior como se observa en la parte derecha de la Figura 4.

Cuando se siembra papa y maíz el mismo día se obtienen los más bajos rendimientos de papa y el mayor rendimiento de maíz. El mayor ingreso se logra cuando el maíz se siembra al aporque de la papa. Se acepta entonces la hipótesis de que cuando se sigue la regla local de fecha de siembra, el maíz no afecta el desarrollo de la papa.

Figura 4. Comportamiento de los cultivos del sistema agrícola Papa - Maíz - Fríjol enredador, al variar fechas de siembra.



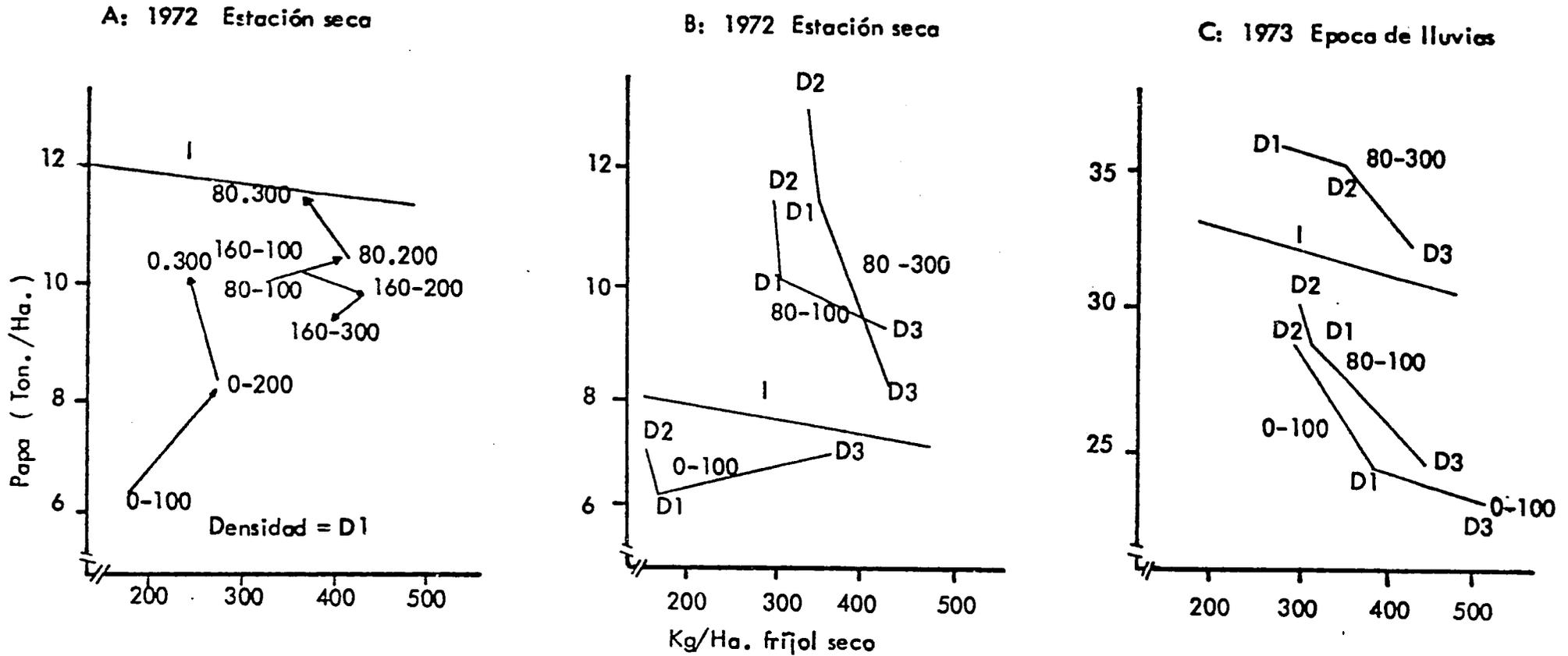
15/1

En 1972 y 1973 Tarazona (12) realizó en el Oriente de Cundinamarca experimentos para determinar si los cambios en la población de plantas, afectaban la recomendación óptima de fertilizantes del asocio papa x frijol. Para ello se utilizó un diseño central compuesto con espacios de exploración para N de 0 - 160 kg/ha, P de 100 - 300 kg/ha con tres poblaciones diferentes de plantas 25.000 - 25.000, 25.000 - 50.000 y 16.000 - 50.000 plantas por hectárea de papa y frijol respectivamente. El estudio reveló que los cambios en el nivel de fertilizantes afectaban principalmente la producción de papa. Un examen de las ganancias económicas de la asociación se presenta en la Tabla 16.

Tabla 16 que indica que este sistema es esencialmente una actividad productora de papa y que el frijol representa tan solo del 5 al 15% del valor total de la producción.

La comparación de las respuestas al fertilizante en una isocuanta del valor del producto demostró que los rendimientos de papa, serían el factor determinante en la recomendación de fertilizantes (Figura 5). Las respuestas al Fósforo fueron considerables hasta un nivel de 300 kg/ha  $P_{2}O_{5}$ /ha. en todas las densidades de plantas y mayor en el período lluvioso que en el seco. Los efectos de cambios en la población de plantas revelaron que una población de papa de 25.000 plantas por hectárea frente a 50.000 plantas de frijol/ha no incrementaban significativamente los rendimientos de frijol.

Figura 5. Efectos de combinaciones seleccionadas de fertilizantes y densidades de siembra sobre el rendimiento del cultivo combinado de papa y frijol, en relación con la isocuanta del valor del producto.



D1 = 25.000 plantas/ha de papa con 25.000 plantas/ha de frijol  
 D2 = 25.000 plantas/ha de papa con 50.000 plantas/ha de frijol  
 D3 = 16.000 plantas/ha de papa con 50.000 plantas/ha de frijol  
 Tasa de fertilizantes en kg. N/ha - Kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha.

159

TABLA 16. Rendimiento y valor de la producción de papa y frijol seco resultante de cambios en los niveles de fertilizantes y población de plantas en la asociación papa - frijol.

Población Plantas/Ha.		RENDIMIENTO (Ton/Ha)		Valor de la Producción (\$/Ha)***	
PAPA	FRIJOL	PAPA	FRIJOL	PAPA	FRIJOL
B - 72*					
25.000	25.000	6.0 - 11.0	0.15 - 0.45	26.875 - 49.888	1.829 - 5.095
25.000	50.000	7.5 - 13.5	0.15 - 0.40	33.582 - 60.458	1.829 - 4.787
16.000	50.000	6.0 - 9.0	0.35 - 0.40	26.875 - 40.290	4.218 - 5.948
A - 73**					
25.000	25.000	24.0 - 36.0	0.27 - 0.40	16.305 - 24.956	1.730 - 2.488
25.000	50.000	23.0 - 35.0	0.30 - 0.40	15.357 - 23.984	1.825 - 2.488
16.600	50.000	18.0 - 32.0	0.35 - 0.55	12.466 - 22.064	2.204 - 3.436

\* Semestre seco

\*\* Semestre húmedo

\*\*\* Precio papa y frijol verde período seco \$4.503 y \$11.992/ton.

Precio papa y frijol verde período húmedo \$663 y \$6.233/ton.

jol (Figura 5B y 5C) sin embargo aumentó el rendimiento promedio de la papa en ambos periodos. En el periodo seco la reducción en la población de papa de 25.000 a 16.000 plantas por hectárea aumentó los rendimientos del frijol pero redujo los rendimientos de la papa.

Las funciones de respuesta se ajustaron al rendimiento de frijol y papa utilizando un modelo cuadrático con interacciones lineales. Al combinar estas funciones con costos de producción fijos y variables fue posible derivar una ecuación de ganancia neta como función del nitrógeno y fósforo para cada tipo de siembra. Estas ecuaciones fueron maximizadas con el fin de estimar los niveles de fertilización más económicos como se parecía en la Tabla 17.

Un aumento en la densidad de siembra del frijol de 25.000 a 50.000 plantas por hectárea, resulta económico debido a las mayores ganancias obtenidas en el periodo seco y la menor necesidad de fertilizantes en ambas estaciones. Pero una reducción en la densidad de siembra de la papa solo produjo aumento en el rendimiento del frijol durante el periodo seco. Esto no fue suficiente para compensar la pérdida en rendimiento de la papa con los precios obtenidos para esta y para el frijol. Tobón (13) menciona otros asociados como Papa x Arveja, papa x habichuela, papa x repollo y papa//cabuya comunes en el oriente Antioqueño.

TABLA 17. Niveles de fertilización relacionadas con las ganancias máximas obtenidas de tres poblaciones de papa y frijol en asociación.

Código	Población de Plantas/ha.		Niveles óptimos (kg/ha)		RENDIMIENTOS ton/ha		Ganancias Netas (\$/ha.)
	PAPA	FRIJOL	N*	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PAPA	FRIJOL	
B - 72**							
D <sub>1</sub>	25.000	25.000	82	280	10.7	0.36	46.831.0
D <sub>2</sub>	25.000	50.000	71	230	11.3	0.37	47.589.0
D <sub>3</sub>	16.600	50.000	101	100	9.6	0.58	35.976.0
A - 73***							
D <sub>1</sub>	25.000	25.000	123	297	39.0	0.33	17.182.0
D <sub>2</sub>	25.000	50.000	91	218	35.5	0.37	14.765.0
D <sub>3</sub>	16.600	50.000	113	310	33.2	0.40	13.248.0

\* Precio de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = \$7.58/kg, Precio N = \$8.8/kg.

\*\* Precio de papa = \$4.503/ton, Precio de frijol = \$11.992/ton.

\*\*\* Precio de papa = \$664/ton, Precio de frijol = \$6.233.1/ton.

## 7. OTRAS ASOCIACIONES

Existen resultados de algunas otras asociaciones entre las que vale la pena mencionar un estudio realizado en Sincelejo (Sucre) por Mestra (6) sobre fertilización nitrogenada y fosforica en el asocio maíz x ñame, habiéndose hecho una evaluación económica según la metodología propuesta por Perrin et al (6). En la Tabla 18 se presentan los beneficios netos de campo para los ensayos realizados en el conjunto productivo 1 (CPI) que correspan

TABLA 18. Beneficios brutos de campo para los rendimientos promedios de cuatro ensayos de fertilización en el asocio Maíz x Ñame en el CP<sub>1</sub>.

N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Rendimiento Promedio		Rendimiento Ajustado*		Beneficio** bruto de Campo \$/ha.	Total Be- neficio bruto.*** \$/ha.
	Ton/ha	Maíz - Ñame	Ton/ha	Maíz - Ñame		
0 - 0	M	1.59	1.56		7.753	40.403
	Ñ	11.76	10.58		32.650	
0 - 40	M	1.67	1.64		8.151	41.017
	Ñ	11.83	10.65		32.866	
20 - 20	M	1.71	1.67		8.300	38.913
	Ñ	11.02	9.92		30.613	
20 - 40	M	1.95	1.91		9.943	45.383
	Ñ	12.92	11.63		35.890	
20 - 60	M	1.53	1.5		4.971	39.226
	Ñ	12.33	11.1		34.255	
40 - 40	M	1.77	1.73		8.598	41.772
	Ñ	11.94	10.75		33.174	
40 - 60	M	1.60	1.57		7.803	39.033
	Ñ	11.24	10.12		31.230	
40 - 80	M	1.66	1.63		8.101	42.695
	Ñ	12.46	11.21		34.594	
60 - 60	M	1.77	1.73		8.598	39.828
	Ñ	11.25	10.12		31.230	

\* En 2 y 10% respectivamente para maíz y ñame por pérdidas en cosecha y almacenamiento.

\*\* El rendimiento neto multiplicado por el precio de campo.

\*\*\* Precio de campo: Maíz \$4.970 por tonelada  
Ñame \$3.086 por tonelada.

de a suelos planos o ligeramente ondulados, profundos y de mediana a alta fertilidad.

De dicho ensayo se derivaron las siguientes conclusiones. Los mayores rendimientos promedios de Name se obtuvieron con las dosis de 20 kg/ha de N y 40 kg de  $P_{205}$ /ha en el  $CP_1$ . Dichos tratamientos también presentaron los mayores beneficios brutos y netos de campo. Al hacer el análisis marginal se encontró que la aplicación del tratamiento (N-20 - P-40) en el  $CP_1$  representa un incremento marginal de \$3.552/ha, con una tasa de retorno de 249%.

## 8. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Se discute en este estudio la importancia social y económica de los cultivos asociados, las relaciones de competencia y compatibilidad de las épocas en los arreglos, los componentes de la investigación en estos sistemas de cultivo y los resultados obtenidos en los trabajos realizados.

Se acepta que la investigación realizada y publicada en el país son relativamente escasas y que aún no se dispone de información consistente al respecto.

Se espera que con mejores Investigaciones sea posible aumentar la productividad de estos arreglos, mediante un manejo adecuado de los facto-

res modificables de la producción tales como dosis, oportunidad y métodos de aplicación de fertilizantes, genotipo de plantas, fecha de siembra, densidad de población, prácticas culturales y de manejo en general.

164

## BIBLIOGRAFIA

1. AGUDELO, O. D. 1980. El cultivo del frijol IN: Instituto Colombiano Agropecuario. Curso sobre ajuste de Tecnología en Producción de Maíz. (Mimeografiado). Popayán. 25-29 p.
2. ARIAS, F. J. 1980. Los cultivos múltiples en Colombia. (Mimeografiado). 15 p.
3. DONALD, C. M. 1963. Competition among crop and pasture plants. Advan. Agron. (E.E.U.U.). 15:1. 114 p.
4. FIGUEROA, O. F. y J. V. PEREZ. 1965. Algunos estudios sobre el cultivo asociado de frijol de enredadera y maíz. Tesis profesional, Universidad de Caldas, Manizales, Caldas, Colombia. 52 p.
5. MANCINI, M. S. 1976. Alternativas de producción agrícola en el Proyecto de Desarrollo Rural del Oriente Antioqueño. Tesis (MSC) UN-ICA. Bogotá. 63 p.
6. MESTRA, G. A. 1978. Segunda aproximación sobre fertilización en Namo en el Distrito de Sincelejo. (Mimeografiado). 25 p.

7. MORALES, T. L. 1975. Estudio sobre la competencia de malezas en la Asociación Maíz-Frijol. Tesis de grado, Programa de Graduados, UN-ICA. 93 p.
8. PANTOJA, L. C. 1980. Ajuste tecnológico en el Distrito de Ipiales. (Mimeografiado). 10 p.
9. QUIROS, J. E., CORREA, S. TOBON, J. H. 1980. Desarrollo Tecnológico en Antioquia. Experiencias del ICA en el Oriente y Norte del Departamento. (Mimeografiado). 76 p.
10. RODRIGUEZ, J. M. 1972. Algunos aspectos del cultivo de maíz. El comportamiento del maíz en siembras intercaladas de leguminosas. Revista ICA 7(2):104-109.
11. SARMIENTO, A. 1978. Los cultivos múltiples. Seminario Programa de Graduados UN-ICA. (Mimeografiado).
12. TARAZONA, B. C. 1973. Efecto de diferentes poblaciones y niveles de Nitrógeno y Fósforo sobre el cultivo asociado Papa-Frijol en el Oriente de Cundinamarca. Tesis (MSC). Bogotá. Universidad Nacional, Instituto Colombiano Agropecuario. 298 p. (Mimeografiado).

13. TOBON, J. A. 1975. Sistemas tradicionales de cultivo de frijol.  
IN: Instituto Colombiano Agropecuario Estación Experimental  
Tullo Ospina. Curso sobre producción de frijol. Medellín.  
pp. 6-21.
14. \_\_\_\_\_. 1980. Fertilización química y orgánica de monocultivos  
y cultivos asociados en el clima frío de Antioquia. (Mimeogra-  
fiado). 387-417 pp.
15. \_\_\_\_\_ 1977. Comportamiento de algunos sistemas agrícolas tra-  
dicionales a varias prácticas de producción en el Oriente Antio-  
queño. Medellín, ICA. 98 p. (Boletín de Investigación  
Nº 47).
16. WINTER, G. A. 1961. New Biological (aspects in interrelation  
between higher plants mechanism in biological competition. US.  
Sim. Soc. Exp. Biol. 15: 229-244.
17. VILLOTA, M. 1980. Ajuste tecnológico en el Distrito de Pasto  
(Mimeografiado). 15 p.
18. ZULUAGA, M. I. 1970. Efecto de leguminosas forrajeras tropica-  
les en el contenido de Nitrógeno de algunas gramíneas. Tesis  
ICA - UN. 40 p.

FUENTES DE INFORMACION ADICIONAL EN LA TOMA DE  
DATOS DE AJUSTE TECNOLOGICO

Por: Carlos Tarazona B.\*

1. INTRODUCCION

Se ha encontrado que las variables de tipo inmodificable relacionadas con clima y suelo, pueden interaccionar con las variables de tipo modificable influyendo sensiblemente en los rendimientos de los cultivos. De ahí que un mejor conocimiento de dichas variables puede contribuir a precisar los diferentes sistemas de producción existentes por una parte y a explicar los resultados obtenidos en las actividades de ajuste tecnológico por otra. Dentro de los factores climáticos de mayor influencia en la producción y productividad de las especies cultivadas se citan la precipitación, la temperatura, el brillo solar, la evaporación y la evapotranspiración; y dentro de los aspectos edáficos la geomorfología y propiedades físicas y químicas de los suelos.

Aunque no todos estos factores sean de fácil medición y determinaron a nivel de campo, por parte de los extensionistas existen maneras de lograr en forma sencilla el conocimiento y medición de por lo menos algunos de ellos, además de publicaciones y estudios realizados por

---

\* IA. MSC. División ATEA

diferentes organismos, extranjeros y nacionales como el Instituto Colombiano de Meteorología e Hidrología ( IGHM ) y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi ( IGAC ), a los cuales el extensionista tiene fácil acceso y que pueden mejorar los conocimientos a cerca del agrosistema. Este trabajo trata de hacer un refrescamiento rápido de algunos conceptos agroclimáticos y las fuentes de información disponibles al respecto.

## 2. ALGUNOS CONCEPTOS GENERALES SOBRE EL CLIMA Y EL SUELO

### 2.1 El Factor Clima.

Se ha dicho que " Clima de un lugar " es la situación atmosférica imaginaria que en un momento dado reinaría en él, si la temperatura, la humedad del aire, el viento y los demás elementos meteorológicos, tomarán precisamente los valores medios de la temperatura, de la humedad, del viento etc., observados durante cierto período de años, lo más largo posible.

Dentro de los factores climáticos que más influyen en el crecimiento y desarrollo de la vegetación en general y de los cultivos en particular se tienen la temperatura, la precipitación y la evapotranspiración. En base a estos factores Holdrige propuso uno de los sistemas de clasificación de vegetación y clima más aceptados en el mundo, el cual distingue " Formaciones Ecológicas " o " Zonas de Vida ". Para este sistema la definición de formación es " un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división de clima, las cuales tomando en cuenta las condiciones edáficas y las etapas de sucesión tiene una

fisonomía similar en cualquier parte del mundo", las principales formaciones que se encuentran en Colombia y su extensión se incluyen en la Tabla 1. Dicha Tabla junto con la gráfica que se ilustra en la figura 1. puede dar una mejor idea a los extensionistas sobre las formaciones Ecológicas posiblemente existentes en sus áreas de influencia. Es decir que conociendo los datos de precipitación, temperatura media y altura sobre el nivel del mar de una localidad, se puede clasificar dentro de las formaciones ecológicas preestablecidas o viceversa, si se conoce la formación vegetal se deduce fácilmente la temperatura, altura y precipitación del lugar.

Las principales formaciones que se encuentran en Colombia es -  
 tán marcadas con un asterisco. El bosque seco tropical se encuentra en regiones como gran parte de la Llanura del Caribe, Valles del Cauca, Sinú y Alto Magdalena; en el bosque húmedo tropical se encuentra el Magdalena Medio, gran parte del Urabá, Llanos Orientales y Amazonas. El bosque muy húmedo tropical predomina en la Costa del Pacífico, parte del Urabá y en general está asociado con el bosque húmedo tropical. En el bosque húmedo premontano y muy húmedo, premontano se encuentra casi toda la zona cafetera del país. En el bosque seco montano se encuentra la Sabana de Bogotá y los altiplanos de Boyacá y Nariño. En el bosque húmedo Montano bajo y muy húmedo montano bajo se encuentra el altiplano de Rionegro ( Antioquia ), altiplano norte de Antioquia y algunas zonas de Boyacá y Nariño. Para el caso de Colombia, la figura 2 ayuda a comprender mejor las relaciones entre el clima y las formaciones ecológicas. En el clima cálido piso tropical las formaciones -

TABLA 1

## FORMACIONES VEGETALES DE COLOMBIA

FORMACION VEGETAL (Formación Ecológica)	Extensión Ha.	Tem. Media °C	Prac. mm	Altura m.s.n.m.
Matorral desértico sub-tropical, md-ST	434.750	>24	125 - 250	
Monte espinoso sub-tropical, me-ST	563.775	>24	250 - 500	
Bosque muy seco tropical, bms-T	365.725	>24	500 - 1.000	
Bosque seco tropical, bs-T*	11.432.642	>24	1.000 - 2.000	0 - 1.100
Bosque húmedo tropical, bh-T*	25.338.399	>24	2.000 - 4.000	0 - 1.000
Bosque muy húmedo tropical, bmh-T*	12.461.331	>24	4.000 - 8.000	
Bosque pluvial tropical, bp-T	1.202.500	>24	8.000	
Monte espinoso premontano, me-PM	11.583	<24	250 - 500	800 - 2.000
Bosque seco premontano, bs-PM	377.147	<24	500 - 1.000	800 - 2.100
Bosque húmedo premontano, bh-PM*	2.839.748	18-24	1.000 - 2.000	900 - 2.100

TABLA 1. ( Continuación )

FORMACION VEGETAL ( Formación Ecológica )	Extensión Ha.	Tem. Media °C	Prec. mm.	Altura m.s.n.m.
Bosque muy húmedo premontano , bmh-PM*	4.763.493	17-24	2.000 - 4.000	1.000 - 2.000
Bosque pluvial premontano, bp-PM	3.051.162		4.000	
Bosque seco montano bajo, bs-MB*	864.249	12-18	500 - 1000	2.000 - 3.000
Bosque húmedo montano bajo, bh-MB*	856.478	12-18	1.000 - 2.000	1.900 - 2.900
Bosque muy húmedo montano bajo, bmh-MB*	4.637.243	12-18	2.000 - 4.000	1.800 - 2.600
Bosque pluvial montano bajo, bp-MB	1.416.705	12-18	4.000	2.000 - 3.000
Bosque húmedo montano, bh-M	570.476	6-12	500 - 1.000	3.000
Bosque muy húmedo montano, bmh-M	772.188	6-12	1.000 - 2.000	2.700 - 2.900
Bosque pluvial montano, bp-M	1.413.245	6-12	2.000	
Páramo subalpino	25.790	3-6	500 - 1.000	
Tundra pluvial alpina y páramo pluvial alpino	176.925	6	500 - 2.000	4.000

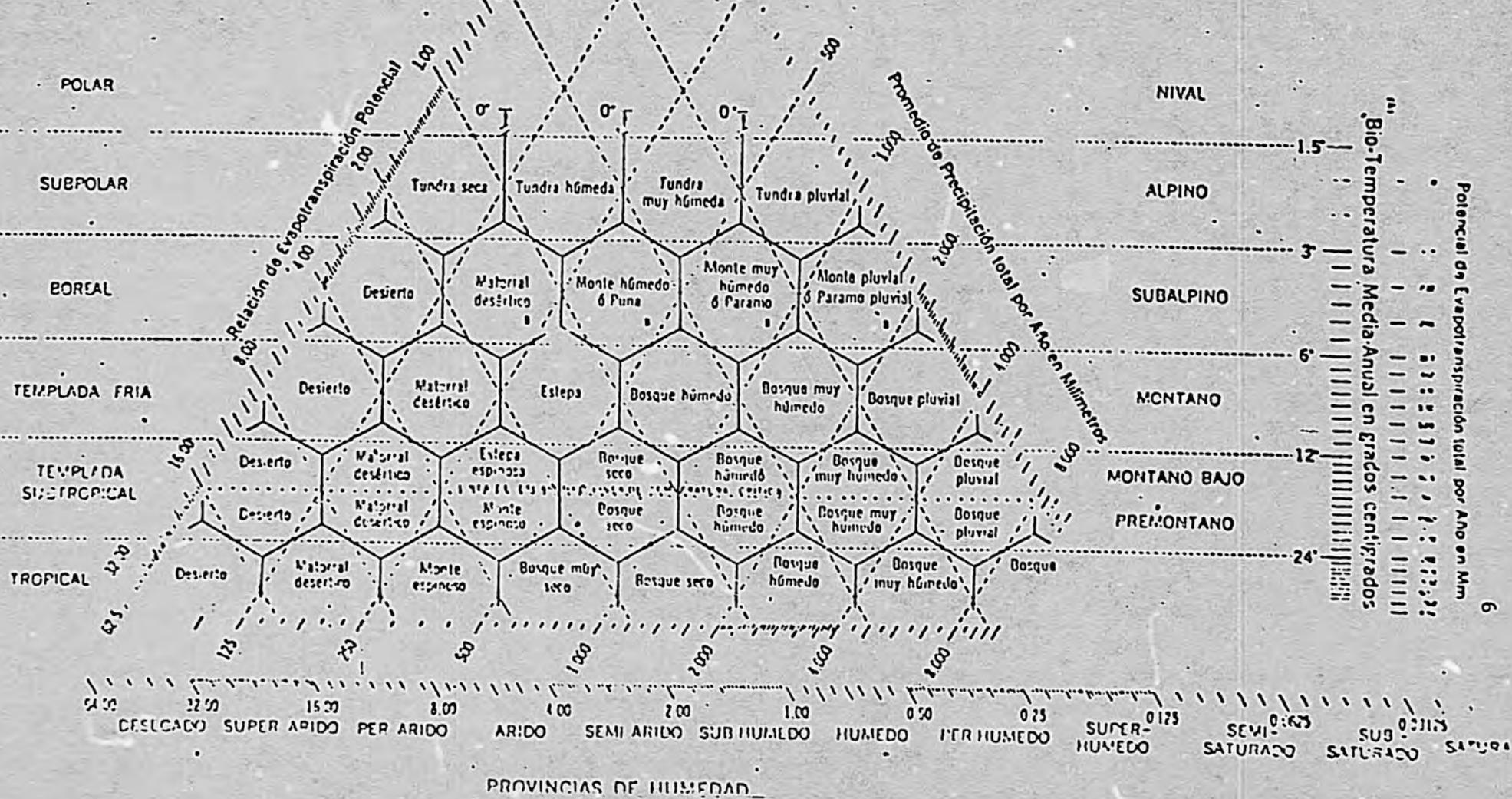
172

FIGURA 1 : DIAGRAMA PARA LA CLASIFICACION DE ZONAS DE VIDA O BIOTOPICIONES VEGETALES DEL MUNDO

Por L. R. HOLDRIDGE

REGIONES LATITUDINALES

PISOS ALTITUDINALES



Bio-Temperatura Media Anual en Grados centígrados  
 Potencial de Evapotranspiración total por Año en Mm

179

REGION LATITUDINAL TROPICAL COLOMBIANA

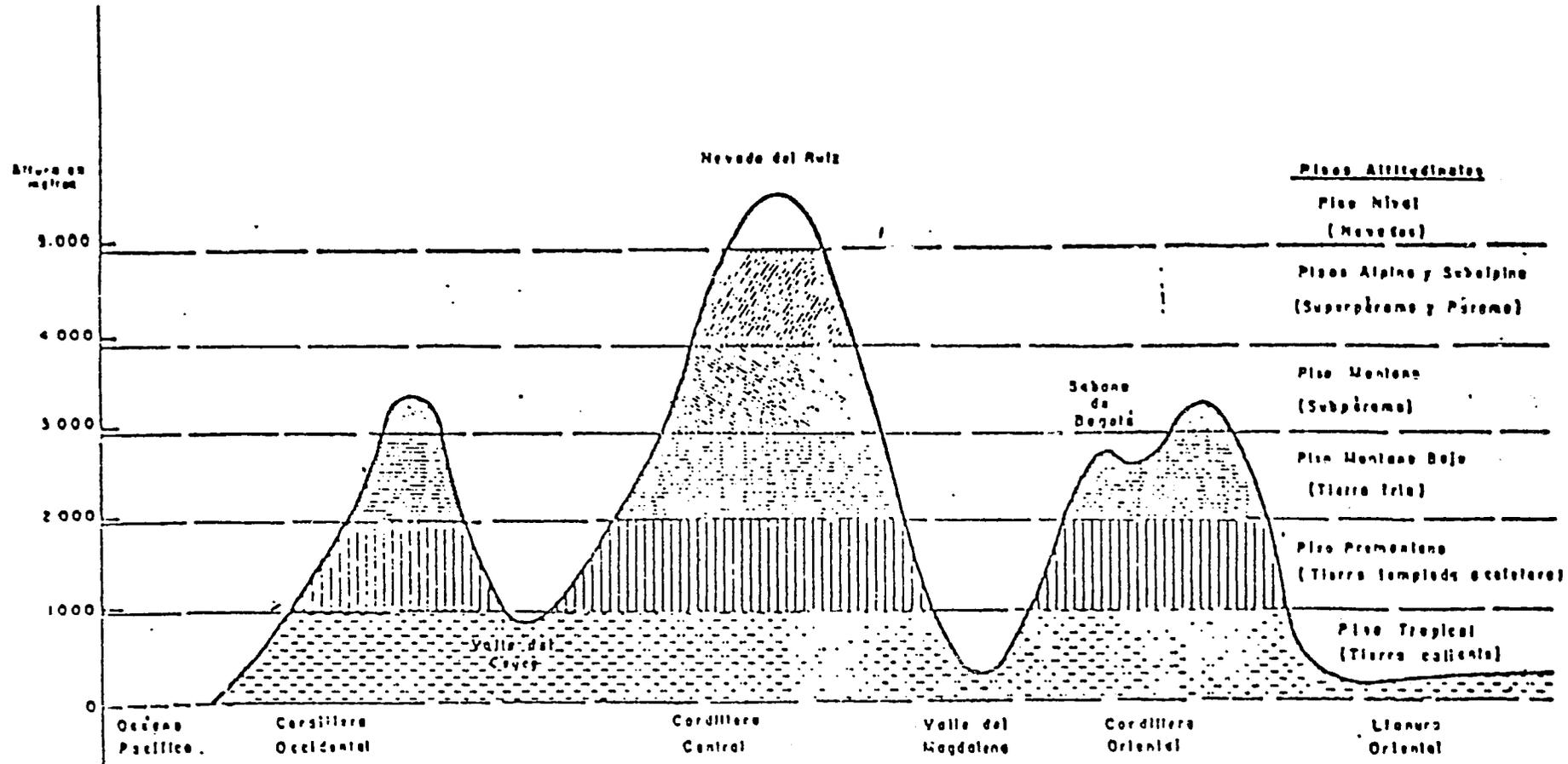


FIGURA:2 Corte esquemático de los Cordilleras Colombianas. Equivalencia de los pisos de Holdridge con la denominación común de las zonas.

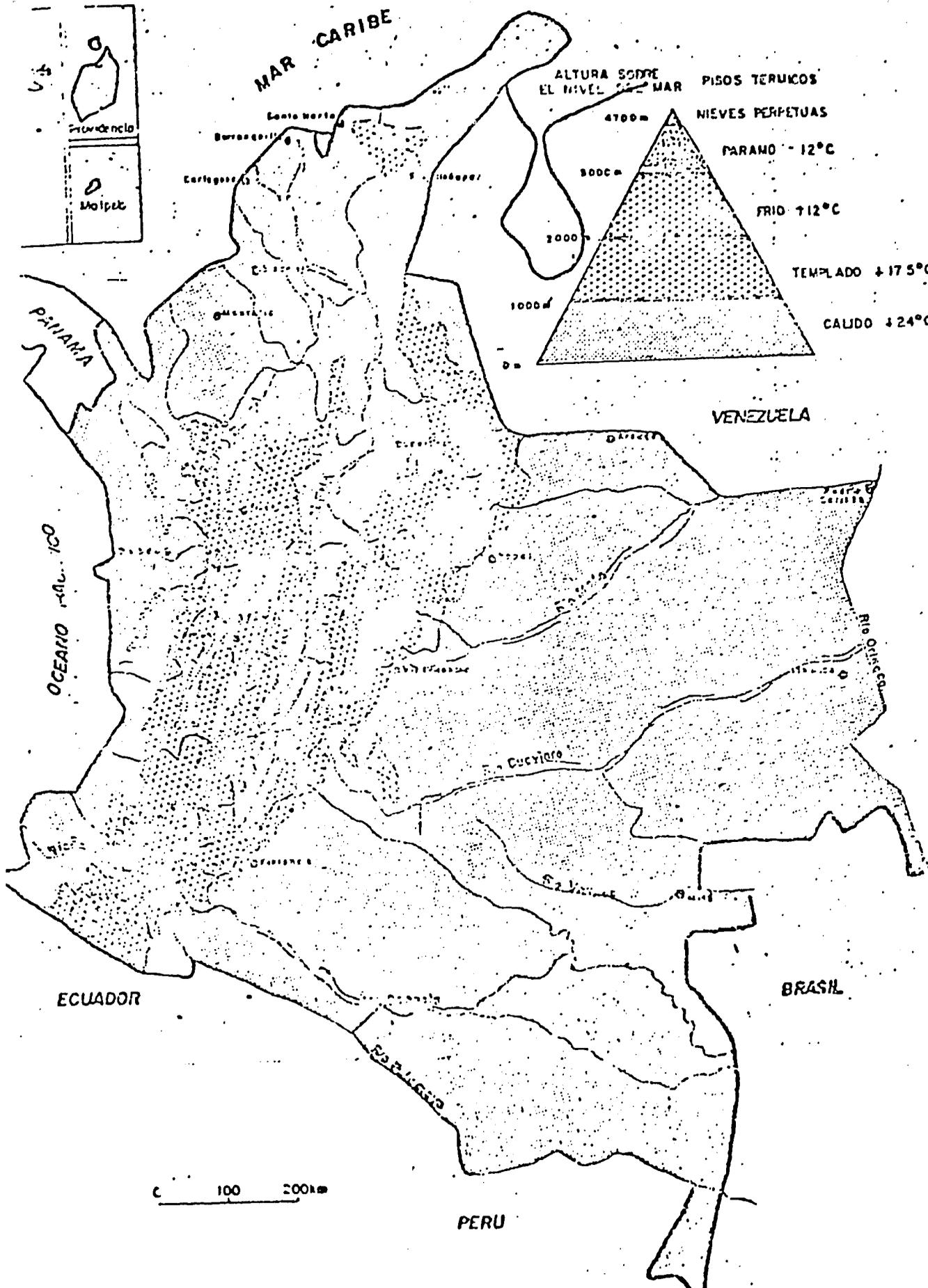
ecológicas más importantes son el bosque muy seco tropical, bosque seco tropical, bosque húmedo tropical, bosque muy húmedo tropical y bosque pluvial tropical. En el clima templado o medio las formaciones ecológicas más importantes son : el bosque seco premontano, bosque húmedo premontano y muy húmedo premontano.

En el clima frío, las formaciones ecológicas más importantes son: el bosque seco montano bajo, húmedo montano bajo y muy húmedo montano bajo. En el páramo la formación más importante es el bosque húmedo montano.

#### 2.1.1 La Temperatura

En las plantas superiores el rango de temperatura adecuado está entre 10 y 40°C. Es decir por debajo de 10 y por encima de 40, el crecimiento se reduce drásticamente. La gran variedad climática existente en el país, está determinada por la diversidad de relieves comprendidos desde el nivel del mar hasta más de 5000 metros de altitud. La temperatura es uniforme durante todo el año, no existiendo estaciones térmicas, pero en cambio son grandes las variaciones entre temperaturas máximas y mínimas en un día. La superficie del país se divide en cuatro pisos térmicos : Cálido, medio, frío y páramo como se observa en el mapa 1. El piso térmico cálido comprende temperatura superiores a 24°C y se encuentra en alturas superiores a 1000 msnm, cubre aproximadamente el 80% del país y se localiza en las llanuras costeras del Caribe y del Pacífico, en los Valles del Magdalena, Cauca, César,

# PISOS TERMICOS



Catatumbo, Patía, y otros en las extensas regiones de la Orinoquia y la Amazonía. El piso medio o templado cubre el 10% del territorio nacional y se ubica en alturas de 1000 msnm., comprende temperaturas entre 17 y 24°C, se localiza principalmente en la vertiente de las Cordilleras. El piso térmico frío va de los 2000 a 3000 m. de altura, con temperaturas de 12 a 17°C., cubre el 8% del territorio y se localiza en la parte alta de la Cordillera. El piso térmico páramo comprende las tierras situadas a más de 3000 mts. con temperaturas inferiores a 12°C., se localiza en la cima de las montañas, distinguiéndose dentro de él las zonas de nieves perpetuas. Sobre una gran parte del territorio Colombiano, principalmente al norte de la línea ecuatorial predomina el viento con componente del este ( alisios ), el cual influye sobre el régimen climático de la mayoría de las regiones del país especialmente en los Llanos Orientales, la Guajira y los Valles Interandinos. Cuando el viento escala los sistemas montañosos de la Cordillera Oriental determina en su camino ascendente precipitaciones máximas sobre la ladera expuesta ( barlovento ). Al bajar por la falda occidental el aire se calienta adiabáticamente, llegando como viento relativamente caliente y seco a las partes bajas del Valle del Magdalena. Está es una de las razones que explica porqué los grandes valles interiores son generalmente más cálidos que el resto del país. Se ha determinado que la temperatura media mensual y anual disminuye con la elevación a razón aproximada de 0.6 a 0.65°C. por cada 100 metros, apartándose del gradiente teórico sólo por factores geográficos. Se ha sugerido en vista de la alta correlación que existe entre altura sobre el nivel del mar y temperatura una fórmula que permita estimar la temperatura

de un lugar a falta de datos meteorológicos y es la siguiente:

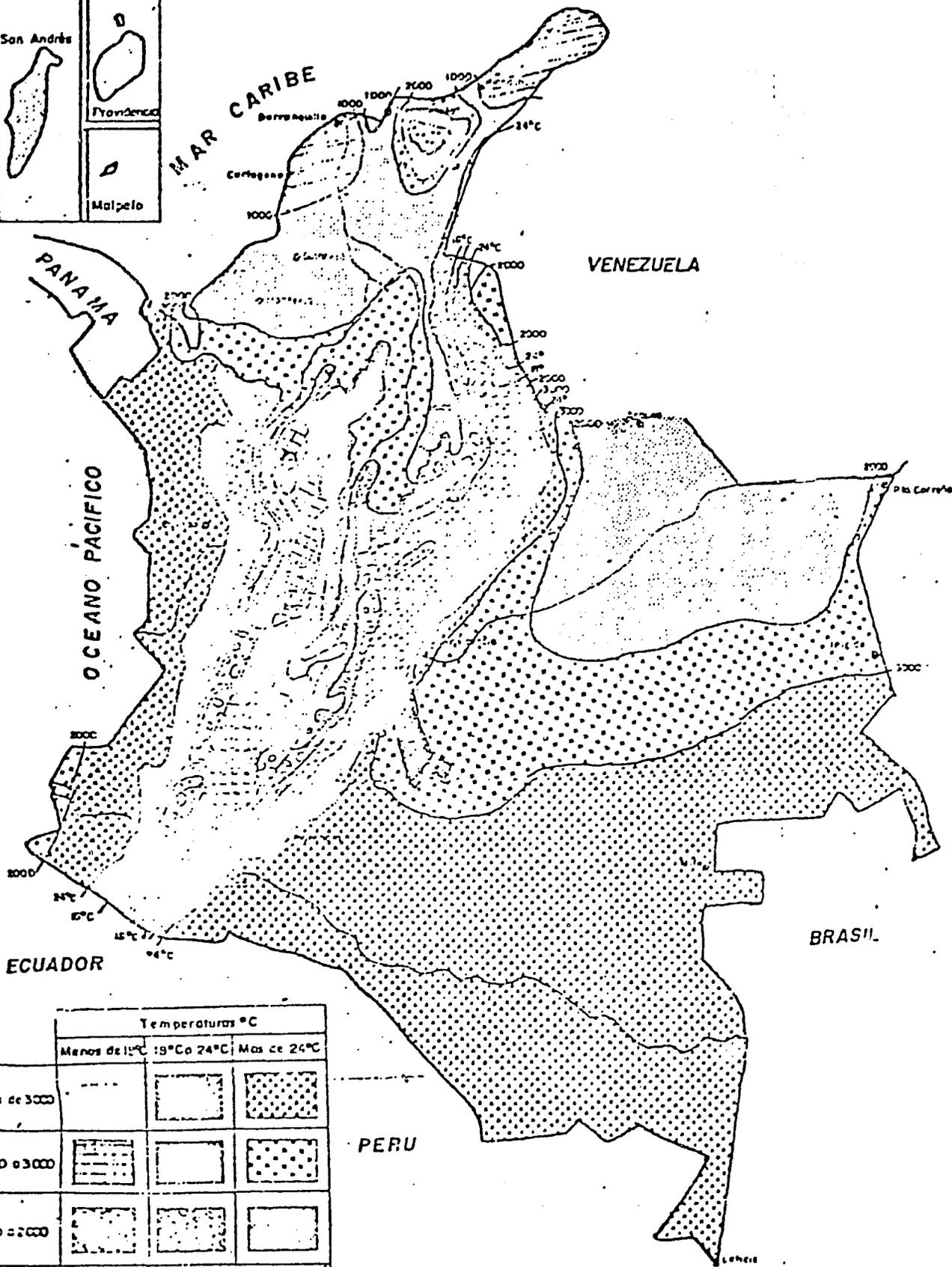
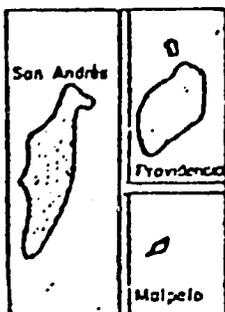
$$T = 30^{\circ}\text{C} - 0.006 \cdot h$$

Donde  $T$  es temperatura en grados centígrados y  $h$  es la altura en metros sobre el nivel del mar.

### 2.1.2 La Precipitación

La precipitación de un lugar en el país está determinada principalmente por la situación de la mayor parte del territorio nacional al norte del Ecuador climático, así como también por la temperatura, vientos, altitud, relieve etc., véase Mapa No. 2. Los vientos que soplan en el país son los alisios del Nor-oeste y del Sur-este. Los del Noroeste determinan las épocas secas cuando alcanzan una mayor penetración en el Continente ( diciembre a marzo ). Los del sureste predominan en la parte más oriental del país. En cuanto a la humedad atmosférica debido a la localización del país entre dos Océanos, la presencia de grandes y caudalosos ríos, ciénagas y lagunas, el régimen de lluvias y la ubicación inter-tropical y otras condiciones geográficas hacen que algunas regiones del país tengan humedad permanente ( 75 - 90% ) como en la Llanura del Pacífico, la selva Amazónica, márgenes del orinoco, Pie de Monte Llanero y parte media del Magdalena. Existen zonas donde la humedad es alta en épocas de lluvias y disminuyen a un 65% cuando cesan, fenómenos que se presentan en la Sabana de Bogotá, Valle del Cauca y otros lugares, en la península de la Guajira la humedad es del 70% a causa de la proximidad al mar.

# LAS LLUVIAS Y LAS TEMPERATURAS EN COLOMBIA



	Temperaturas °C		
	Menos de 15°C	15°C a 24°C	Más de 24°C
Más de 3000	[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]
2000 a 3000	[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]
1000 a 2000	[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]
Menos de 1000	[Pattern]	[Pattern]	[Pattern]

La precipitación puede ser clasificada de acuerdo a su intensidad en la siguiente forma:

Suave	:	6	mm/hora
Media	:	6-12	mm/hora
Fuerte	:	12-50	mm/hora
Severa	:	más de 50	mm/hora

### 2.1.3 La Evapotranspiración

El término evapotranspiración agrupa el consumo de agua por evaporación en el suelo y en la superficie, más las pérdidas por transpiración de las plantas. Este término no incluye el agua consumida en la formación de los tejidos vegetales. En términos generales se acepta que evapotranspiración y uso consuntivo son sinónimos. El término evapotranspiración potencial se define como la evapotranspiración que tendría lugar en una vegetación de escasa altura en activo crecimiento, que cubre integralmente el terreno y no hay restricción de humedad edáfica. Las plantas absorben grandes cantidades de agua. Por cada kilogramo de materia seca producida los requerimientos de agua de una planta varían entre 200 y 1000 Kg. los requerimientos de agua por los cultivos varían mucho de uno a otro. Algunos necesitan más agua en las fases iniciales del período vegetativo, mientras que otros la requieren en etapas más avanzadas.

Se han determinado diferentes métodos y fórmulas para medir la evapotranspiración, sin embargo las más utilizadas están basadas en da-

tos climáticos. Entre éstas el de mayor aplicación es la de Thorthwaite la fórmula es como sigue:

$$E_{tp} = 0.53 \left( \frac{10 t}{1} \right)^a$$

Donde:

$E_{tp}$  = Evapotranspiración media diaria en mm.

$$I = 12 \left( T_{\text{anual}} \right)^{1.514}$$

5

$T$  = Temperatura media mensual

$$a = \text{Exponente} = (675 \times 10^{-9}) I^3 - (771 \times 10^{-7}) I^2 + (179 \times 10^{-4}) I + 0.492$$

Basados en la fórmula anterior el HIMAT calculó valores mensuales y anuales de evapotranspiración media en Colombia, utilizando los datos de las estaciones metereológicas conforme se ve en la Tabla 2 a manera de ejemplo. Dichos datos podrían dar una idea aproximada de la evapotranspiración en cualquier área que esté dentro del radio de cobertura de la estación correspondiente. Por otra parte Horgreaves según lo expresa Olmos ( 9 ) ha desarrollado una fórmula que considera la evaporación de un tanque Clase A ( evaporímetro ) como índice climático además de un factor de crecimiento, su expresión es :

$$EF = K E v$$

$EF$  = Evapotranspiración potencial

$Ev$  = Evaporación en m m.

$K$  = Coeficiente de uso consuntivo adimensional

TABLA 2 VALORES MENSUALES Y ANUALES ( 1951 - 1973 ) DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL MEDIA EN COLOMBIA CALCULADOS SEGUN METODO DE G. V. THORNTON ( EN MM ) -

No.	ESTACION	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	TOTAL ANUAL	AMPLITUD ANUAL
1	El Meroy	153.0	147.9	166.9	156.1	149.5	140.4	130.4	144.9	145.4	140.3	148.5	151.5	1783	36.5
2	El Paparro	149.9	147.9	170.0	159.1	133.6	111.2	108.1	119.7	136.4	142.1	142.6	146.9	1662	61.9
3	Puerto Infrida	148.3	136.7	145.2	137.7	133.6	120.5	119.7	126.0	130.3	139.0	135.0	140.0	1613	20.6
4	El Tapón	146.9	145.1	166.9	149.9	120.8	102.0	90.6	107.1	118.2	130.9	136.6	140.8	1566	69.3
5	Apto. Leticia	146.3	131.1	143.5	135.0	132.9	116.0	123.6	129.8	135.0	141.8	137.7	143.1	1619	27.5
6	Las Gaviotas	157.6	147.9	160.7	143.8	143.1	111.2	107.1	122.8	139.4	142.1	141.0	146.9	1664	53.6
7	Apto. Arauca	145.4	140.8	160.7	149.9	144.4	127.9	128.4	133.6	139.4	142.1	139.6	142.2	1625	32.8
8	Nazareth	112.9	107.3	126.7	143.5	153.7	150.9	150.4	150.9	140.8	124.2	113.5	111.7	1524	51.1
9	Barveana	124.2	124.2	142.1	128.5	122.0	112.3	112.4	114.5	118.2	120.5	116.8	121.2	1459	29.8
10	Caricagua	144.9	139.5	154.5	137.7	127.2	111.2	100.1	116.6	127.3	129.8	127.7	140.8	1567	46.4
11	Bocas del Ariari	142.1	135.4	142.1	110.2	116.6	101.0	97.6	109.2	118.2	121.7	117.0	126.7	1446	44.5
12	Aquitania	52.0	47.4	55.6	55.1	54.1	49.9	50.9	47.2	45.4	49.4	50.5	51.5	609	10.2
13	El Tunel	52.0	47.4	52.5	52.0	54.1	49.9	50.9	50.4	40.5	42.4	50.5	51.5	609	6.7
14	Belescito	61.2	55.8	64.9	64.3	63.6	59.3	57.2	56.7	54.5	50.7	56.4	60.6	713	9.1
15	Chita	55.1	50.2	58.7	58.1	57.2	49.9	50.9	50.4	48.5	52.5	52.5	54.5	626	10.2
16	Suratá	69.3	63.5	71.1	70.4	73.8	71.8	73.8	73.1	69.7	71.1	65.3	69.7	813	16.3
17	Blonay	69.7	63.5	64.9	77.2	83.5	78.8	77.0	79.5	76.5	76.5	70.6	66.0	804	20.0
18	Francisco Romero	75.8	74.5	86.5	89.6	96.3	94.5	93.1	95.4	91.8	85.7	79.4	78.0	1041	21.8
19	Carmen de Tonchalá	139.4	129.8	148.3	148.3	160.5	157.5	160.5	165.4	159.1	156.1	141.0	141.0	1877	35.6
20	Cúcuta (Ferrocarriil)	145.4	133.9	154.5	151.4	165.2	162.0	162.2	165.4	159.1	156.1	144.1	144.0	1845	31.5
21	Apto. Casilo Daza	145.4	132.5	151.4	151.4	163.7	157.5	160.5	165.4	159.1	156.1	144.1	144.0	1831	32.9
22	Tilla Olga	127.3	124.2	142.1	142.1	154.1	151.2	154.1	159.0	156.1	150.0	135.2	126.0	1721	34.9
23	Risaralda	136.4	127.0	142.1	145.2	150.9	151.2	154.1	159.0	153.0	142.9	135.2	135.0	1739	32.0
24	Alto Viento (Ferroco.)	139.4	127.0	142.1	142.1	150.9	148.0	150.9	155.8	146.9	146.9	135.2	135.0	1720	28.9
25	El Dava	142.4	132.5	151.4	151.4	160.5	157.5	157.3	159.0	150.0	150.0	141.1	141.1	1794	28.0
26	Tibú	135.0	127.0	145.2	143.2	158.8	154.4	155.5	155.8	146.9	146.9	135.2	135.0	1744	31.9
27	La Paulina	124.7	117.4	142.1	148.3	157.0	152.6	160.2	154.1	146.9	140.8	139.9	135.6	1715	42.0
28	Escuela Carraipía	109.9	106.5	126.7	142.1	150.4	146.3	153.7	147.7	140.8	125.5	116.4	115.8	1591	47.2
29	Uribí	145.5	136.5	157.6	168.5	176.6	173.3	170.2	173.3	162.2	157.6	140.4	147.0	1925	41.7
30	Manauao	139.6	131.0	154.5	162.2	170.0	166.9	174.9	166.9	156.1	151.5	142.6	141.1	1857	43.9
31	Cabo de la Vela	136.6	129.7	148.3	159.1	170.0	166.9	171.6	166.9	153.0	145.4	136.0	135.2	1820	41.9
32	Matías	121.8	117.4	142.1	148.3	157.0	152.6	157.0	154.1	143.8	140.8	131.0	133.6	1709	37.6

182

El coeficiente de uso concientivo está definida por la relación entre la evapotranspiración potencial (  $EF$  ) y la evaporación medida en un tanque Clase A. La relación media  $\frac{EF}{EV} = 0.75$  se encontró para las condiciones del trópico. El proceso inverso al agotamiento de la humedad edáfica por evapotranspiración los constituye el " aporte hídrico " por diversos conceptos: precipitación, ascenso del agua por capilaridad , condensación del vapor acuoso. El movimiento del agua como vapor acuoso en la rizoosfera es de escasa importancia e igualmente el de capilaridad siendo el aporte hídrico básicamente la precipitación. Entonces conociendo la precipitación y la evapotranspiración se planteó el balance hídrico, asumiendo una capacidad de almacenamiento de agua en el suelo. Dado que el balance hídrico de una área y la necesidad de riego de un cultivo pueden calcularse para diferentes intervalos de tiempo y con datos promedios de diferentes series de registros y capacidades de almacenamiento de agua en el suelo, es posible detectar mediante este análisis necesidades permanentes de riego ( riego integral ) o necesidades temporales ( riego suplementario o eventual ).

En términos generales se puede estimar la capacidad de almacenamiento de agua de un suelo en la zona radicular de las plantas por medio de la siguiente expresión:

$$(1) \quad P_v = P_w \times D_a \times P_r$$

Donde :

- $P_v$  = % de agua en volumen en la zona radicular
- $P_w$  = % de agua en base seca
- $D_a$  = Densidad aparente del suelo
- $P_r$  = Profundidad efectiva del sistema radicular del cultivo

182A

La expresión [1] multiplicada por el área que se va a irrigar y por un factor de agotamiento que depende del uso consecutivo de cada planta da ría el volumen de agua que debe aplicarse. De igual manera de la expresión [1] es posible estimar el contenido de humedad del suelo conociendo la precipitación promedio mensual expresada en cms.

$$\text{Precipitación ( cm )} = Pw \times Da \times Pr$$

Dicho contenido de humedad guarda relación con la capacidad de campo y punto de marchitamiento y da idea al técnico sobre las situaciones de déficit y exceso de agua durante un período.

Olmos ( 9 ) elaboró estudios de balance hídrico para varios cultivos en el CNIA " Tibaitatá " y a manera de ejemplo se presentan las curvas de déficit y exceso de agua para el cultivo de papa teniendo en cuenta los coeficientes de uso consecutivos elaborados por Hargreaves y mediante los registros de evaporación promedio mensual que permitieron calcular la evapotranspiración como se observa en la figura 3. Se concluye del estudio de la gráfica que no puede hablarse de períodos de déficit para el cultivo en condiciones promedias ya que cuando se presenta las plantas ya han alcanzado su desarrollo foliar total y entran en su fase de maduración. Períodos de exceso se presentan siendo los de más riesgo cuando la siembra se efectúa hacia el 15 de marzo o en las fechas escogidas en el segundo semestre, lo anterior en razón a las altas precipitaciones esperadas.

## 2.2. El Factor Suelo

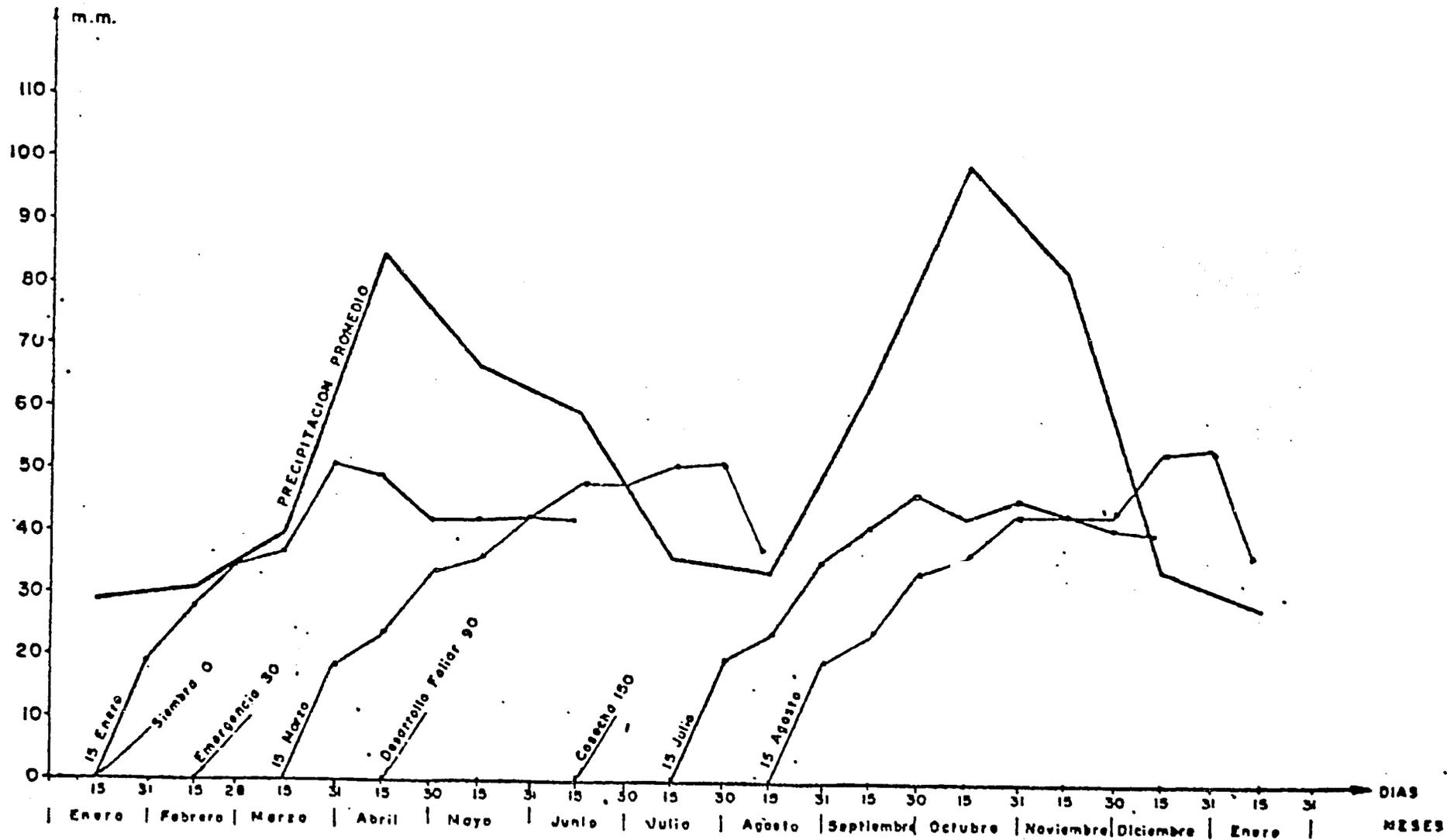


Figura Comparacion de la curva de precipitacion promedio con las de evapotranspiracion de la papa, para diferentes fechas de siembra en el C.N.I.A. Tibaltata.

184

Con respecto al factor suelo se deben considerar las variables de tipo modificable e inmodificable que se derivan de sus propiedades físicas y químicas y el papel que estas juegan dentro del agrosistema.

Algunos estudios para tratar de medir el efecto de estas variables han sido hechas, entre ellas el de Tobon ( 11 ) que concluyó en que la interacción de variables experimentales como N y P con variables de sitio como la profundidad del horizonte A, la topografía y la sequía determinaban la existencia de varios sistemas de producción en la región estudiada. La gran variedad de climas en unión de otros factores como el material parental, el relieve, o topografía, el tiempo o edad y los organismos ( especialmente la vegetación ) han dado como resultado una gran diversidad de suelos, con sus diferentes características físicas, químicas, y lógicamente de fertilidad.

#### 2.2.1 Algunas Características Físicas de los Suelos

Dentro de las características físicas de los suelos revisten especial importancia aquellas que tienen que ver con la capacidad del suelo para retener la humedad. Dicha capacidad está íntimamente relacionada con la textura, estructura, densidad, permeabilidad, profundidad y tasa de infiltración del suelo, propiedades que se describen brevemente a continuación por considerar que el extensionista debe tenerlas en cuenta y asociarlas con los resultados agronómicos obtenidos.

##### 2.2.1.1 La Capacidad de Retención de Humedad del Suelo

El suelo funciona como un depósito capaz de almacenar la cantidad de agua necesaria para el desarrollo de las plantas. El agua del suelo se clasifica en : Agua gravitacional, retenida en los poros de mayor tamaño y que se mueve libremente hacia abajo por acción de la gravedad. Agua Capilar retenida en los poros de tamaño reducido, su movimiento se producirá por acción de las fuerzas capilares, agua higroscópica que es la retenida en la superficie de las partículas, especialmente de los coloides, su movimiento es muy restringido y se produce principalmente en forma de vapor de agua. No es disponible para el desarrollo de las plantas. El agua es retenida en el suelo con una fuerza que hay necesidad de vencer para removerla; esta fuerza se conoce con el nombre de " Tensión ". La magnitud de la tensión depende de la cantidad de agua presente en el suelo y del tamaño de los poros del suelo, es decir de la textura. Entre menor sea el contenido del agua de un suelo mayor es la tensión con que ésta es retenida. La Figura 4 muestra la variación de la tensión con respecto al contenido de agua para tres tipos de suelo. Claramente se ve que el suelo arcilloso retiene una mayor cantidad de agua que un suelo arenoso a la misma tensión; de la misma manera para un mismo contenido de agua la tensión es mayor en el suelo arcilloso, la tensión se mide en unidades de presión y generalmente se expresa en términos de atmósferas o bares. Otro concepto importante es el de " agua disponible " . La capacidad de almacenamiento de agua del suelo está definida por la cantidad de agua retenida en el suelo entre capacidad de campo ( CC. ) y el punto de marchitamiento ( PMP ) . La " capacidad de campo " se define como la cantidad de agua que contiene

186

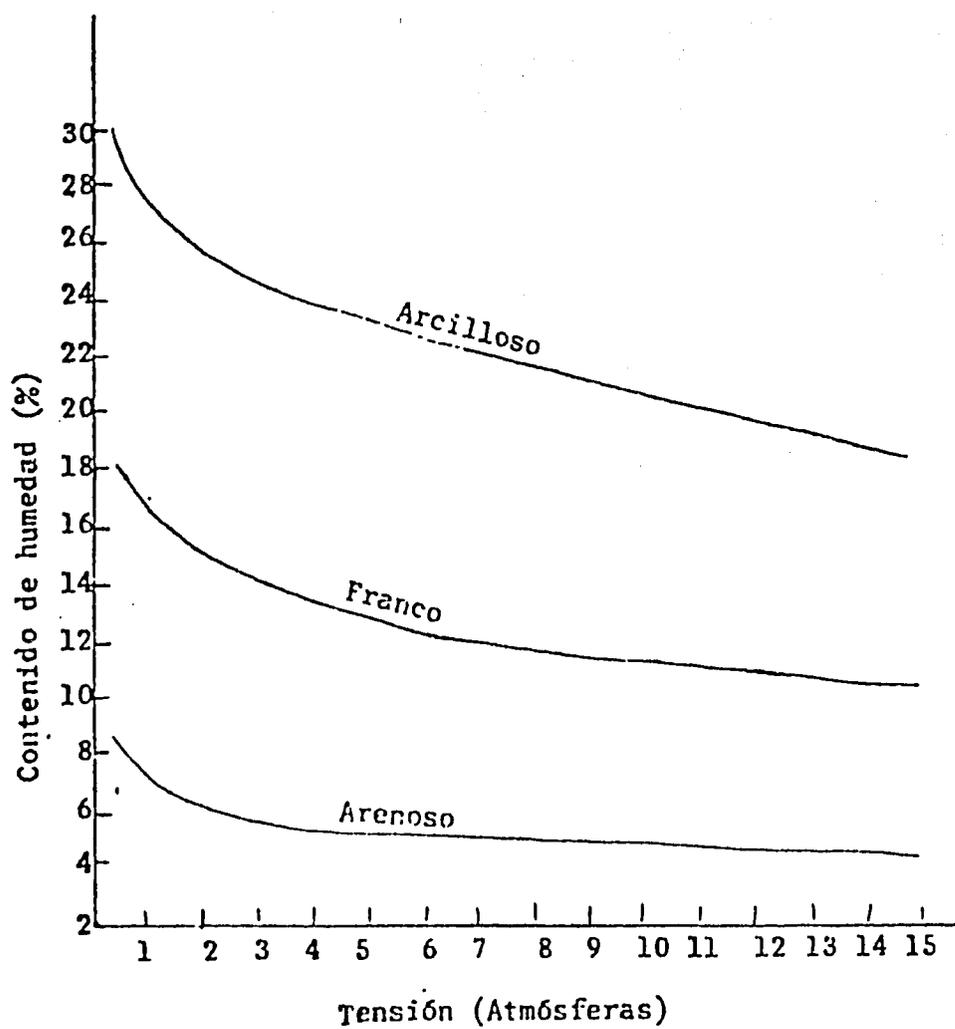


FIGURA 4. Curvas características de humedad

un suelo después que el agua libre ( gravitacional ) ha drenado o como la máxima cantidad de humedad retenida contra la fuerza de la gravedad. A capacidad de campo los macroporos están llenos de aire y los microporos de agua. La tensión a capacidad de campo varía entre 0.1 y 0.7- atmósferas. El valor depende de la textura. El " punto de marchitamiento permanente " es aquel contenido de humedad del suelo al cual las plantas no son capaces de obtener el agua necesaria para el proceso de transpiración; se produce marchitez permanente hasta tanto no se riegue. La tensión en el punto de marchitamiento permanente varía entre 7 y 32 atmósferas dependiendo de la textura del suelo, la clase y estado de las plantas, la cantidad de sales solubles y en algún grado del clima. En el rango de tensiones en que se produce la marchitez permanente, la variación en el contenido de humedad es muy pequeña, por lo cual usualmente se emplea el valor de 15 atmósferas para identificar el PMP. La Figura 5 ilustra la relación entre humedad disponible o capacidad de campo y punto de marchitamiento.

#### 2.2.1.2 La Textura del Suelo

Hace relación a la diferente proporción de separados en la fracción mineral del suelo, denominándose arenas si su tamaño es de 2 a 0.05 m m. de diámetro, limos, si el tamaño es de 0.05 a 0.002 m m. de diámetro y arcillosos si el tamaño es menor de 0.002 m m. de diámetro.

De acuerdo con el separado que domine en el suelo este recibe un nombre textural. Así si domina la arena el suelo se llama arenoso o liviano, si domina la arcilla se denomina arcilloso o pesado y si hay

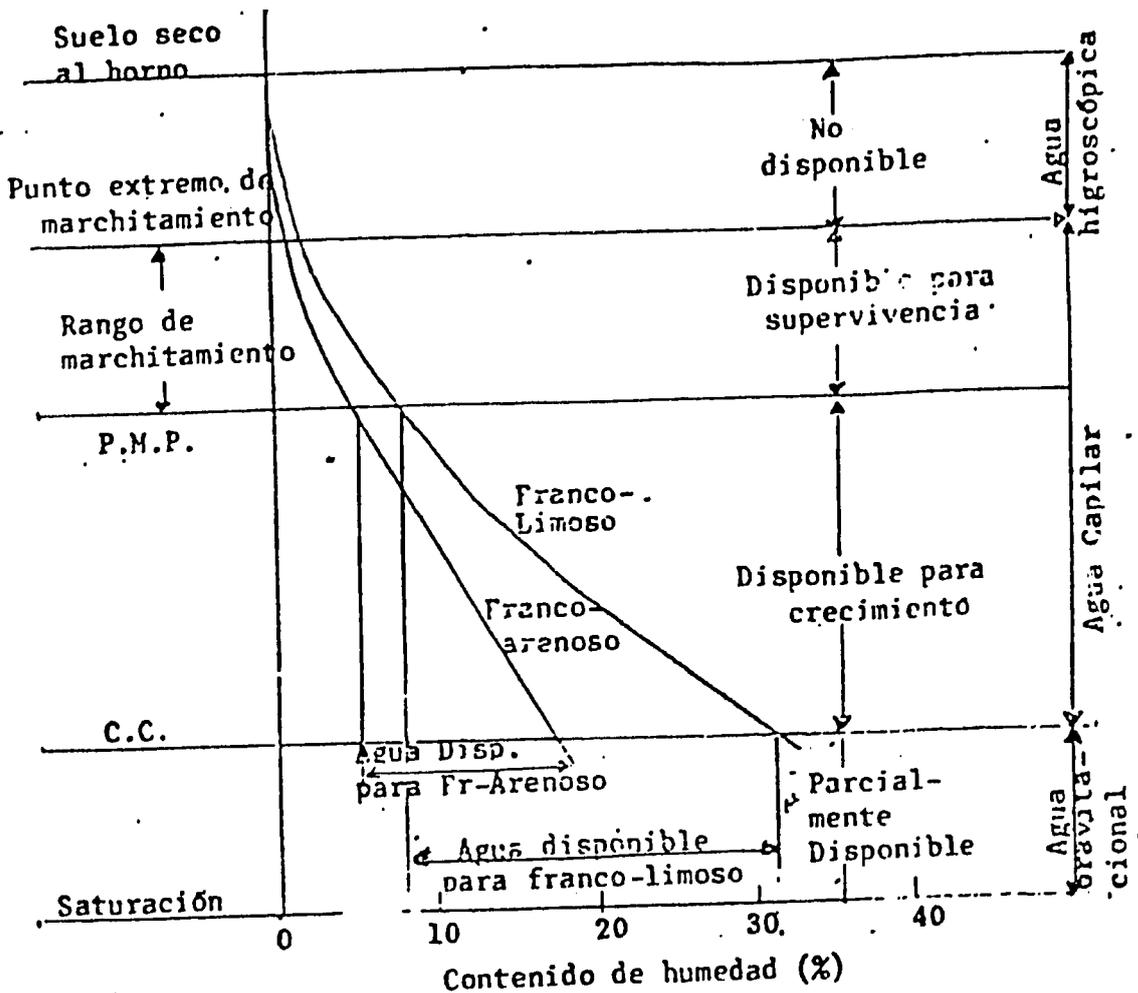


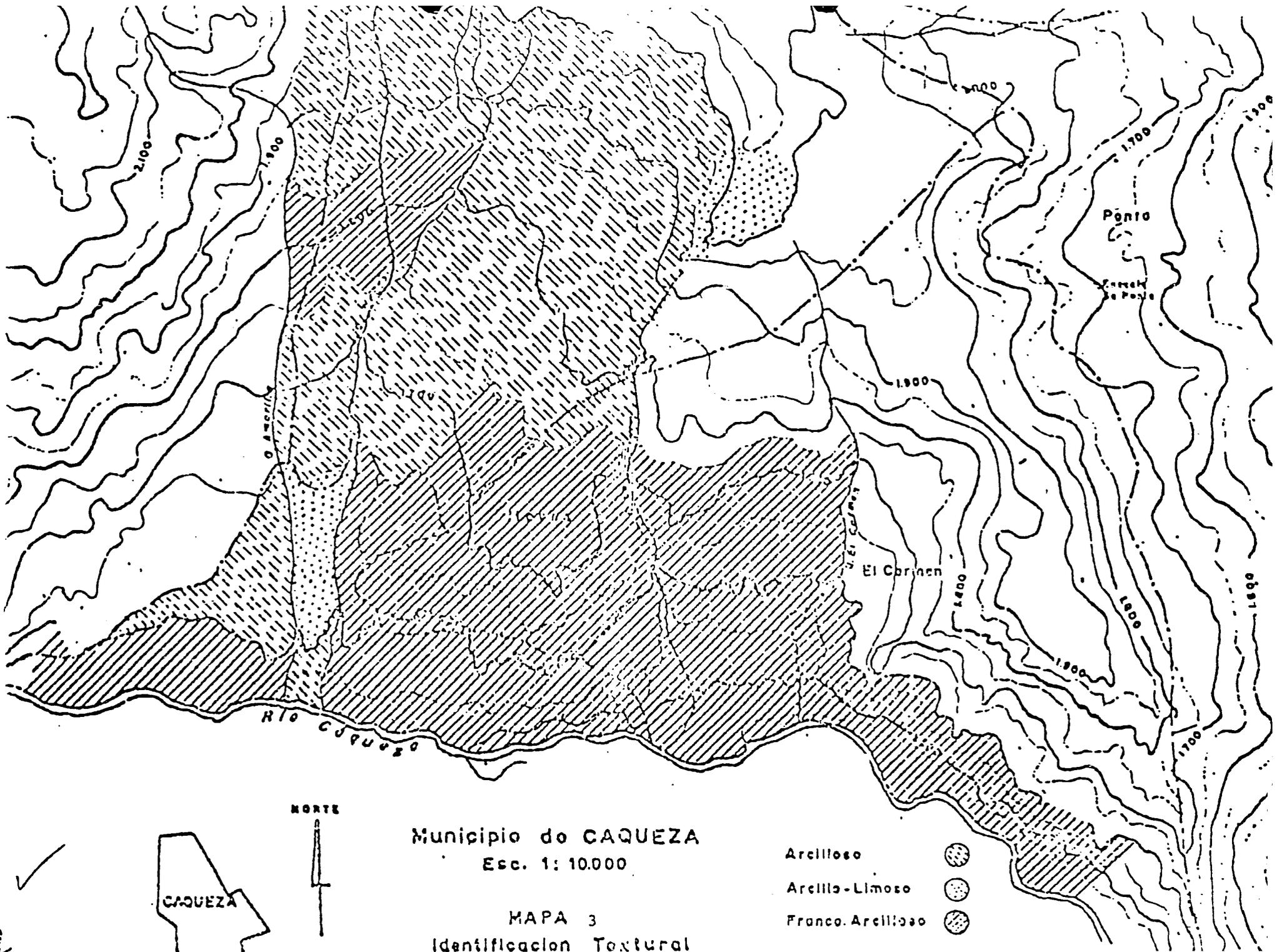
FIGURA 5 Clases de agua del suelo y su disponibilidad para dos tipos de suelos. (Tomado de: S.C.S. National Engineering Handbook - Section 15 - Chapter 1.. p. 1-11)

una mezcla adecuada de los tres separados se denomina franco. Entre las propiedades del suelo que están relacionadas con su textura se pueden citar la facilidad de labores, susceptibilidad a la erosión, facilidad de germinación de las semillas, penetración de raíces, contenido y retención de nutrientes y contenido y retención de agua. De ahí la importancia de conocer la textura del suelo. Ojeda ( 8 ) realizó un estudio de esta naturaleza en Cáqueza como se observa en el Mapa 3 encontrado predominio de textura arcillosa en la parte más alta de la región entre la cota 1800 msnm y el Río Cáqueza. Las otras dos texturas se presentan como zona de transición entre las dos texturas predominantes. Con respecto a la retención de humedad por diferentes texturas de suelo, en la Figura 6 se observa que las curvas de tensión para suelos arcillosos, están siempre por encima de las curvas de tensión para los suelos franco arcillosos. La Tabla 3 muestra los valores de humedad para las tensiones estudiadas. El promedio de humedad aprovechable para los primeros 20 cm. de profundidad es de 16.29 mm.

### 2.2.1.3 Densidad Aparente y Real

La densidad aparente concebida en términos sencillos es el peso del suelo seco al aire en la unidad de volumen; es decir, el suelo incluye el espacio poroso y se expresa en gramos / cm<sup>3</sup>. El valor de la densidad aparente está ligado a la textura del suelo y a la cantidad de materia orgánica presente, pudiendo aproximarse a los siguientes:

Suelos orgánicos	: < 0.1 gm / cm <sup>3</sup>
Cenizas volcánicas	: < 0.7 gm / cm <sup>3</sup>



Municipio de CAQUEZA  
Esc. 1: 10.000

MAPA 3  
Identificación Textural

- Arcilloso 
- Arcillo-Limoso 
- Franco-Arcilloso 

NORTE



CAQUEZA



191

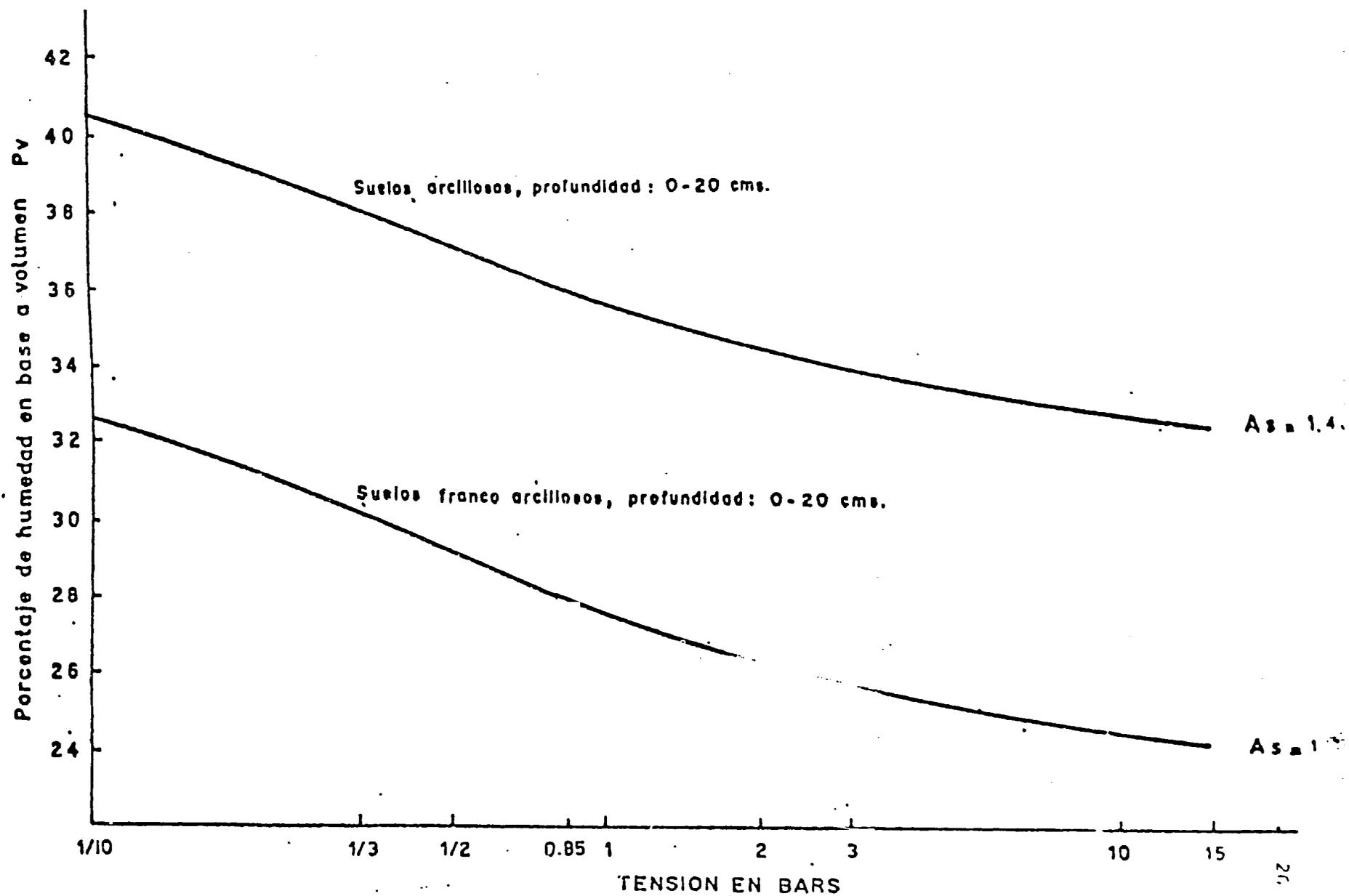


Figura 6. Curvas de tensión de humedad para los suelos arcillosos y franco arcillosos

TABLA 3. Porcentaje de humedad en base a volumen, a las tensiones de 1/10, 1 y 15 bares para los suelos estudiados (Cáqueza)

Suelos Arcillosos				Suelos Franco - arcillosos			
Sitio	1/10	1	15	Sitio	1/10	1	15
X 12	43.28	35.75	32.59	X 11	44.76	39.99	35.49
X 21	41.19	36.92	34.09	X 13	31.39	26.85	23.73
X 22	36.47	33.96	30.90	X 33	37.13	33.06	30.60
X 31	46.76	41.52	38.61	X 42	47.24	41.68	34.57
X 32	41.97	37.72	35.99	X 46	27.61	22.74	21.21
X 34	37.25	33.48	29.62	X 49	28.61	23.87	21.86
X 41	32.56	28.73	23.76	X 411	44.76	39.99	35.49
X 43	57.14	48.54	44.98	X 51	29.34	25.90	22.05
X 44	37.37	33.30	28.89	X 52	31.97	27.69	25.86
X 45	43.91	38.52	35.75	X 61	24.57	13.08	15.65
X 47	30.66	27.33	25.39	X 63	32.91	26.89	23.02
X 48	36.97	33.22	31.08	X 62	25.76	19.33	16.82
X 41C	40.42	35.62	30.59	X 64	25.38	19.75	15.98
Promedio	40.45	35.73	32.48	Promedio	32.56	27.54	24.25

Suelos minerales francos : ( + 5% MO ) :  $1 \frac{\text{gm}}{\text{cm}^3}$

Suelos arcillosos : 1.4 \_ 1.5 gm/cm<sup>3</sup>

Suelos arenosos : 1.5 gm / cm<sup>3</sup>

El conocimiento de la densidad aparente del suelo es esencial para la determinación de otras propiedades del suelo como son el porcentaje de humedad, el espacio poroso y el peso del suelo. La " densidad real " por su parte se refiere a la densidad de las partículas sólidas de los suelos y se expresa como la relación entre la masa de las partículas de sólidas y su volumen total (  $\frac{2\text{gm}}{\text{cm}^3}$  ). Normalmente un suelo mineral franco con 5% de materia orgánica tiene una densidad real aproximadamente de  $2,6 \text{ gm/cm}^3$  . En general la densidad real de un suelo puede estimarse mediante la fórmula:

$$\text{Dens. Real ( Dr )} = 2,65 - \frac{1,5 \times \% \text{ MO}}{100}$$

Es decir que a medida que aumenta el contenido de materia orgánica - disminuye la densidad real.

La densidad real es necesaria para calcular el espacio poroso así:

$$\% \text{ Poros} = \left( 1 - \frac{d_a}{d_r} \right) 100$$

donde  $d_a$  = densidad aparente

$d_r$  = densidad real

#### 2.2.1.4 La Estructura

Con este término se denomina el arreglo de las partículas ca-  
lidas de un suelo. Una estructura bien desarrollada indica generalmente  
la presencia de arcilla y materia orgánica, las cuales tienen propie~~da-~~  
des aglutinantes. Los distintos arreglos estructurales se denominan -  
granular , en placas en bloques y prismáticos. El más deseable es el  
tipo granular. La estructura se destruye cuando un suelo que contiene  
arcilla se ara estando muy húmedo, este proceso reduce el volumen de po-  
ros para la aireación y retención de agua.

#### 2.2.1.5 La Permeabilidad

Se refiere a la rapidez con la cual se mueve el agua desde la  
superficie del suelo al interior de éste y a través de los poros. La -  
permeabilidad depende principalmente de la textura, estructura y del es-  
pacio poroso.

#### 2.2.1.6 La Infiltración

Es el proceso por el cual el agua penetra en el medio ambiente  
del suelo cuando éste se humedece. La rata de infiltración es la velo-  
cidad con que el agua penetra en el suelo y se mide en mm/hora, la rata  
de infiltración aumenta con el espacio poroso. Y se ha categorizado co-  
mo sigue:

Muy rápida	:	254	mm/hora
Rápida	:	127-254	mm/hora

195

Moderadamente rápida	:	63-127	mm/hora
Moderada	:	26-63	mm/hora
Moderadamente lenta	:	5-20	mm/hora
Lenta	:	1-5	mm/hora
Muy lenta	:	1	mm/hora

### 2.2.1.7 La Profundidad del Suelo

Se refiere al espesor de los horizontes o perfil del suelo y depende principalmente del grado de meteorización, naturaleza del material parental, edad y erosión. La presencia de horizontes endurecidos ( Claypan o Lardpan ) puede limitar seriamente el crecimiento de las raíces de las plantas. Se llama "profundidad efectiva " a aquella a la cual pueden llegar las raíces de las plantas sin obstáculos físicos ni químicos de ninguna naturaleza. La profundidad efectiva se ha catalogado como sigue:

Muy profundo	:	Más de 150 cm.
Profundo	:	90 - 150 cm.
Moderadamente profundo	:	90-50 cm.
Superficial	:	50-25 cm.
Muy superficial	:	< 25 cm.

El desarrollo radicular es característico de cada cultivo, así por ejemplo en la papa puede llegar hasta 60 cm. mientras que en la alfalfa puede ser de 1 metro o más.

#### 2.2.1.8 El Color del Suelo

Esta propiedad está relacionada con el contenido de materia orgánica y la naturaleza química de los compuestos de Hierro presentes. La prevalencia de colores oscuros normalmente indica altas cantidades de Materia Orgánica. Los colores amarillos y rojos están asociados con la presencia de formas oxidadas de Hierro indicando buena aireación. En tanto que los colores grises o azulados están indicando mal drenaje interno y mala aireación.

#### 2.2.2 Características Químicas del Suelo

La naturaleza química del suelo controla el suplemento y disponibilidad de los nutrientes para el crecimiento de las plantas. La mayor parte de la actividad química de un suelo depende del contenido y naturaleza de la arcilla y de la materia orgánica presentes. Entre las características químicas de un suelo se distinguen el contenido de Materia Orgánica, el PH y aluminio intercambiable, la Capacidad de Intercambio Catiónico ( CIC ) y el contenido de nutrientes disponibles para las plantas ( N. P. K. Ca. Mg. ) especialmente. Por considerar que el personal de Desarrollo Rural ya se encuentra familiarizado con estos conceptos no se entrará en detalles a cerca de la naturaleza de cada una de estas propiedades.

Sin embargo, se ha creído conveniente hacer referencia a los niveles críticos y recomendaciones que el ICA y en especial el programa de suelos toma en cuenta. En cuanto a PH. Todas las plantas crecen

y producen mejor en suelos de PH entre 5.5 a 7.3 y normalmente dentro de ese rango no se presentan problemas de acidez o alcalinidad, sales o sodio. Las recomendaciones de encalamiento en el ICA se basan en el contenido de  $AL^{+++}$  intercambiable. En suelos con menos del 10% de materia orgánica y un PH inferior a 5.5 y en suelos con más del 10% de materia orgánica y un PH menor de 5 se recomienda aplicar 1,5 toneladas de cal agrícola por cada Miliequivalente de Aluminio intercambiable. En cuanto a la fertilización nitrogenada se toma en cuenta el contenido de materia orgánica alto ( más del 12% ) en suelos de clima frío, los efectos de rotación con leguminosas en clima cálido y las mezclas de gramíneas y leguminosas, lo mismo que la textura del suelo y la cantidad de lluvias. Los niveles críticos para fósforo y potasio están basados en la probabilidad de respuesta de los cultivos a estos elementos. Cuando el elemento está clasificado como bajo la probabilidad de respuesta es alta y viceversa. En el caso de P y K los niveles críticos que se han considerado son:

<u>Categoría</u>	<u>Fósforo</u> <u>P.p.m</u> <u>bray II</u>	<u>Potasio Interc.</u> <u>mc. / 100 gm. suelo</u>
Bajo ( B )	Menor de 15	Menor de 0.15
Alto ( A )	Más de 15	Más de 0.15

Ultimamente el programa de suelos del ICA con base en la información disponibles en el Banco de datos de análisis de suelos ha hecho una agrupación de niveles críticos por regiones naturales, departamentos, municipios y cultivos, teniendo en cuenta los resultados de pruebas regionales hechas por el programa con diferentes cultivos en el país. En igual forma han sido establecidas las dosis mínimas de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O que se

deben recomendar para cada cultivo para los niveles bajo y medio del elemento. Por considerar que pueden servir hasta cierto punto como material de consulta al personal de Desarrollo Rural, se incluye la Tabla 4. También se incluye la Tabla 5 que corresponde a la distribución potencial de los valores de PH, Materia Orgánica, Fósforo, Potasio y Relación Ca/Mg. en los suelos de las regiones naturales de Colombia.

Los valores de PH se agruparon de menores o iguales a 5,5 (B) de 5.6 a 7.3 ( M ) y mayores de 7.3 ( A ). Las relaciones Ca/Mg. se agruparon en menores o iguales a la unidad ( B ) de 1.3 a 3.0 ( M ) y mayores de 3 ( A ). Las frecuencias bajo ( B ) medio ( M ) y alto ( A ) para la materia orgánica, el fósforo y el potasio resultaron de promediar las frecuencias B, M y A de los diferentes cultivos propios de cada región, según los niveles críticos registrados en la Tabla 1. Se espera que dicha información de una mejor idea a los extensionistas sobre el estado de fertilidad de los suelos de su área de influencia.

### 3 FUENTES DE INFORMACION ADICIONAL

#### 3.1 Fuentes con Respecto a Clima

Cada parámetro climático ( precipitación, temperatura, humedad , viento, etc. ) se obtiene en el país mediante estaciones meteorológicas de diferente tipo: principales, ordinarias, auxiliares y puestos pluviométricos.

El conjunto de numerosas estaciones que dispone el país integra

1991

TABLA 4 . Niveles Críticos Generales del Contenido de Materia Orgánica (M.O.) Fósforo (P) y Potasio (K) en los Suelos de Diferentes Regiones de Colombia para Varios Cultivos.

CULTIVOS	REGIONES	NIVELES CRITICOS		
		BAJO (B)	MEDIO (M)	ALTO (A)
Materia Orgánica (M.O.) %				
YUCA	COSTA ATLANTICA - VALLES INTERANDINOS	≤ 2	2 - 3	> 3
ALGODONERO	" "	"	"	"
MAIZ-SORGO	" "	"	"	"
YUCA	ORINOQUIA - AMAZONIA - COSTA DEL PACIFICO	≤ 2	2 - 4	> 4
ALGODONERO	" "	"	"	"
MAIZ-SORGO	" "	"	"	"
PALMA AFRICANA-CACAO	COSTA ATLANTICA-COSTA DEL PACIFICO - ORINOQUIA - VALLE DEL BAJO MAGDALENA - REGION ANDINA - VALLES INTERANDINOS	"	"	"
MAIZ	REGION ANDINA	≤ 3	3 - 5	> 5
YUCA	"	"	"	"
PLATANO	"	"	"	"
CAÑA PANELERA	"	"	"	"

TABLA 4i - Continuación

CULTIVOS	REGIONES	NIVELES CRÍTICOS		
		BAJO (B)	MEDIO (M)	ALTO (A)
ALGODONERO	ZONA DEL META	$\leq 0,15$	0,15 - 0,30	$> 0,30$
MAIZ - SORGO - FRIJOL - SOYA ARROZ - PASTOS	LAS DIFERENTES ZONAS	"	"	"
ALGODONERO	COSTA ATLANTICA - VALLE DEL ALTO MAGDALENA - VALLE DEL RIO CAUCA	$\leq 0,20$	0,20 - 0,40	$> 0,40$
CAÑA PANELERA	REGION ANDINA	"	"	"
HORTALIZAS	LAS DIFERENTES ZONAS	"	"	"
CACAO - PALMA AFRICANA	LAS OTRAS ZONAS	$\leq 0,25$	0,25 - 0,45	$> 0,45$
PAPA	REGION ANDINA (Cordillera Oriental)	$\leq 0,30$	0,30 - 0,60	$> 0,60$
PLATANO	LAS OTRAS ZONAS	"	"	"

TABLA 4 - Continuación

CULTIVOS	REGIONES	NIVELES CRITICOS		
		BAJO (B)	MEDIO (M)	ALTO (A)
SOYA	VALLE DEL RIO CAUCA	$\leq 15$	15 - 30	$> 30$
PASTOS - YUCA	LAS DIFERENTES REGIONES A EXCEPCION DEL GRUPO ANTERIOR	"	"	"
PALMA AFRICANA	COSTA ATLANTICA - VALLE DEL BAJO MAGDALENA	"	"	"
CACAO	REGION ANDINA - VALLES INTERANDINOS - ORINOQUIA AMAZONIA	"	"	"
PAPA	REGION ANDINA (Cordillera Central)	$\leq 20$	20 - 40	$> 40$
HORTALIZAS	REGION ANDINA - VALLES INTERANDINOS	"	"	"
TRIGO - CEBADA	REGION ANDINA	"	"	"
PAPA	REGION ANDINA (Cordillera Oriental)	$\leq 40$	40 - 60	$> 60$
Potasio (K) meq/100 g				
YUCA - PLATANO CACAO PALMA AFRICANA	ORINOQUIA - AMAZONIA COSTA DEL PACIFICO	$\leq 0,10$	0,10 - 0,15	$> 0,15$

TABLE 4 - Continuación

CULTIVOS	REGIONES	NIVELES CRITICOS		
		BAJO (B)	MEDIO (M)	ALTO (A)
	REGION ANDINA	≤ 5	5 - 10	> 10
TRIGO	"	"	"	"
CEBADA	"	"	"	"
Fósforo (P) ppm				
PASTOS - YUCA PALMA AFRICANA	ORINOQUIA - AMAZONIA COSTA DEL PACIFICO	≤ 5	5 - 10	> 10
ARROZ INUNDADO	ZONAS ARROCERAS DEL PAIS	≤ 10	10 - 20	> 20
CAÑA PANELERA	REGION ANDINA	"	"	"
ALGODONERO	META	≤ 15	15 - 30	> 30
ARROZ SECANO	COSTA ATLANTICA - VALLE DEL BAJO MAGDALENA - ORINOQUIA - AMAZONIA	"	"	"
MAIZ	REGION ANDINA - VALLES INTERANDINOS	"	"	"
SORGO	COSTA ATLANTICA - VALLES INTERANDINOS	"	"	"
FRIJOL	REGION ANDINA - VALLES INTERANDINOS - COSTA ATLANTICA	"	"	"

TABLA 5 . Distribución Porcentual de los Valores de pH, Materia Orgánica (M.O.), Fósforo (P), Potasio (K) y de la Relación Ca/Mg en los Suelos de las Regiones Naturales de Colombia.

REGION NATURAL	pH			M.O.			P			K			Ca/Mg		
	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A	B	M	A
REGION ANDINA	47	50	3	21	29	50	68	14	18	44	28	28	8	40	52
SABANA DE BOGOTA	54	45	1	8	18	74	45	25	30	29	25	46	8	22	70
VALLE DEL ALTO MAGDALENA	22	72	6	37	21	42	46	17	37	36	30	34	2	54	44
VALLE DEL RIO CAUCA	15	72	13	14	24	62	52	21	27	40	27	33	12	64	24
COSTA DEL PACIFICO	36	63	1	21	27	52	80	11	9	79	7	14	18	61	21
COSTA ATLANTICA	10	69	21	41	28	31	27	13	60	44	24	32	3	26	71
VALLE DEL BAJO MAGDALENA	22	72	6	33	28	39	59	16	25	62	19	19	7	48	45
LA GUAJIRA	4	54	42	38	50	12	25	15	60	39	33	28	0	14	86
LA CRINOQUIA	72	28	0	27	33	40	69	15	16	70	22	8	17	25	58
LA AMAZONIA	78	22	0	15	25	60	77	11	12	62	25	13	15	23	62

204

su red meteorológica. Una vez obtenidos los datos, se procesa la información básica sobre el comportamiento de cada elemento climático en una región: precipitación anual, mensual, períodos secos y húmedos, variabilidad, intensidad, duración y frecuencia de los aguaceros, temperaturas media, máxima y mínima, evaporación y evapotranspiración, radiación y brillo solar, nubosidad y vientos.

La confiabilidad de los datos meteorológicos depende del ingreso y preparación del observador para efectuar su labor, de la continuidad en la obtención de los datos y del conocimiento y unidades que tenga de cada instrumento: Además de la categorización general de las estaciones meteorológicas en I orden ( 18 instrumentos ), II orden ( 12 instrumentos ) y III orden ( 9 instrumentos ) existen las estaciones pluviométricas y pluviográficas que sólo disponen de esos aparatos.

Se dispone de diferentes instrumentos para medir los factores climáticos entre ellos se mencionan los termómetros de máxima y mínima que miden las máximas y mínimas temperaturas registradas en un lapso de terminado de tiempo ( 1 día por ejemplo ). El psicrómetro para medir la temperatura del aire ambiental y que a su vez sirve para calcular la humedad relativa, el punto de rocío y la tensión de vapor. Existe el higrógrafo que registra los cambios de humedad relativa al aire, el altímetro que mide la altura sobre el nivel del mar, en el cual los valores de presión atmosférica se transforma en metros sobre el nivel del mar. El pluviógrafo que registra la cantidad de lluvia caída en un intervalo de tiempo dado. El pluviómetro que sirve para medir la cantidad de lluvia caída, la unidad utilizada es el milímetro, siendo un milímetro el

205

espesor que forma 1 litro de agua en un metro cuadrado. El tanque de evaporación sirve para medir el agua evaporada en m.m. El tanque usado es el llamado tipo A, que tiene un diámetro de 1.20 m. y una altura de 25 cm. de color blanco. La instalación se hace en una plataforma de listones de madera de 1.30 x 1.30 m., la cantidad de agua evaporada se mide mediante un tornillo micrométrico y es la diferencia entre dos lecturas continuas. Las lecturas se hacen a las 7 A.M., 1 P.M. y 7 de la noche. Por considerarlo de interés para los extensionistas se incluye mayor información sobre el pluviómetro ( Anexo 1 ). Se anexan además figuras ilustradas ver ( Anexo 2 ) sobre el tipo de gráficas que pueden ser elaboradas mediante los registros meteorológicos y que permiten visualizar mejor los fenómenos registrados. Se anota además que aunque los registros tomados en una estación son puntuales, la precipitación media sobre una área puede estimarse utilizando los datos obtenidos en una serie de estaciones o pluviómetros distribuidos convenientemente dentro del área. Se anota que el radio de acción de un pluviómetro fluctúa entre 3-5 Km. a la redonda. Con los datos de evaporación y disponiendo de los coeficientes de uso consuntivo de cada cultivo se calcula la evapotranspiración y si se cuenta con registros pluviométricos se puede establecer el balance de hídrico como ya se dijo.

El Himat ha calculado valores de evapotranspiración potencial media en Colombia para diferentes estaciones meteorológicas de los cuales se anexan ejemplos y que pueden dar mejor idea al extensionista sobre estos fenómenos en su zona.

Se anota también que por parte del IIMAT se han elaborado varios estudios hidrometeorológicos del país entre los cuales se mencionan los siguientes: " Estudio de la precipitación media de las cuencas hidrográficas del Río Bogotá " ( publicación aperiódica No. 21 ).

" Evaluación preliminar de datos pluviométricas e hidrométricas en las cuencas hidrográficas de Zulía, Sardinata y Catatumbo " ( publicación aperiódica No. 23 )

" Estudio preliminar de la temperatura del aire en Colombia " ( publicación aperiódica No. 26 )

" Estudio hidrológico preliminar de la Cuenca hidrográfica del Cauca Superior " ( publicación aperiódica No. 27 )

" Estudio de la precipitación media en el Norte de Colombia y en la Cuenca del Alto Magdalena " ( publicación aperiódica No. 34 )

" Evaluación de la evapotranspiración potencial en Colombia según el método de C.W. Thornwaite " ( publicación aperiódica No. 37 )

Dichas publicaciones pueden ser adquiridas o consultadas en las dependencias del IIMAT tanto a nivel Nacional como departamental.

De otra parte existen una serie de publicaciones periódicas del IIMAT de distribución gratuita algunas de ellas, como son:

- Boletín diario del estado del tiempo
- Boletín decadal del estado del tiempo
- Boletín meteorológico mensual y/o Boletín climatológico mensual

Conviene mencionar algunas publicaciones relacionadas con el clima del país tales como:

" Atlas de Colombia " y " Zonas de vida o formaciones vegetales de Colombia " editadas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi ( IGAC )-

### 3.2 Fuentes de Información Adicionales de Suelos

Sobre el particular se mencionan en forma general las siguientes:

- El Banco de datos de análisis de suelos que maneja la División de Estadística del ICA.
- Estudio de reconocimiento de suelos
- Imágenes de satélite y de radar
- Fotografías aéreas
- Mapas de suelos
- Mapa geológico
- Mapas topográficos ( planchas restituidas )
- Delimitación de áreas agroecológicas homogéneas.

Con respecto al Banco de datos de análisis de suelos que maneja la División de Estadística del ICA, la información disponible se encuentra por regiones naturales, departamentos, regiones geográficas ( municipios ) y por cultivos. Consiste en resultados de análisis de suelos de muestras enviadas por agricultores al laboratorio en el período comprendido entre 1965 y 1978. Dichas determinaciones hacen referencia a :

- $PH$  y  $AL^{+++}$
- Materia Orgánica ( % MO )
- Fósforo ( P<sub>pm</sub> de P )
- Potasio ( me/100 gmK )
- Relación Ca/Mg.
- Capacidad de intercambio Cateórico ( CIC )
- Conductividad eléctrica

Estos datos cubren aproximadamente el 80% de las áreas agrícolas del país.

La información disponible puede ser solicitada a la División de Biometría a través del Programa de Suelos que es el propietario de dicha información. En la solicitud que se haga se debe especificar localidad, cultivos, tipo de determinaciones que se desean conocer ( P, K etc.) y la forma como estos deben ser presentados ( frecuencias, promedios, - desviaciones estandar, etc. ).

En cuanto a los estudios de reconocimiento de suelos se disponen de éstos en el IGAC para cerca de un 70% del territorio Nacional y se distinguen varios tipos de estudios o levantamientos; exploratorio - preliminar, general, semidetallado y detallado, siendo los más comunes el general y el semidetallado. A partir de 1973 los estudios de suelos del IGAC incluyen los siguientes aspectos:

- Generalidades de la región ( clima, localización, etc. )
- Metodología del trabajo ( tipo de fotografías utilizadas, etc. )

- Descripción de los suelos ( unidades cartográficas )
- Características químicas y físicas de los suelos
- Geomorfología
- Genesis y clasificación de los suelos
- Uso y manejo
- Mapa de suelos

Por otra parte el programa Nacional de inventario y Clasificación de Tierra ( PROCLAS ) del IGAC publicó un estudio o memorias con dicho inventario que incluye 19 planchas o Mapas sobre capacidad y uso de manejo para casi todo el territorio nacional.

En la actualidad el nivel nacional del IGAC con participación del programa de Agua y Tierra del ICA está realizando los estudios de delimitación de "Áreas ecológicas homogéneas " para todo el país, conforme a las regiones naturales existentes y de acuerdo a factores tales como relieve, clima, fertilidad y aptitud de uso y manejo. Un estudio más detallado que permite caracterizar con mayor precisión las Unidades homogéneas se está adelantando por IGAC en las cuencas Altas y Baja del Río Bogotá, tomando en consideración los factores de clima, relieve, litología, propiedades físicas y químicas de los suelos y erosión. A manera de complemento la información anterior se incluye una lista de estudios de suelos disponibles en el IGAC y sus precios ( Anexo 3 ). En cuanto a fotografías e imágenes se dispone en el IGAC de los siguientes materiales:

- Imagen de satélite: escala 1:250.000- 1:1000.000 requieren de personal especializado para su interpretación y sólo permiten separar

grandes regiones o paisajes ( zonas planas, zonas cuadradas, etc. )

- Fotografías aéreas: en escala 1:5000, 1:30000 hasta 1:60000 son los más utilizados especialmente con escala 1:30000 permiten hacer separaciones por microrelieves y paisajes ( terrazas, valles, colinas, etc. ) a la vez que dan una idea del uso de la tierra, clase de vegetación, grados de erosión e infraestructura de la producción ( caminos, carreteras ).

Estas aerofotografías pueden ser interpretadas mediante pares estereoscópicos que permiten una visión tridimensional.

Planchas topográficas ( restituidas ): vienen en escalas 1:25 000 y 1:100.000 a la vez que dan una idea del relieve del terreno, permiten elaborar sobre ellas otro tipo de estudios.

#### 4. RESUMEN Y CONCLUSIONES

En el presente estudio se hace un análisis de los factores climáticos y edáficos que más influyen en la producción y productividad de los cultivos, se discuten además algunos de estos factores. Se sugieren a los extensionistas las fuentes de información más expeditas sobre el tema y se dan algunas ideas de cómo utilizarlas.

Se espera que el personal de desarrollo rural a través de estos conceptos haya actualizado o fortalecido las bases técnicas que le permitan tener un mejor conocimiento del ambiente agroecológico y poder así relacionar los resultados agroeconómicos con dicho ambiente.

## BIBLIOGRAFIA

- 1 FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS 1978. Manual de Observaciones Meteorológicas ( Mimeografiado ) 40 P.
- 2 INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO 1980. Estado actual de la fertilidad de los suelos colombianos y estimativos sobre las necesidades de fertilizantes para varios cultivos. Programa Nacional de Suelos. Documento de trabajo No. 25. 116 p.
- 3 INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI 1977. Atlas de Colombia 3a. edición, Bogotá 283 Pp.
- 4 \_\_\_\_\_ 1977. Zonas de Vida o formaciones Vegetales de Colombia. Vol. XIII No. 11 Bogotá, 238 Pp.
- 5 \_\_\_\_\_ 1963. Manual de reconocimiento de suelos ( Mimeografiado) 45 p.
- 6 INSTITUTO COLOMBIANO DE METEOROLOGIA, HIDROLOGIA Y ADECUACION DE TIERRAS ( HIMAT ) 1976. Evaluación de Evapotranspiración potencial en Colombia, según el método de C.W. Thornthwaite. Publicación aperiódica No. 37. Bogotá, Col. 29 Pp.
- 7 LOTERO, C. J. 1980. Relaciones entre el clima, las características físicoquímicas y la fertilidad de los suelos. en: ICA, Suelos y Fertilización de cultivos. Medellín, Colombia 15-61 P.

- 8 OJEDA, H.P. 1974. Principales propiedades físicas de algunos suelos del municipio de Cáqueza. Tesis de grado UN-ICA ( Mimeografiado ) 61 p. Bogotá. Colombia.
- 9 OLMOS, C.E. 1980. Diagnóstico del Problema y diseño de los sistemas de riego y drenaje del "CNIA Tibaitatá" . Tesis de grado UN.ICA ( Mimeografiado ) 219 p.
- 10 REY, C.H. 1971. Relaciones agua, suelo, planta IN: Curso de Riego y drenaje. Bogotá, Colombia. ( Mimeografiado ) 86-99 Pp.
- 11 TOBON, J.H. 1977. Comportamiento de algunos sistemas agrícolas tradicionales a varias prácticas de producción en el Oriente Antioqueño. Boletín de investigaciones No. 647 ( Mimeografiado ) Medellín, Colombia. 98 Pp.

ANEXO 1

Estación : LA LIBERTAD

Latitud : 0.4° 03'N,

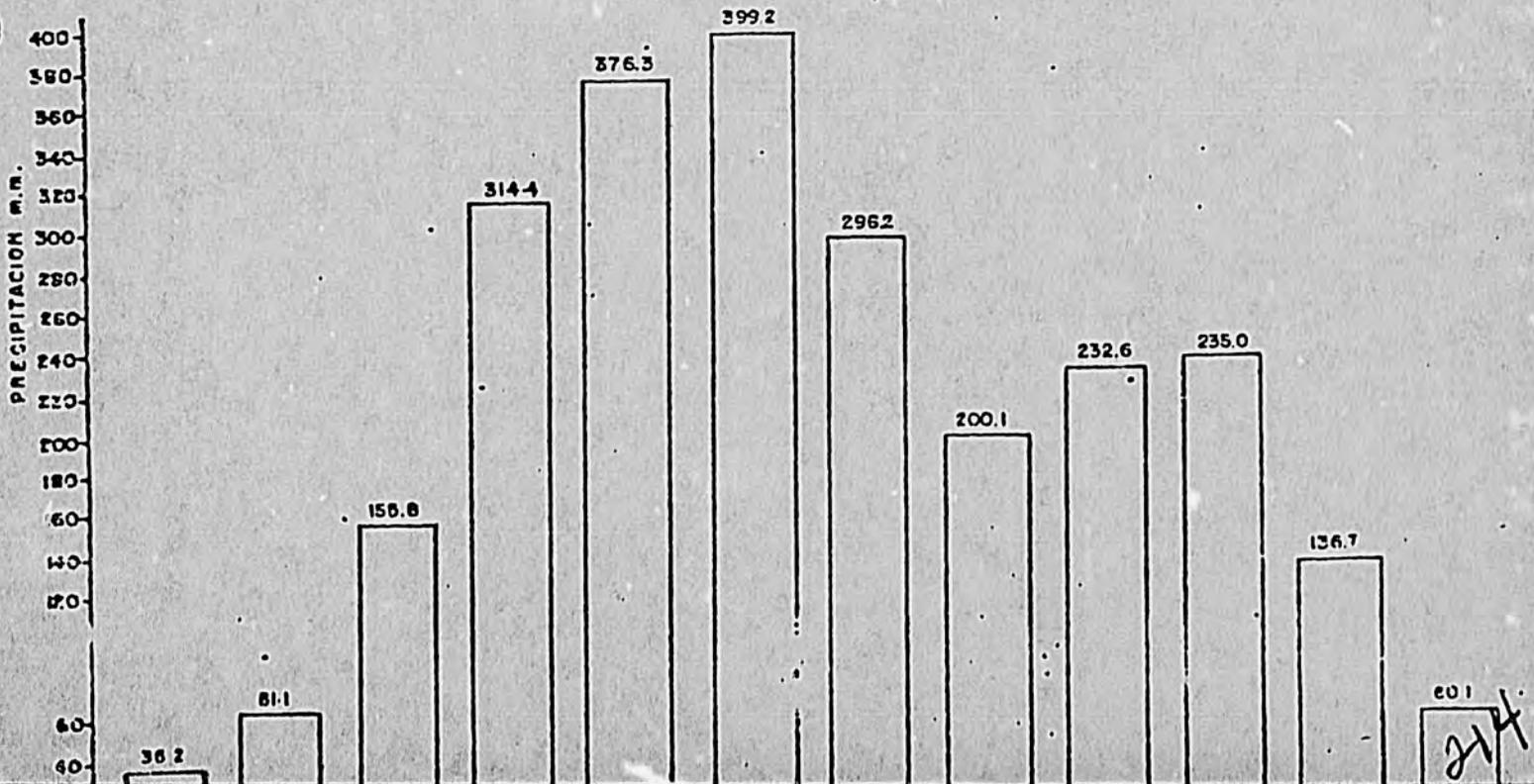
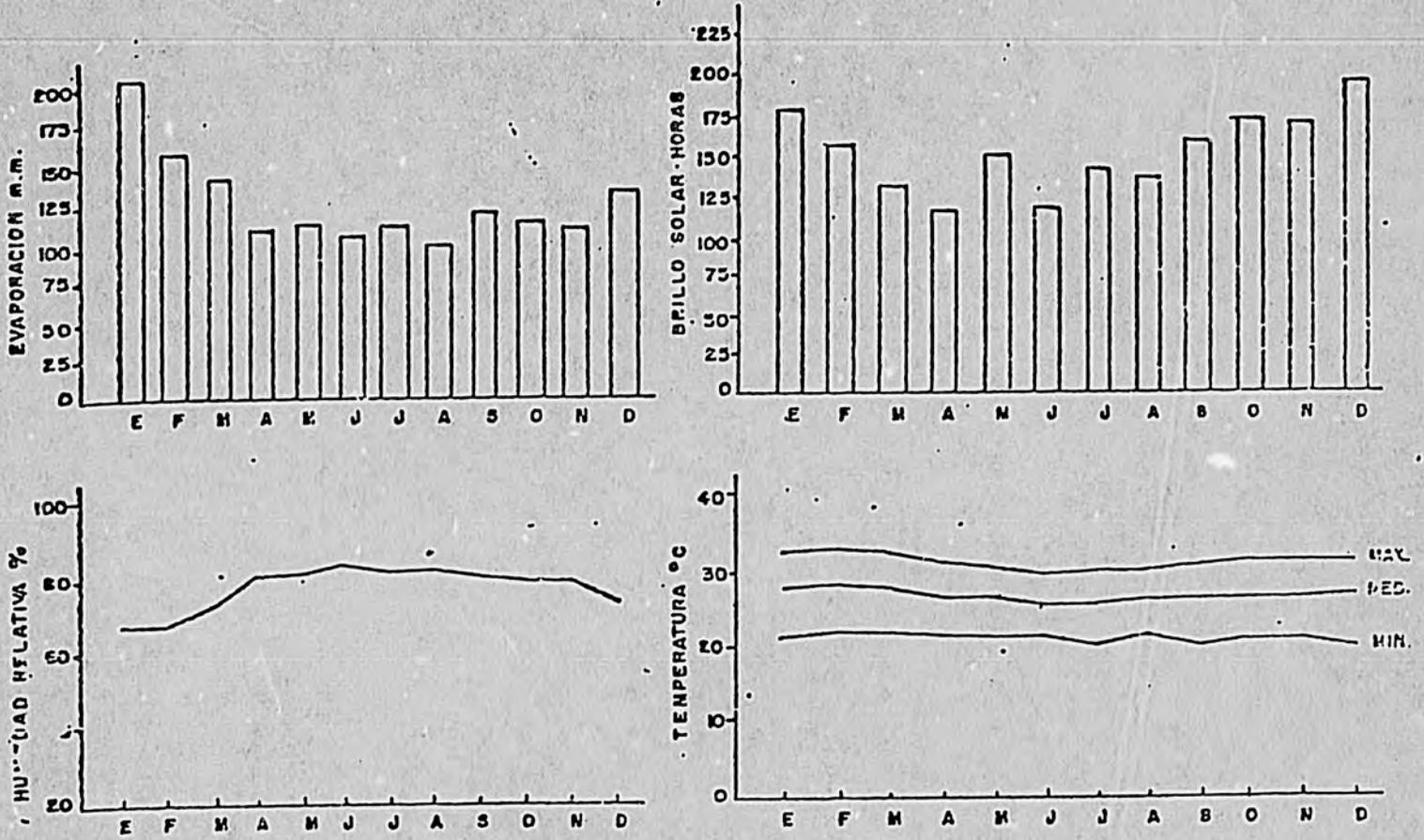
Municipio : Villavicencio

Longitud : 73° 29' W

Depto. : Meta

Altura : 336 m.s.n.m.

PERIODO DE OBSERVACION - 1.968-1978



## PLUVIOMETRO

Sirve para medir la cantidad de lluvia caída; la unidad utilizada es el milímetro. Un milímetro es el espesor que forma 1 litro en 1 metro cuadrado.

Instálelo a una altura de 1,20 metros, nivelado y siguiendo la distribución que indica el plano de la estación.

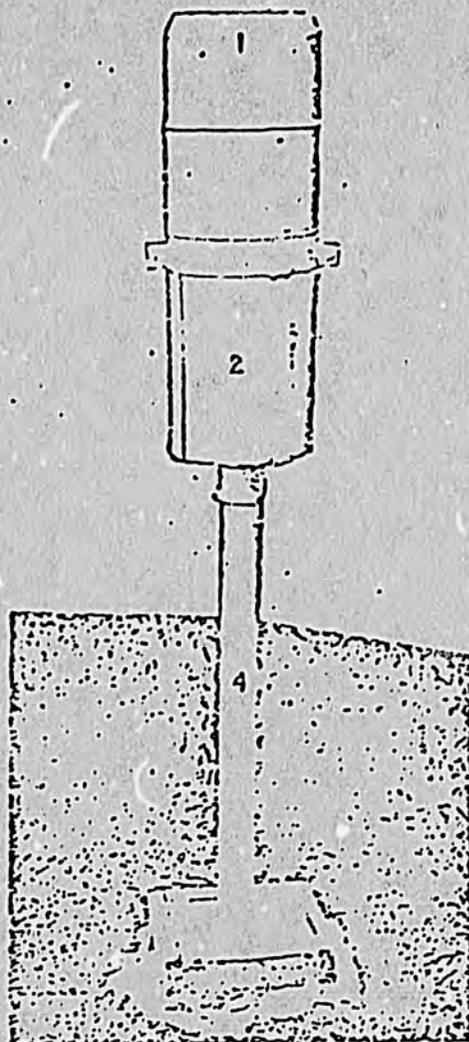
### FUNCIONAMIENTO

El agua es captada por la boca colectora (con área de 200 centímetros cuadrados) y conducida a un tarro colector interior.

### OBSERVACION

La lectura se hace todos los días a las 07, 13 y 19 horas. Para hacer la lectura, destape el pluviómetro, introduzca la reglilla graduada verticalmente en el tarro colector interior hasta tocar el fondo; saque la regla, y donde señale el nivel del agua, es la cantidad de milímetros caídos. Bote el agua del tarro colector y tape de nuevo el pluviómetro.

Cuando la cantidad de agua del tanque colector interior se rebosa al tarro exterior, se transvasa el contenido de éste al colector interior cuantas veces sea necesario. La suma de las medidas parciales será el total de la observación. El dato anótelo en la libreta en la hora y día correspondientes en la casilla que dice "pluviómetro". Aproxime las lecturas a medios milímetros.



### FALLAS Y CUIDADOS

- 1.- Cuidé que se encuentre bien nivelado.
- 2.- Cuidé que no haya rotura en ninguno de los tarros, ni de la reglilla.
- 3.- Solicite formularios de anotación si se agotan y reglillas si se rompen.
- 4.- Después de cada observación bote el agua del pluviómetro.
- 5.- No introduzca la reglilla inclinada.
- 6.- Evite trañeritos de polvo y materiales extraños.

215

ANEXO 3

	<u>AÑO</u>	<u>PRECIO</u>
<u>ESTADÍSTICA DE SUELOS</u>		
<u>ANTIOQUIA</u>		
ESTUDIO GENERAL DE SUELOS DEL ORIENTE ANTIOQUEÑO	1964	30
ESTUDIO SEMIDETALLADO DE SUELOS DEL MUNICIPIO DE AREOLETES.	1977	200
<u>ATLANTICO</u>		
LEVANTAMIENTO AGROLOGICO DEL DEPARTAMENTO DEL ATLANTICO CON CUATRO ( 4 ) MAPAS.	1960	40
<u>BOLIVAR</u>		
CLASIFICACION DE LAS TIERRAS DEL SECTOR MARIA LA BAJA, CON FINES DE REGADIO	1968	40
ESTUDIO GENERAL DE SUELOS DE LOS MUNICIPIOS DE SAN FERNANDO, MOMPOS, MARGARITA, BARRANCO DE LOBA Y SAN MARTIN DE LOBA, PARA FINES AGRICOLAS	1968	30
ESTUDIO DETALLADO DE LOS SUELOS Y APTITUD AGROPECUARIA DEL SECTOR MAHATES, MARIA LA BAJA Y RETIRO NUEVO.	1968	30
ESTUDIO GENERAL DE SUELOS DE LOS MUNICIPIOS DE CARMEN DE BOLIVAR, SAN JACINTO, SAN JUAN NEPOMUCENO, ZAMBRANO, EL GUANO Y CORDOBA	1975	150
ESTUDIO SEMIDETALLADO DE SUELOS DE LOS MUNICIPIOS DE CARTAGENA Y SANTA CATALINA	1975	150

## LISTA DE PUBLICACIONES

HOJA No. \_\_\_\_\_

<u>BOYACA</u>	<u>AÑO</u>	<u>PRECIO</u>
ESTUDIO DETALLADO DE SUELOS DE LA PARTE PLANA Y GENERAL DEL SECTOR QUEBRADO DE LOS MUNICIPIOS DE TUNJA Y SIACHOQUE, PARA FINES AGRICOLAS, CON MAPA.	1968	\$ 30
ESTUDIO DETALLADO DE SUELOS DE LA PARTE PLANA Y GENERAL DEL SECTOR QUEBRADO DE LOS MUNICIPIOS DE DUITAMA Y PAIPA, PARA FINES AGRICOLAS, CON MAPA.	1968	35
ESTUDIO GENERAL DE SUELOS PARA FINES AGRICOLAS DE LOS MUNICIPIOS DE TUTA, TOCA, COMBITA Y SOTAQUIRA, CON MAPA.	1972	55
ESTUDIO GENERAL DE SUELOS DE LA PROVINCIA DE - RICAURTE Y MUNICIPIO DE SAMACA, CON MAPA.	1975	150
ESTUDIO GENERAL DE LOS SUELOS DE LA MARGEN IZQUIERDA DEL RIO CHICAMOCHA AL NORESTE DE DUITAMA.	1976	150
ESTUDIO GENERAL DE SUELOS DEL VALLE DE TENZA - REGION DE LENGUPA Y MUNICIPIO DE PESCA.	1977	250
<u>CALDAS</u>		
LEVANTAMIENTO AGROLOGICO DE LA ZONA CAFETERA - CENTRAL DE CALDAS, CON MAPA.	1962	45
ESTUDIO GENERAL DE SUELOS PARA FINES AGRICOLAS DE LOS MUNICIPIOS DE FILADELFIA, RIOSUCIO, SUPIA, MARMATO, PACORA, PENSILVANIA, MARQUETALIA Y MARULANDA.	1969	60
ESTUDIO SEMIDETALLADO Y GENERAL Y APTITUD AGROPECUARIA DE SUELOS DE LOS MUNICIPIOS DE LA DORADA (CALDAS), HONDA Y ARMERC (TOLIMA)	1972	60
NITROGENO EN SUELOS VOLCANICOS DE CALDAS	1974	100
<u>CASANARE</u>		
ESTUDIO GENERAL DE SUELOS DE LOS MUNICIPIOS DE HATO COROZAL, PAZ DE ARIPORO Y PORE.	1976	200

217

<u>CAUCA</u>	<u>AÑO</u>	<u>PRECIO</u>
SUELOS DE CENIZA VOLCANICA DEL CAUCA	1975	\$ 100
ESTUDIO DETALLADO DE SUELOS DEL SECTOR RIO PALO, RIO DESBARATADO, PARA FINES AGRICOLAS.	1968	55
CLASIFICACION DE LAS TIERRAS DEL SECTOR ORTIGAL, GUACHANE, PARA FINES DE RIEGOS Y DRENAJES.	1968	30
ESTUDIO GENERAL DE SUELOS DEL MUNICIPIO DE MERCADERES, PARA FINES AGRICOLAS.	1968	30
ESTUDIO GENERAL DE SUELOS DE LOS MUNICIPIOS DE SANTANDER DE QUILICHAO, PIENDAMO, MORALES, BUENOS AIRES, CAJIBIO Y CALDONO.	1976	150
<u>CESAR</u>		
ESTUDIO GENERAL DE SUELOS PARA FINES AGRICOLAS DEL SECTOR QUEBRADO DEL MUNICIPIO DE VALLEDUPAR.	1969	55
ESTUDIO SEMIDETALLADO DE SUELOS PARA FINES AGRICOLAS DEL SECTOR PLANO DEL MUNICIPIO DE VALLEDUPAR.	1969	70
ESTUDIO SEMIDETALLADO DEL SECTOR PLANO Y GENERAL DE LA PARTE QUEBRADA DE LOS SUELOS DEL MUNICIPIO DE CHIMICHAGUA.	1971	60
<u>CORDOBA</u>		
CLASIFICACION DE LAS TIERRAS PARA RIEGOS Y DRENAJES DEL SECTOR MONTERIA, CERETE, SAN CARLOS.	1970	40
ESTUDIO DETALLADO DE SUELOS Y CLASIFICACION TIERRAS PARA RIEGOS Y DRENAJES "PROYECTO CORDOBA - No.1" (LA DOCTRINA).	1971	60
ESTUDIO GENERAL DE SUELOS PARA FINES AGRICOLAS DE LOS MUNICIPIOS DE AYAPEL Y PUEBLO NUEVO.	1973	60
ESTUDIO DETALLADO DE SUELOS PARA FINES AGRICOLAS DEL SECTOR ARACHE-CERETE-MONTERIA.	1970	60

CUNDINAMARCA

ESTUDIO GENERAL DE SUELOS PARA FINES AGRICOLAS DE LOS MUNICIPIOS DE BITUIMA, CHAGUANI, VIANI Y SAN JUAN DE RIOSECO.

AÑO

PRECIO

1972

\$ 60

APTITUD DE USO DE LOS SUELOS DE LA SABANA DE BOGOTA Y SUS ALREDEDORES.

1976

40

CARACTERIZACION Y CLASIFICACION DE SUELOS DE LA SERIE RIO BOGOTA.

1976

150

ESTUDIOS GENERAL Y SEMIDETALLADO DE SUELOS DE LAS CUENCAS DE RIONEGRO Y RIOSECO (4 volúmenes)

1974

200

FRACCIONAMIENTO Y CARACTERIZACION DEL MATERIAL HUMICO EN DOS ANDOSOLES DE LA SABANA DE BOGOTA.

1977

50

ESTUDIO GENERAL Y DETALLADO DE SUELOS DE LOS - MUNICIPIOS DE COTA, FUNZA, MOSQUERA Y PARTE DE MADRID.

1977

200

CHOCO

ESTUDIO GENERAL DE SUELOS Y FORESTAL DE LAS HOYAS HIDROGRAFICAS DE LOS RIOS MULATOS Y SAN JUAN.

1963

30

ESTUDIO GENERAL DE SUELOS DEL MUNICIPIO DE QUIBDO.

1977

150

GUAJIRA

ESTUDIO SOCIAL APLICADO DE LA ALTA Y MEDIA GUAJIRA. (segunda edición corregida y aumentada).

1977

130

LOS SUELOS DE LA ALTA Y MEDIA GUAJIRA SUS CARACTERISTICAS Y APTITUD DE USO.

1979

100

MAGDALENA

ESTUDIO GENERAL DE SUELOS CERRO SAN ANTONIO, EL PIÑON Y OTROS MUNICIPIOS.

1976

150

MAGDALENA

	<u>AÑO</u>	<u>PRECIO</u>
ESTUDIO SEMIDETALLADO DE SUELOS DEL SECTOR PLANO DEL MUNICIPIO DE CIENAGA, PARA FINES AGRICOLAS.	1969	\$ 45
ESTUDIO SEMIDETALLADO DE SUELOS PARA FINES AGRICOLAS DEL SECTOR PLANO DEL MUNICIPIO DE FUNDACION.	1969	35
ESTUDIO SEMIDETALLADO DE SUELOS PARA FINES AGRICOLAS DEL SECTOR PLANO Y GENERAL DEL AREA QUEBRADA DEL MUNICIPIO DE PIVIJAY.	1971	40
ESTUDIO SEMIDETALLADO DE SUELOS PARA FINES AGRICOLAS DE LOS MUNICIPIOS DE EL BANCO Y GUAMAL.	1971	55
ESTUDIO SEMIDETALLADO DE LA PARTE PLANA Y GENERAL DEL SECTOR QUEBRADO DE LOS SUELOS DEL MUNICIPIO DE SANTA ANA.	1973	55
ESTUDIO SEMIDETALLADO DE SUELOS PARA FINES AGRICOLAS DE LOS MUNICIPIOS DE PLATO Y ARIGURNI, TOMOS I Y II.	1971	80
ESTUDIO SEMIDETALLADO DE SUELOS DEL PARQUE TAYROA.	1975	100

META

ESTUDIO GENERAL DE SUELOS DE LOS MUNICIPIOS DE SAN MARTIN, GRANADA Y CASTILLA LA NUEVA.	1975	150
---	------	-----

MARIÑO

ESTUDIO GENERAL DE SUELOS DEL SECTOR PASTO, RIO MAYO.	1973	30
ESTUDIO GENERAL DE SUELOS DE LOS MUNICIPIOS DE EL TAMBO, PUPIALES, PASTO, TUQUERRES Y OTROS DEL CENTRO Y SUR. (3 tomos), con mapas.	1975	200

NORTE DE SANTANDER

ESTUDIO GENERAL DE SUELOS PARA FINES AGRICOLAS DE LOS MUNICIPIOS DE VILLA DEL ROSARIO, CHINACOA, RAGONVALIA, HERRAN Y PAMPLONITA.	1969	35
---	------	----

BOFFE DE SANTANDER

ESTUDIO GENERAL DE SUELOS PARA FINES AGRICOLAS  
DE LOS MUNICIPIOS DE SERRAZA, BEROJONES Y CUCU-  
TILLA.

AÑOPRECIO

1969

\$ 35

ESTUDIO GENERAL DE SUELOS PARA FINES AGRICOLAS  
EN EL MUNICIPIO DE SARDINIA.

1971

60

ESTUDIO GENERAL Y SEMIDETALLADO DE SUELOS DE LOS  
MUNICIPIOS DE LOURDES, SANTIAGO, SAN CRISTIANO, -  
GRAMALOTE Y ARBOLEDAS.

1973

60

BIERRALDA

ESTUDIO GENERAL DE SUELOS PARA FINES AGRICOLAS -  
DE LOS MUNICIPIOS DE PEREIRA, MARSELLA, SANTA RO-  
SA DE CABAL, LA VIRGINIA, BELLA DE UMERIA, BELAL-  
GARR, BUSEMA, BIERRALDA Y VITERBO, CON MAPA.

1974

150

ESTUDIO GENERAL DE SUELOS DE LOS MUNICIPIOS DE  
ARBOCA, APRA, SANTOBBRIO Y LA CELIA.

1976

60

SANTANDER

ESTUDIO GENERAL DE SUELOS PARA FINES AGRICOLAS  
DE LOS MUNICIPIOS DE GUACA, SAN ANDRES, MOLAGAVI-  
ER, SAN JOSE DE MIRANDA, GERBITO, CONCEPCION, CAR-  
REST, SAN MIGUEL, MACRAVITA, NEGISO Y CAPITANEJO.

1960

60

ESTUDIO SEMIDETALLADO Y GENERAL DE SUELOS PARA FI-  
NES AGRICOLAS DE LOS MUNICIPIOS DE ARBOCA, CEPITA,  
NEGOTES, ONZAGA, SAN JOAQUIN Y URPALA.

1972

60

ESTUDIO GENERAL DE SUELOS PARA FINES AGRICOLAS DE  
LOS MUNICIPIOS DE FLORIDABLANCA, TOME, MANANZA,  
CANTONIA Y SURATA.

1973

60

ESTUDIO GENERAL DE SUELOS DEL MUNICIPIO DE EL -  
CABAL.

1973

60

PRESENTACION DE LOS MAPAS GEOLOGICOS E HIDRO-  
GRAFICOS DE LA CUESTA SUPERIOR DEL RIO LEBRIJA  
CON NUEVE (9) MAPAS.

1974

100

ESTUDIO GENERAL DE SUELOS DE LOS MUNICIPIOS DE -  
LEBRIJA Y GIRON.

1974

100

261

LISTA DE PUBLICACIONES

HOJA. No.

SANTANDERESTUDIO GENERAL DE SUELOS DEL MUNICIPIO DE RIO-  
NEGRO.AÑO

1973

PRECIO

\$ 60

SAN ANDRES Y PROVIDENCIAESTUDIO SEMIDETALLADO DE SUELOS DE LAS ISLAS DE  
SAN ANDRES, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA.

1975

100

SUCREESTUDIO GENERAL DE SUELOS Y APTITUD AGROPECUARIA  
DE LOS MUNICIPIOS DE SAN ONFRE, TOLU, TOLUVIEJO  
Y SINCELEJO.

1968

55

ESTUDIO GENERAL DE SUELOS DE LOS MUNICIPIOS DE  
BUENAVISTA, SINCE, GALERAS, SAN PEDRO, LOS PAL-  
MITOS, SAN JUAN DE BETULIA (Departamento de Su-  
cre) Y MAGANGUE (Departamento de Bolívar).

1976

150

BOGOTÁESTUDIO GENERAL DE SUELOS PARA FINES AGRICOLAS  
DE LOS MUNICIPIOS DE IBAGUE, CAJAMARCA, ROVIRA,  
ALVARADO, ANZOATEGUI Y SANTA ISABEL.

1974

80

ESTUDIO GENERAL DE SUELOS DE LOS MUNICIPIOS DE  
FRESNO, FALAG, HERVEO, VILLAHERMOSA Y CASABIANCA.

1971

35

ESTUDIO SEMIDETALLADO DE SUELOS Y APTITUD AGROPE-  
CUARIA DE LOS MUNICIPIOS DE AMBALPMA, LERIDA, VE-  
NADILLO Y PIEDRAS.

1972

60

ESTUDIO GENERAL DE SUELOS PARA FINES AGRICOLAS  
DE LOS MUNICIPIOS DE CUNDAY E ICONONZO.

1973

60

VALLE DEL CAUCAESTUDIO DETALLADO PARA FINES AGRICOLAS DE LOS  
SUELOS DEL MUNICIPIO DE CANDELERIA.

1971

60

222

LISTA DE PUBLICACIONES

HOJA No. ....

VALLE DEL CAUCA

	<u>AÑO</u>	<u>PRECIO</u>
ESTUDIO DETALLADO DE SUELOS DEL SECTOR PLANO DE LOS MUNICIPIOS DE CALI Y JAMUNDI, PARA FINES AGRICOLAS.	1969	\$ 40
PROPIEDADES DEL SUELO EN RELACION CON DEFICIENCIAS DE BORO EN EL VALLE DEL CAUCA.	1976	40
ESTUDIO DE SUELOS DEL SECTOR DE EL AGUILA, YOTOCO, CORDILLERA OCCIDENTAL CON SOBRE DE SIETE MOZAICOS.	1977	150
ESTUDIO GENERAL DE SUELOS DEL SECTOR RIO LA VIEJA-RIO DESBARATADO-CORDILLERA CENTRAL.	1977	200

VICHADA

INVESTIGACIONES ESPECIALES EN SUELOS DEL CENTRO DE DESARROLLO INTEGRADO "LAS GAVIOTAS"	1975	60
--	------	----

ANTIOQUIA BOLIVAR Y SUCRE.

ESTUDIO SEMIDETALLADO DE SUELOS DEL SECTOR NECHIMAJAGUAL (Bajo Cauca)	1977	100
---	------	-----

ESTADISTICA

ESTADISTICA DE LA PROPIEDAD RAIZ DEL QUINDIO.		20
---	--	----

BOGOTA, D.E., AGOSTO DE 1980.

## PREPARACION DE MATERIALES DE SIEMBRA

### ALGUNAS EXPERIENCIAS DE ERRORES MAS FRECUENTES EN ENSAYOS

#### AGRICOLAS

Por: José Hiriam Tobón \*\*

#### INTRODUCCION

El éxito de un ensayo agronómico no lo constituyen solamente los excelentes resultados en producción que se obtengan. El éxito se logra si se asegura que todas las actividades, propias del ensayo se planifican y se ejecutan adecuadamente.

Un mal diseño experimental, sorteos de parcelas y tratamientos mal hechos, prácticas mal aplicadas o ejecutadas inoportunamente, registros de datos de planta y cosecha no tomados organizadamente, pueden resultar en un fracaso para el ensayo, independientemente de la buena o mala producción obtenida. Recordemos que nuestro interés es obtener resultados confiables y analizables para así lograr recomendaciones satisfactorias.

Son muchos los errores que frecuentemente ocurren en la instalación de ensayos y éstos se inician desde la planeación, programación, determinación de dosis de tratamientos y materiales a usar: como también durante el desarrollo del cultivo hasta su recolección.

En el ejemplo siguiente, hemos diseñado y sembrado en campo un experimento agrícola sobre sistemas de producción cultivos, y a propósito se ha incurrido en una serie de errores; para que los participantes los identifiquen y busquen solución para futuros ensayos. Otros errores son motivados por necesidades propias que presentan los lotes facilitados por los agricultores

---

\* Curso "Manejo de Ensayos agrícolas en áreas de Desarrollo Rural", Centro Capacitación ICA La Selva. Mayo 7-14 de 1981.

Contribución del Distrito de Desarrollo Rural del Oriente Antioqueño Rionegro, Antioquia - Colombia

\*\* I.A , M.S, Productividad de suelos ICA, Rionegro.

colaboradores y que debemos buscar soluciones acordes con la experimentación agrícola para lograr su confiabilidad al analizarlos.

### Preparación de Materiales para siembra.

Algunos de los pasos básicos para la instalación de ensayos agrícolas, son los siguientes:

- A. Planeación: Comprende el plan general de ensayos agrícolas ha realizarse en el año, basado en el tamaño del área de estudio, número de fincas, sistemas y tipos de plantas cultivadas, recursos disponibles; y de las necesidades y prioridades de ensayos de ajuste de tecnología obtenidas por el método de Identificación de sistemas de producción.
- B. Materiales: Para asegurar el éxito del plan debe asegurarse el suministro oportuno y suficiente de los insumos, herramientas y semillas necesarias.
- C. Capacitación: Comprende el adiestramiento en las labores a realizar en cada ensayo; a todos los operarios, agricultores y auxiliares, a fin de garantizar homogeneidad de la aplicación de los tratamientos.
- D. Identificación: Tanto los materiales, como insumos deben identificarse adecuadamente para evitar errores y facilitar las labores. Igualmente el ensayo debe identificarse con su título, agricultor, vereda, municipio, año y fecha de siembra y demás aspectos.
- E. Cuadros de Registro: Para la toma de datos deben diseñarse cuadros de registro acorde con lo que se desea y no dejar al criterio de cada persona como tomará el dato, sino que debe homogenizarse para facilidad en el Análisis.
- F. Participación de los agricultores: En los ensayos de finca debe asegurarse que la participación del agricultor o agricultores participantes, sea activa y bien definida. Así como explicarle cada paso del ensayo sus tratamientos, que se espera del ensayo y cual será su responsabilidad.

Nuestro ejercicio consistirá en que Usted detallará amplia y correctamente sobre cada paso básico enumerado antes.

TRABAJE en grupos de 4 personas.

225

### Planeación del experimento.

En la zona de estudio el 90% del área cultivada se hace con siembras de papa, maíz y frijol en diferentes arreglos de asociación y relevo de las mismas especies. La herramienta general de trabajo es el azadón.

Nuestro objetivo es el de evaluar los sistemas en cuestión y observar el comportamiento de nuevos materiales genéticos en los mismos sistemas.

Para cumplir el objetivo propuesto se diseñó el experimento que aparece en el cuadro I.

Las actividades realizadas fueron:

Arada y 2 rastrilladas al terreno: se usó semilla seleccionada de buena calidad y sanidad para todas las especies. El frijol sembrado con papa se colocó 3 días después de la siembra de papa, lo normal es hacer la siembra el mismo día o máximo al día siguiente. Se aplicó AFALON 50 2kg/ha y en la zona los agricultores no usan herbicidas. Para comodidad de manejo se dividió en lotes separados para papa x frijol, maíz - frijol y frijol solo y así evitar competencias de luz y nutrientes.

La aplicación de abonos químicos se hizo localizada, previo medida por parcela. En maíz por experiencias del agrónomo se decidió aplicar abono químico aunque el agricultor no lo hace.

El tamaño de parcela general fué 4 surcos a 1 m. de ancho y 3 m. de largo, en frijoles se varió el tamaño de parcela para algunos tratamientos y se sorteó de tal manera que se facilitará el manejo de los frijoles de enredadera. El frijol Petaco no se consiguió al momento de la siembra y quedó pendiente para después sembrarlo. Las densidades de población de frijol se estudiaron desde 22,000 hasta 120,000 plantas por hectárea, conservando la misma fertilización.

Por motivos de una reunión urgente de técnicos el agrónomo confió la terminación del ensayo a los obreros: dejándoles el diseño de tratamientos en lo referente a frijol.

Durante el desarrollo del ensayo se tomaron datos de:

- |                |                        |                  |
|----------------|------------------------|------------------|
| a) Germinación | b) macollamiento       | c) Fertilización |
| d) Floración   | e) Enfermedad y plagas | f) Rendimiento   |

226

## JARDIN DEMOSTRATIVO DE SISTEMAS DE SIEMBRA. LA SELVA - ICA 1981

No.	TRATAMIENTOS Y MATERIALES	DISTANCIAS		FERTILIZACION kg (ha-formu)	PARCELAS
		Relación	Surc, matas y plan		
1	Papa Picacho x Frij G 4727	(1:1)	(1.0 x 0.40) 1	1000 (10-30-10)	9 - 21
2	Papa Picacho x Frij G 4727	(1:2)	(1.0 x 0.40) 1	1000 (10-30-10)	10 - 23
3	Papa Picacho x Frij G 1056	(1:1)	(1.0 x 0.40) 1	1000 (10-30-10)	2 - 22
4	Papa Picacho x Frij G 1056	(1:2)	(1.0 x 0.40) 1	1000 (10-30-10)	1 - 21
5	Papa Picacho x ICA Viboral	(1:1)	(1.0 x 0.40) 1	1000 (10-30-10)	7 - 14
6	Papa Picacho x ICA Viboral	(1:2)	(1.0 x 0.40) 1	1000 (10-30-10)	8 - 13
7	Papa Picacho x Diac Catio	(1:1)	(1.0 x 0.40) 1	1000 (10-30-10)	1 - 16
8	Papa Picacho x Diac Catio	(1:2)	(1.0 x 0.40) 1	1000 (10-30-10)	2 - 15
	Papa Picacho x frij Fabio	(1:1)	(1.0 x 0.40) 1	1000 (10-30-10)	5 - 18
10	Papa Picacho x Frij Fabio	(1:2)	(1.0 x 0.40) 1	1000 (10-30-10)	6 - 17
11	Papa Picacho x _____		(1.0 x 0.40) 1	1000 (10-30-10)	11 - 20
12	Papa Picacho x _____		(1.0 x 0.40) 1	1000 (10-30-10)	12 - 19
13	Maíz ICA V402 x Diac Cat a chor.		(1.0 x 0.9 ) 3	50P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 50N	25 - 31
14	Maíz ICA V402 x Diac Cat a Chor.		(1.0 x 0.45) 3	50P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 50N	26 - 29
15	Maíz ICA V402 — Frij ICA Viboral		(1.0 x 0.90) 3	50P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 50N	27 - 32
16	Maíz ICA V402 x Frij Petaco		(1.0 x 0.45) 3	50P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 50N	28 - 30
17	Diacol Catio (o) (8 surcos)		(0.50x 0.15) 1	200 (13-26-6 )	33 - 40
18	Frijol G 4727 (8 surcos)		(0.50x 0.15) 1	200 (13-26-6 )	34 - 41
19	Frij ICA Viboral 8 surcos dobles		(1.25x 0.15)	200 (13-26-6 )	36 - 38
20	Frijol E 1056 8 surcos dobles		(1.25x 0.15)	400 (13-26-6 )	37 - 39

227

## Plano de siembra Jardin Demostrativo de sistemas de siembra.

Finca de: La Selva

Cultivo anterior \_\_\_\_\_

Topografía Plano

Profundidad = \_\_\_\_\_

Fecha: Varios en AbrilMuestra de suelo = Se Tomará posteriormente.

Tamaño parcela 4 surcos a 1 mt. y 5 mts. de largo.

## Voluble

		Voluble			
		ICA VIBORAL Voluble 38	E 1056 3º Calle	Catio 0.50 chomillo 8 surcos 40	C 4727 8 surcos 0.50xchomillo 41 Voluble
		E 1056 surco doble 1.25 entre surcos. 8 surcos = al anterior voluble 37	ICA VIBORAL surco doble 1.25 entre surcos. 8 surcos 11 sitios x 2 gr. x 2 = 44 grm por surco 36	Catio 8 surcos 0,50 cho- rillo 35	4727 8 surc. 0,50 chorillo Voluble 34 33
			CALLE		
29 1.0x0.45	2º 1.0x0.45, 24		22 23 Sin calle	21	20 19
30 1.0x0.45	27 1.0x0.90 13		14 Calle 15	16	17 18
31 1.0x0.90	26 1.0x0.45 12		11 Calle 10	9	8 7
32 1.0x0.90	25 5mts 1.0x0.90 1		2 3	1	5 6 5mts.

228

Estimado Colega trate de identificar el mayor número de errores del presente experimento y descríbalos y diga cómo los solucionarían. Trabaje individualmente o en grupos en lo posible máximo de 4 personas.

El lote del ENSAYO está a su disposición, puede arrancar matas; revisar su desarrollo y hacer otras prácticas que considere conveniente para su ejercicio.

## TOMA DE INFORMACION EN ENSAYOS DE AJUSTE DE TECNOLOGIA \*

Por: Carlos Pantoja López \*\*  
José Hiriam Tobón C.

### I. INTRODUCCION

Los solos resultados de rendimiento de un ensayo de campo, son muy poco indicativos de la confiabilidad para una recomendación agronómica, es importante conocer información adicional que permita explicar un determinado rendimiento.

La toma de información en los ensayos de ajuste de tecnología es básica para la interpretación de resultados y debe tomarse para los factores que afectan el rendimiento del cultivo como son los factores controlables e incontrolables de la producción.

A nivel de investigación básica, existen individualmente algunos patrones para las diferentes disciplinas o especialidades, sin embargo, a nivel de desarrollo no existe ningún documento que sirva de ayuda a los técnicos que tienen que desarrollar actividades de generación de tecnología.

Se pretende en consecuencia dar algunas pautas que sirvan de guía, las cuales podrán complementarse de acuerdo a los objetivos específicos que se persigan en los ajustes tecnológicos.

---

\* Contribución de los Distritos ICA de Transferencia de Tecnología de Pasto Nariño y Rionegro (Antioquia) al Curso Internacional sobre manejo en Areas de Desarrollo Rural. Centro de Capacitación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. Spbre 11 - 20 de 1981.

\*\* I.A. M.S. Coordinador Ajuste Tecnología Distrito 02 Pasto - Regional No. 5. A.A. 819 y I.A. M.S. Distrito Rionegro - Regional No. 4 A.A. 51764 respectivamente.

Para una mejor presentación de este tema se ha dividido en dos partes. En la primera se presenta los datos generales que deben tomarse a todos los en sayos y en la segunda parte se dan algunas instrucciones para toma de datos en varios cultivos de clima frío, medio y cálido.

## II. INFORMACION DE TIPO GENERAL

La diversidad de cultivos, regiones, intereses de investigación, objetivos del estudio, etc., impiden dar una guía exacta sobre el tipo de información general a tomar y en cuales de estos datos debe asegurarse mayor exactitud.

Lo que si se está seguro, es que cualquier información que se fuere a tomar dentro de un programa de Ajuste de Tecnología debe planearse con anterioridad a fin de evitar: errores en la toma de observaciones, inconsistencias de datos, desuniformidad en la calificación o cuantificación, o vacíos en la información y en la mayoría de los casos inoportunidad en la fecha en que se hizo la observación.

Inicialmente se contará con un plan de calendario de labores y toma de observaciones, para todos los ensayos sembrados en cada ciclo productivo, o año agrícola y una sugerencia puede ser el Cuadro 1.

Este Cuadro 1, se inicia con la identificación del ensayo asignándole un número o código, los nombres de: Área, Municipio, Vereda o Corregimiento del agricultor participante, del cultivo, tipo de ensayos, y de las labores comunes que deben realizarse según las exigencias del cultivo.

En el Cuadro 2, puede indicarse basado en el cuadro anterior y con el com cimiento agronómico las fechas aproximadas en que se tomarán las observaciones que se han definido prioritarias para lograr el objetivo del estudio.

El registro adecuado, organizado facilitará la toma de información por varias personas, así como el permitir encontrar esta información rápidamente, además debe concentrarse lo más posible agrupándola por ensayo, o usar hojas re súmenes como la presentada en el Cuadro 3, que incluye además datos de los

231

CUADRO 1 . Fechas de Labores .

No. Expe- rim.	Agricul- tor	Vereda	Muni- cipio	Culti- vo	Fecha. Siembra	Fecha La. des- yerba	Fecha raleo	Fecha reabo- no.	Fecha reco- lec.	Otros fecha	Obser- vacio- nes

CUADRO 2. Calendario para toma de observaciones

No. Exp.	Agricultor	Fechas	Datos a tomar	Indicaciones generales y requisitos para la toma de datos.

23/10

resultados de análisis de suelos, cultivos anteriores, profundidad del suelo y los resultados de rendimientos obtenidos en la cosecha.

Un libro de campo con cuadros guías diseñados según las informaciones necesarias a tomar son la mejor guía, la mejor ayuda, la mejor seguridad de toma directa de datos de campo y la mejor forma de conservar la información.

Investigadores bien experimentados aconsejan llevar una copia de oficina, en la cual se registran los datos con mayor limpieza, claridad en escritura y contenido de la información. La ventaja principal y la más importante es prevenir un fracaso total del trabajo causado por pérdida o extravío del libro original.

Desafortunadamente quienes manejan ensayos de ajuste de tecnología, por el mayor número de ensayos que realizan en cada ciclo, por la dispersión de los mismos en las regiones, la diversidad de los tipos de ensayos y de los cultivos, a veces impiden seguir este buen consejo; en su defecto debe procurarse un mecanismo que permita asegurar la información.

Cuando se maneja gran número de ensayos en fincas de agricultores, debe asegurarse eficiencia, y evitar recorridos innecesarios y buscar que la visita al lote de ensayo se facilite. Muchas sugerencias podrían aducirse a este respecto y los mayor experimentados habrán encontrado magníficas alternativas para ello. Lo más común, es tener un plano de la región con la ubicación de los ensayos a lo largo de las vías, quizás indicando distancias o programas de recorrido.

Igualmente la señalización del lote del ensayo con estacas altas pintadas de color visible, y un buen croquis del experimento, que señale su orientación especialmente con respecto a puntos fijos. Véase sugerencia de la Figura 1.

Seguidamente se señalan que datos conviene registrar en forma general para todo experimento. Algunas de estas variables de estudio pueden no tener interés inmediato pero servirán para hacer correlaciones con rendimiento de los cultivos cuando se cuenta con un buen número de resultados de campo.

FIGURA 1. Croquis de ensayo No.

Agricultor: \_\_\_\_\_

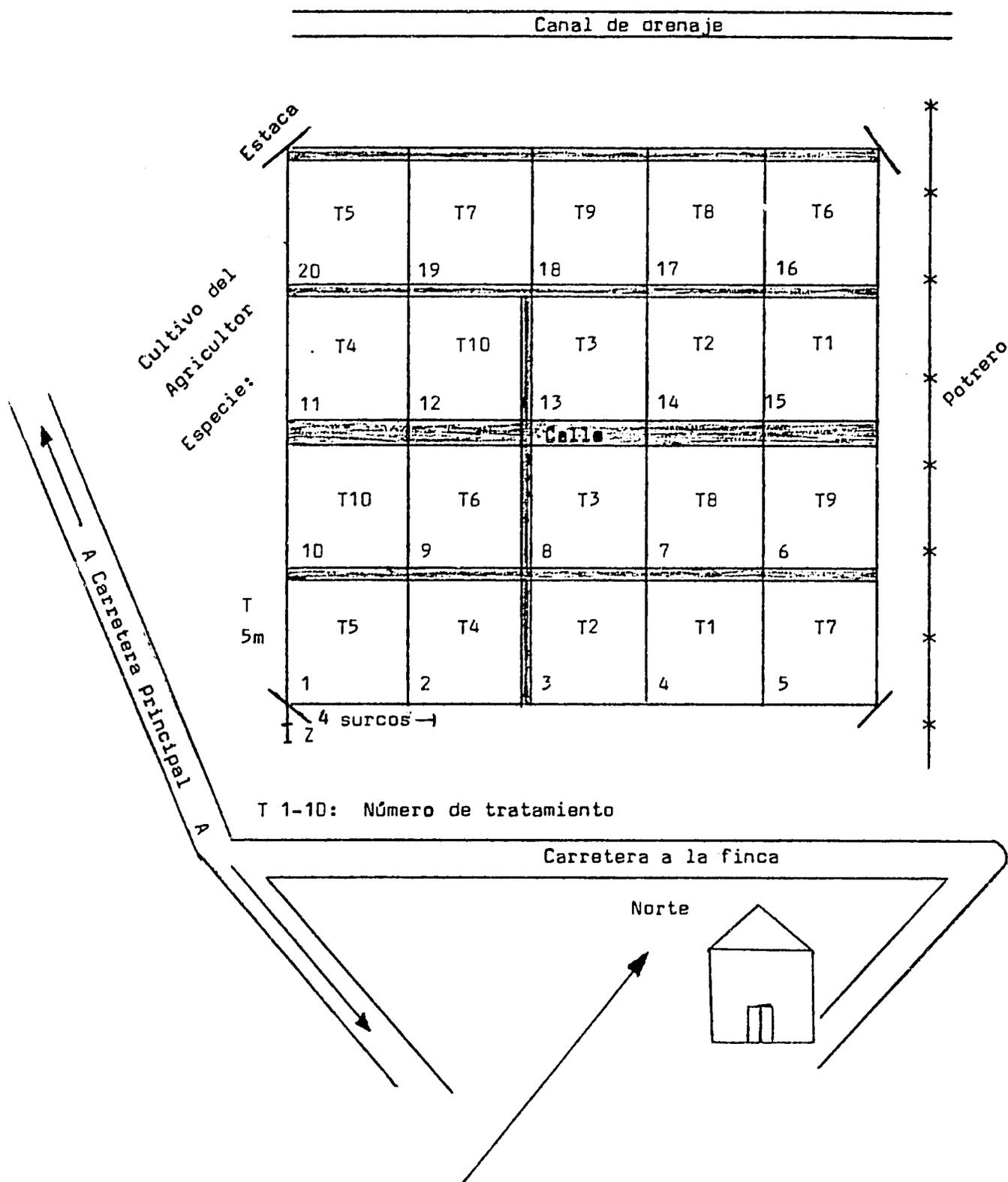
Vereda: \_\_\_\_\_ Municipio: \_\_\_\_\_ Departamento: \_\_\_\_\_

Cultivos: \_\_\_\_\_ Variedad: \_\_\_\_\_

Número de parcelas: 1 a 25

Tamaño parcela: 4 Surcos a 1m de ancho y 5m largo. Matas por surco: \_\_\_\_\_

Área parcela: 20 m<sup>2</sup>





Esta información, así como la consignada en cada visita, capacitará ampliamente al técnico sobre el comportamiento de los diferentes cultivos, variedades y tratamientos en su región. En las hojas de registro de visitas al ensayo debe narrarse esto en forma resumida.

En los ensayos de fertilidad de suelos debe incluirse una muestra de suelo compuesta de varios sitios del lote experimental, para su análisis químico y poder establecer en el futuro posibles correlaciones con rendimiento o servirá para caracterizar la zona en términos de fertilidad del suelo. Pueden seguirse las instrucciones generales de la Cartilla "Como tomar una buena muestra de suelo" <sup>1/</sup>.

Cuando en los experimentos de campo, se espera que los factores más limitativos y más correlacionados con rendimiento son los climáticos deben diseñarse cuadros de registro que permitan estimar cuantitativamente la incidencia de estos factores. Ejemplo:

- a) Cuadros para muestrear las humedades de perfil en forma cuantitativa.
- b) Observaciones sobre marchitez y diferentes momentos fenológicos y grado de severidad.
- c) Registros de días de lluvia.
- d) Registros sobre excesos de lluvia.
- e) Daños de granizados.
- f) Cuadros para el registro de volcamiento cuando el área está muy sometida a vientos fuertes.

---

<sup>1/</sup> Tobón C. José Hiriam. 1970 "Como tomar una buena muestra de suelo. ICA Boletín de Divulgación No. 27. División de Investigación.

Como una guía general y de consulta sobre datos a tomar, se enlistan una serie de observaciones que normalmente se registran de los ensayos de campo. El investigador a su nivel seleccionará aquellos de su mayor necesidad acorde con el programa y plan trazados. Estos son:

- Localización: Municipio, Vereda, nombre del agricultor, altura sobre el nivel del mar (a.s.n.m.), pendiente, profundidad del suelo (capa arable).
- Identificación del ensayo (código), título del ensayo.
- Croquis del experimento orientado de acuerdo a una fecha que indique el norte y en el cual se haga referencia a un punto que permanecerá invariable durante el desarrollo del cultivo (casa, árboles, piedras grandes, caminos). El croquis deberá ir identificado con los tratamientos que tiene cada parcela.
- Historia del lote: Cultivo anterior, aplicación de fertilizantes y correctivos, rendimientos obtenidos.
- Toma de muestras de suelo (una muestra compuesta por repetición).
- Fechas: Fecha de siembra, de aplicación de pesticidas, de labores culturales (aporques, raleo, resiembra).
- Fechas: De germinación, macollamiento, floración, madurez, fisiológica y cosecha.
- En las visitas periódicas que se efectúan en cada ensayo (por lo general cada 8 - 10 días) debe calificarse el efecto de plagas y/o enfermedades, cuantificando el % de daño y anotando el nombre de la enfermedad o la plaga preferencialmente con su nombre científico. Cada visita debe quedar registrada en el libro de campo.
- Debe cuantificarse los daños físicos del cultivo, tales como volcamiento, daño de animales, daños por granizo, heladas, especificando si es general para todo el ensayo o localizada para determinada parcela o repetición.

- Calificar la deficiencia o exceso de agua y la época en la cual se presentan. En algunos casos será necesario interrogar al agricultor sobre cuantos días ha permanecido en ese estado.
- Deficiencia o exceso de agua son los que más influyen en el tipo de respuestas a los diferentes factores controlables, de ahí que se toman textualmente las anotaciones que efectúan Tobón y Correa (3) en el Boletín Técnico No. 47.:
- "La sequía puede notarse por marchitez ligera o pérdida de turgencia de las hojas, cambio de color, hojas decaídas o flácidas. En casos severos enrollamiento de hojas y secamiento de tallos erectos.
- Cuando hay exceso de humedad se puede presentar mayor incidencia de enfermedades fungosas, clorosis, amarillamiento general de las hojas bajas.

Una apreciación al tacto del estado de humedad del suelo se puede medir así:

0 % - Equivale a sequía severa o el suelo está cerca de la marchitez permanente. El suelo en la mano se nota caliente y polvoso hasta los 15 cm. de profundidad.

50 % - Se nota cierta humedad en los primeros 15 cm. pero no escurre agua al comprimirlo con la mano o no la humedece.

100 % - Humedece la mano o puede escurrir agua al comprimirlo.

- Cuando se está trabajando en ensayos de fertilización es necesario medir la respuesta a determinados elementos mediante características externas como altura y color principalmente. No siempre estas diferencias se reflejan en producción pero pueden ser un indicativo para pensar que el elemento comienza a ser limitante. En estos casos las comparaciones deben hacerse en igualdad de condiciones de los otros factores en estudio y en

niveles que no sean limitantes para la producción. Así por ejemplo: para medir respuesta a Nitrógeno se seleccionarán los tratamientos 0-50-100 Kg/Ha. de N, a niveles constantes de 50 Kg/Ha. de Fósforo y 40.000 plantas por Ha. "

### III. TOMA DE INFORMACION ESPECIFICA EN ALGUNOS CULTIVOS

#### 3.1. FRIJOL - ARVEJA

- Fecha de emergencia. Fecha en la cual han emergido el 95% de las plantas. En el caso de frijol los cotiledones se encuentran por encima de la superficie del suelo.
- Fecha de floración. Fecha en la cual el 50% de las plantas presenta por lo menos una flor por planta.
- Fecha de madurez fisiológica. Fecha en la cual el 90% de las vainas ha cambiado de color verde a un color intermedio. En esta etapa el llenado de las vainas está prácticamente concluido y es la etapa en la cual se determina el rendimiento final.
- Fecha de madurez de la cosecha. Fecha en la cual el contenido de humedad del frijol ó arveja se encuentra lo suficientemente bajo para su cosecha (15 - 16%). Generalmente ocurre entre 10 y 20 días después de la madurez fisiológica.
- Altura de plantas. Se mide desde la superficie del suelo hasta el punto de crecimiento en el tallo principal. Generalmente el valor anotado corresponde a un promedio entre 5 y 10 plantas por parcela.
- El rendimiento desgranado debe tomarse mínimo en áreas entre 6 - 10 m<sup>2</sup>. Menores a ésta áreas dan coeficiente de variación muy alta.

- Los componentes de rendimiento se determinan en algunos experimentos y se efectúa en una muestra más pequeña que la cosechada. Estos datos abarcan: número de plantas/m<sup>2</sup>.,-(al momento de la cosecha), número de vainas por planta, número de semillas por vaina, peso de 100 semillas.
- Existen otro tipo de datos que se utilizan para estudios más específicos, tales como índice de área foliar, producción de materia seca, tasa de áreas foliar.

### 3.2. CEBADA - TRIGO

Los datos que se toman en estos cultivos son en términos generales los mismos, solamente que las diferentes etapas de crecimiento del trigo se corren aproximadamente entre 20 y 30 días en relación a los de la cebada.

- Germinación. En cebada se califica aproximadamente a los diez días después de la siembra (cuando se ha sembrado en suelo húmedo). En esta época se supone que el material está "punteando".
- Macollamiento. Ocurre aproximadamente a los 30 días. Sin embargo, el número de macollas es más fácil medirlo en la época de la cosecha.
- Encañado. Fecha del máximo crecimiento de los tallos.
- Embuchamiento. Fecha en la cual el 50% se encuentra en este estado.
- Espigamiento. Fecha en la cual el 50% de la población se encuentra en estado lechoso, masoso (pastoso) y grano duro.
- Cosecha. El momento propicio para la cosecha se presenta cuando la espiga ha bastoneado (en cebada aproximadamente ocurre entre 130 - 140 días) o cuando al colocar la uña sobre el grano no deja indicios de presión.
- Altura de plantas. Se toma promedios de plantas cuyo número depende del tamaño de las parcelas. En los ensayos de fertilización es conveniente tomar este dato cuando se observen diferencias en altura; en otro tipo de experimento es preferible tomarlo al momento de la cosecha. Se toma el

dato desde la superficie del suelo hasta el punto de iniciación de la es  
piga.

- Enfermedades. Esta calificación se cuantifica en porcentaje de acuerdo a la incidencia de la enfermedad (localizada - total). Cuando la infec  
ción es total se debe hacer un recorrido en diagonal a través de las par  
celas. En este recorrido debe identificarse las enfermedades, preferi-  
blemente con el nombre científico, se anota la época de crecimiento en  
la cual se presentó la enfermedad y su posible influencia en el rendimien  
to.
- Plagas. Se debe efectuar un reconocimiento en diagonal, en el cual se  
debe estimar el porcentaje de hojas infectadas por metro cuadrado. Las  
lecturas deben efectuarse en distintas épocas (macollamiento, encañado,  
embuchamiento, iniciación del espigamiento) y cuando el material vegetal  
se encuentre verde.
- Volcamiento. Se debe calificar en dos categorías: volcamiento total e in  
clinación. Es conveniente anotar las etapas de crecimiento del cultivo.  
El volcamiento temprano (encañado) no es tan grave por cuanto puede "aco  
dar". Durante el espigamiento y después de que este produce. Se conside  
ran graves por cuanto produce vaneamiento o afecta la maduración del grano.
- Vaneamiento. Se produce por cambios bruscos de la temperatura en la épo  
ca de floración. Se reconoce cuando empieza a llenar el grano y se pre-  
senta como áreas blanquecinas y espigas delgadas y raquíticas. Su eva  
luación en porcentaje puede hacerse en ese momento o al momento de la co  
secha y mediante comparación de una área no afectada.
- Los componentes de rendimiento para algunos casos específicos se toma en  
base a número de macollas por planta (tomar tres submuestras de 10 plan-  
tas por parcela de 50 m<sup>2</sup>) número de granos por espiga, muestreado y peso  
de 1.000 granos.

Especies de malezas predominantes y porcentaje de cubrimiento y competen  
cia en relación con el cultivo (esta lectura debe hacerse antes y después

242

de aplicar el herbicida).

#### 3.4. PAPA

Además de los datos generales que requieren todos los cultivos en papa, es necesario tomar los siguientes datos:

- Vigor de la planta al tiempo de floración con calificación de 1 a 10, siendo 10 la mayor y que se tomaría en base a una parcela que se encuentra en óptimas condiciones de fertilización y sanidad.
- Porcentaje de cubrimiento del suelo al momento de calificar el vigor. Se puede tomar en base a dos surcos por 10 m. de largo (sirve como referencia del área foliar).
- Ciclo de vida. Termina cuando el 50% del follaje está amarillo.
- Evaluación de gota (Phytophthora infestans). Se califica de 0 a 10, los cuales representan el porcentaje estimado de ataque del hongo. (0: sin síntoma, 5: todas las plantas afectadas con la mitad de sus hojas quemadas, 7: cerca de las 7 partes del follaje destruido, predomina el color pardo sobre el verde, 10: todas las hojas muertas, el tallo muerto o seco).
- Evaluación de virus. Se toma en base a 100 plantas de un surco escogido al azar. Posiblemente sea necesario identificar el tipo de virus de acuerdo a las siguientes características:
  - Virus X - Produce principalmente mosaicos.
  - Virus Y - Produce necrosis de venas y observable en el envés de las hojas.
  - Virus de enrollamiento - En la papa especie Andígena produce enanismo y clorosis. En la papa especie Tuberosum produce enrollamiento de las hojas bajas.
- Rendimiento por parcela - Es necesario clasificarla en tres tamaños: Grue

243

sa (0 - 1a. y 2a.) con peso mayor de 60 gramos.

Delgada (3a.) peso entre 20 y 60 gramos.

Mura o muy delgada: peso menor de 20 gramos.

### 3.5. PASTOS

- Se deben anotar las fechas de corte y abonamiento.
- Floración. Es importante tomar este dato ya que es un indicativo de la oportunidad de corte el cual debe hacerse cuando la floración se encuentra entre 10 - 30%.
- Al momento de corte es necesario tomar el dato sobre la cobertura del pasto el cual se hace en base al porcentaje de llenado de espacio.
- Al momento del corte debe ejecutarse la evaluación de peso verde por metro cuadrado, mediante un muestreo de acuerdo al área. Para una hectárea o más se necesitan por lo menos 10 muestras distribuidas al azar. Para parcelas de 100 metros cuadrados se requieren entre 2 - 3 muestras.
- Competencia por malezas. Debe estimarse de acuerdo a la altura y el porcentaje de cubrimiento de las malezas con respecto al pasto. Por lo general son necesarias tres lecturas: una 10 días antes de la aplicación del herbicida, otra tres semanas después y una final al momento del corte.
- La altura promedio de las plantas se toma desde la superficie del suelo hasta donde se doblan la mayor parte de las hojas.
- Plagas. La chiza (Ancognatha scarabeoides) y otras especies de tierraños deben observarse en las raíces, debajo del cespedón, ya que la aplicación de insecticida se hace en la preparación del terreno, las lecturas deben efectuarse al mes después de germinado en base a porcentaje del área afectada. Cuando se presentan parches aislados se califica como leve; pocos parches unidos: moderado y parches amplios: severo.

- Los Afidos (Aphis sp.). Su ataque se califica principalmente en periodos secos y observando el envés de la hoja cuando es leve (parches amarillentos) o ataque severo cuando se presentan parches amplios de color rojizo.
- El Mión de los Pastos. (Aneolamia varia) es muy común en pastos de clima medio. Las lecturas deben hacerse en periodos húmedos y en la base de la raíz (espuma). Se presenta por secamiento de la planta en parches. La calificación se hace mediante los tres niveles anotados para la Chiza ó Afidos.

### 3.6. MAIZ

Existe mucha literatura de toma de datos en maíz, sin embargo, para ensayos de ajuste tecnológico se sugieren los siguientes: (además de la información de tipo general mencionada en el numeral 2).

- Floración. Anotar la fecha de iniciación de la floración masculina y/o femenina anotando el porcentaje de cada una de ellas.
- Volcamiento. Anotar la época y la severidad del mismo se sugieren tres categorías:

Severo: Cuando existe un número grande de plantas con inclinación mayor de 75 grados respecto a la posición vertical.

Leve: Cuando la mayoría de las plantas se encuentran con una inclinación entre 25 y 75 grados respecto a posición vertical.

Sin volcamiento: cuando las plantas tienen una inclinación menor de 25 grados respecto a la posición vertical.

La lectura de volcamiento debe hacerse antes de los cinco días después de que ocurra el daño y debe repetirse cada vez que reincida el fenómeno.

- Al momento de la cosecha: Se debe anotar el número de matas (sitios), el número de plantas (tallos) y el número de mazorcas.

Generalmente este se hace en los surcos centrales que corresponden a cada tratamiento.

- En el mismo material, una vez quitada su envoltura ó "capacho" es necesario calificar en porcentaje, el daño por plagas, fallas en polinización ó pudriciones.
- De algunas parcelas seleccionadas, se escogen al azar 10 - 15 mazorcas las cuales mediante un desarmador se sacan dos hileras de granos, se mezclan y se toman aproximadamente 200 granos para análisis de humedad.
- Para obtener el factor de desgranado es necesario tomar al azar un número determinado de mazorcas obtenidas de los bordes incluyendo muestras de todos los tratamientos y repeticiones, de estas se vuelven a muestrear 10 mazorcas (con todas las brácteas). Se toma el peso de las mazorcas sin brácteas, enseguida se desgranar las mazorcas para obtener el peso del grano. La relación entre el peso del grano y el peso total siempre es menor que uno y corresponde al factor de desgranado.

### 3.7. HORTALIZAS

Además de los datos generales, se precisa tomar los siguientes:

- Reconocer los problemas de emergencia y señalar los diferentes métodos de programación que se usó en el experimento, para evitar diferencias de manejo, o poderlos agrupar según sea característica. Así por ejemplo: en cebolla de rama que se propaga tanto asexual por medio de propágulos o si es en forma sexual; aunque ésta última no se utiliza en Colombia. En el caso de remolacha la propagación es por semilla sexual pero para siembra se usa en forma directa y de transplante.
- Variaciones en las distancias de siembra o número de plantas por m<sup>2</sup>.
- Epoca de transplante.
- Epoca de aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos.

- Comportamiento en varios climas.
- Detenciones del desarrollo por sequías prolongadas.
- Épocas y períodos de recolección de cortes.
- Plagas más limitantes en el área y nivel de incidencia.
- Enfermedades más limitantes en el área y nivel de incidencia.
- Partes de la planta afectadas por la incidencia.
- Necesidades de resiembra y época de las mismas.
- % de deformaciones de los productos principalmente en zanahoria y remolacha.
- Tamaño promedio de los productos.
- Sintomatologías foliares.

### 3.8. YUCA - ARRACACHA Y ÑAME

- Conviene recoger información sobre la distancia de siembra y el sistema de cultivo.
- Variedades usadas.
- Características de la variedad en porte, color y macollamiento.
- Tamaño de los tubérculos y peso promedio de los mismos.
- % de anomalías de los tubérculos.
- Duración del período vegetativo.
- Épocas de aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos.
- Respuesta vegetativa como la altura en centímetros, considerada desde la base de la planta a nivel del suelo hasta el extremo del punto de creci-

247

miento o yema terminal.

- Respuesta vegetativa lateral, diámetro promedio del círculo que forma ca  
pa.
- Rendimiento en Ton/Ha.
- Incidencia de plagas y enfermedades; cualitativamente si son leves y cu  
antitativamente si son severas.
- Fallas de población determinando en lo posible sus causas.
- Duración máxima hasta recolección.

### 3.9. PLATANO

Además de los datos generales y de las variables de sitio:

- Identifique cada planta con su tratamiento correspondiente.
- Variedad y época de siembra de colino.
- Recolección de frutos y peso promedio.
- No. de retoños por sitio.
- Epocas de "dehijado" ó
- Comportamiento del cultivo ó variación climática.
- Altura de la planta al corte del racimo (desde la base hasta inserción  
del racimo).
- Grosor de los tallos en el momento del corte de racimo.
- Duración período vegetativo.
- Fecha de recolección de caoa racimo.

- Anormalidades presentadas, describirlas - indicar número de racimos afectados.
- Sistema de siembra usado y distancia de siembra.
- Epocas de control de enfermedades y plagas. Relación de productos.

### 3.10. CAÑA DE PANELA

Igual que en casos anteriores, adicionalmente conviene anotar:

- Sistema de siembra y explotación, entresaque o corte parejo.
- Epocas de recolección o de corte.
- Epocas de aplicación de fertilizantes y enmiendas.
- Rendimientos expresados en Ton/Ha de caña.

Por lo costoso de usar trapiches para molienda de parcelas individuales, debe recurrirse a utilizar datos aproximados de correlación de rendimiento obtenidos por el programa de la caña panelera.

## B I B L I O G R A F I A

1. LAING, D.; RESTREPO, J.; ZULUAGA, S. Conceptos básicos en Fisiología de frijol. Copia mimeografiada. Palmira, CIAT s.f. 13 p.
2. LAIRD, R.J. Técnicas de campo para experimentos con fertilizantes. México. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo - CIMMYT. Folleto Investigación No. 9. 37 p.
3. TOBON, H.; CORREA, S. Manejo de ensayos en áreas de Desarrollo. Medellín, Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. Boletín Técnico No. 47. 1977. 25 p.
4. TURRENT, A. El registro de observaciones durante el desarrollo de un experimento de productividad. En Escritos sobre la metodología de la investigación en productividad de agrosistemas. México. Colegio de Postgraduados - Chapingo. 1980. pp 1-45

ANALISIS DE LOS RESULTADOS DE ENSAYOS EN FINCAS CON MAIZ ICA V453 Y

CRIOLLO EN EL ORIENTE ANTIOQUEÑO 1/

José Hiriam Tobón C.

Jorge Enrique Llano E. 2/

I. INTRODUCCION

El cultivo de maíz en el Oriente Antioqueño constituye el principal renglón de producción en área, se cultiva en mas del 90% de las propiedades rurales de la zona y ocupa el 40% del área sembrada.

El sistema de cultivo es de relevo con fríjol y papa, los cuales se han demostrado como más ventajosos que los sistemas de monocultivo.

Las semillas utilizadas son de predominancia tipo criollas (86%).

Tecnológicamente antes de 1970 se consideraba que el maíz era de subsistencia y bajos niveles de producción (900 Kg/Ha en promedio).

Posteriores trabajos mostraron la bondad de técnicas adicionales para cultivos como el de conservar la semilla criolla por ventajas sobre las mejoradas ofrecidas por ICA hasta el momento ICA H401 e ICA H452, por mejor porte y resistencia de la caña como tutor para fríjol cuya producción después de papa es la que significa la principal fuente de ingresos.

Las recomendaciones quedaron desde 1974 en:

- 1) Uso de semilla criolla para cultivos de asociación y relevo.
- 2) Aumentar la densidad de población tradicional hasta 33.000 plantas/Ha que

---

1/ Contribución del Distrito de Transferencia de Tecnología No. 5 Rionegro Antioquia.

2/ Ingenieros Agrónomos, M.S. Productividad de Suelos. Instituto Colombiano Agropecuario ICA - Rionegro Antioquia.

se logra sembrando a 1.0 m. entre surcos y 0.90 m. entre plantas dejando al final 3 plantas por sitio.

- 3) Uso del raleo o descañe.
- 4) Práctica de encallado al maíz para mejorar anelaje y economía de las labores subsiguientes para siembra del frijol de relevo.
- 5) Aplicación de fertilizantes Sin y Con fósforo al momento de la siembra en dosis de 50 Kg/Ha de  $P_2O_5$  si el cultivo anterior fué o no de papa respectivamente.

En todos los casos se aplicará 50 kg/Ha de N al momento de encaballonar (último aporque del maíz.)

A fines de 1974 el ICA entrega la Variedad ICA V453 de color blanco, porte mediano, con mejor resistencia de caña que los híbridos, mayor altura que estos, mejores rendimientos en grano sobre los maíces tradicionales, menos exigente en fertilización y manejo de prácticas culturales que los híbridos.

A partir de 1975 el Proyecto de Desarrollo Rural del Oriente Antioqueño dedicó parte de sus esfuerzos en el Programa de Ajuste de Tecnología en probar estas bondades del V453 en mayor número de fincas y situaciones, así como el hacer su difusión para uso de los agricultores.

Los resultados aquí presentados corresponden a ensayos con diseño experimental, parcelas demostrativas y cultivos comerciales en esta zona de los años 1975, 1976, 1977 y 1978, para los cuales se tomaron medidas del rendimiento. El análisis que se presenta tiene el objetivo de definir la recomendación del maíz V453 en el área del Oriente Antioqueño.

## II. MATERIALES Y METODOS

En el Cuadro 1. se detallan los ensayos, año, agricultor, índice de mazorcas, variedad, rendimiento obtenido y calificación como resistencia para tutor.

En todos los lotes sembrados se siguieron las recomendaciones antes anotadas en la introducción. En algunos casos, por presencia de plagas en el suelo se

252

recomienda aplicación de Aldrín del 2.5% al momento de la siembra. La época de siembra se realizó entre el 10. de Febrero y el 15 de Abril y se recolectaron entre Noviembre del mismo año y Enero del año siguiente de la siembra. En todos los lotes cosechados se estimó como el 80% de desgrane y se midió el porcentaje de humedad para cada parcela. Los datos se muestran corregidos por humedad al 15%. De otros datos tomados en los ensayos como comportamiento de los maíces, No. matas cosechadas, presencia de plagas, solo se anotarán aquellos comentarios que sirvan para evaluar el uso de maíz V453 en los sistemas de siembra de la zona.

Las distancias de siembra fueron en general de 0.90 x 0.90, 1.0 x 0.90 y 1.10x 0.90 y 3 plantas por sitio para cosecha final.

Estas densidades de población obedecían a las recomendadas por ICA bajo los sistemas de cultivos de la zona. Las densidades de población mayores de 35.000 plantas por hectárea y alta fertilización fueron descartadas por haberse demostrado en 1971 y 1972 (tesis) que no podía hacerse comparación entre los materiales mejorados y criollos, ya que estos se abatían considerablemente en rendimientos bajo estas condiciones.

La alta variación presentada en resultados es el resultado de las variaciones climáticas y de suelos. En todos los lotes se siguieron las recomendaciones del ICA.

La calificación de la resistencia de la caña para soporte como tutor del frijol Cargamanto se tomó como apreciación visual aún sin sembrar frijol, en otros con la experiencia de haberlo sembrado y en algunos casos se visitaron agricultores para conocer su criterio sobre este aspecto.

Aunque estos maíces se sembraron en más sitios solo se refieren a aquellos lotes donde se estimaron datos componentes del rendimiento. Para los demás lugares se anotarán observaciones generales observadas o experiencias del agricultor.

En 1979 para el mes de Abril se visitaron todos los agricultores para conocer el uso que de este maíz V453 está haciendo en su finca.

253

En los 8 Municipios de trabajo en estos 4 años con la colaboración de 44 agricultores distribuidos en 30 Veredas.

### III. RESULTADOS Y DISCUSION

Los promedios generales de rendimiento por Municipio, expresados en el Cuadro 1. indican que un total de 94 parcelas en 8 Municipios los rendimientos fueron similares.

Los rendimientos en kg/Ha para ambos maíces oscilan de 433 a 7090 para el V453 y de 535 a 6010 para el criollo y los promedios generales de rendimiento fueron de 3064 a 3079 kg/Ha para maíces V453 y criollo respectivamente.

CUADRO 1. Promedios generales de rendimiento en Kg/Ha de los maíces Criollo e ICA V453, durante los años 1975 a 1978 en el Oriente Antioqueño.

<u>Municipio</u>	<u>ICA V453</u>	<u>Criollo</u>	<u>No. Parcelas V453 , Criollo</u>	<u>No. Veredas</u>
Rionegro	3924	4251	13 , 3	5
Carmen	3099	2942	2 , 7	4
Marinilla	3309	2650	10 , 11	6
Unión	2931	5300	4 , 1	2
Santuario	2470	2268	3 , 2	4
San Vicente	3036	2066	13 , 13	4
Guarne	2418	852	2 , 2	2
Sonsón	3329	3503	4 , 4	3
Promedio	3064	3079	Total 51 , 43	30

Si tenemos en cuenta que el 87.5% de los cultivadores de maíz está en fincas de área de 0.5 a 1.99 Has (Bernal 1) es reconocido su poca capacidad de inversión en un renglón como maíz, hecho que significa que para estos agricultores no es recomendable un cambio tecnológico alto de maíz, dado que no tienen recursos de riego, preparación de suelo más adecuado, ni de poder usar alto fertilizante además de tener que usar distancias de siembra acordes con sus sistemas de siembra de relevos, intercalados o asociados de cultivo. Así no parece viable ni recomendable el cambio de las variedades criollas.

CUADRO 2. Resistencia de caña de maíz V453 como tutor para frijol en el Oriente Antioqueño.

Municipio	Buena	Regular	Mala
Rionegro	5	3	5
Carmen	-	2	-
Marinilla	5	4	1
Unión	3	-	1
Santuario	1	2	-
San Vicente	10	2	1
Guarne	1	-	1
Sonsón	3	-	1
Total	26	13	10
%	54.9	25.5	19.6

En el Cuadro 2. de las 51 parcelas de maíz V453 para resistencia de caña como tutor de frijol Cargamanto el 55% se comportaron como Buenos, el 25% como Regulares y el 20% como malos tutores.

Comentarios consignados por los diferentes técnicos del Distrito, en los libros de campo durante las visitas a los ensayos dejan expresa que un buen número de sitios cuando el maíz no sirve para tuturo, requiere de tutores adicionales que encarecerían el costo de producción de frijol.

Desafortunadamente para los resultados del Distrito no era posible sembrar frijol Cargamanto sobre estos maíces mejorados sin que el agricultor no usara tutores adicionales porque sería una pérdida muy grave para él. Así los rendimientos de frijol Cargamanto sembrados en aquellos maíces que mejor o regular se comportaron no son indicativos para calificar la resistencia de caña. La calificación correcta se habría obtenido cuando los lotes no se hubieren reforzado con tutores adicionales y así podríamos establecer el efecto de cañas de maíz criollo e ICA V453 sobre el rendimiento del frijol Cargamanto y de nuevo esto no era posible en la finca de un agricultor y no tenemos resultados sobre esta comparación. En algunos casos (Exp 6, 13, 16, 18A de 1975, 11, 12, 13 y 23 de 1976) el agricultor no permitió siembra de frijol sobre estos maíces de caña débil.

253

En el Cuadro 3. se muestran los resultados de los maíces ICA V453 y criollo a dos dosis de fertilizantes según las recomendaciones ICA 1975 (Tobón y Llano) probados para la zona del Oriente Antioqueño.

La dosis de 50 - 0 - 0 rindió en promedio en los 8 Municipios 2166 y 2423 kg/Ha para maíces ICA V453 y criollo respectivamente, observándose ligera ventaja del criollo sobre el mejorado a bajo nivel de fertilizante. La dosis de 50 - 50 - 0, es decir con aplicación de Nitrógeno y Fósforo en ambos maíces incrementó el rendimiento con respecto a la aplicación sin Fósforo. El incremento fué de 16848 kg/Ha para el maíz ICA y de 1157 para el criollo. El rendimiento obtenido con la dosis de Nitrógeno y Fósforo fué de 3814 y 3580 para el V453 y el criollo respectivamente. Se notó a sí a bajos niveles de fertilización el criollo presenta una ligera (257 kg/Ha) ventaja sobre el V453 y a dosis de Nitrógeno y Fósforo el V453 logra superar el criollo en (234 kg/Ha.

La diferencia general entre variedades de maíz es de 2990 y 3001 kg/Ha para el V453 y el criollo respectivamente.

Ante estos resultados aún aumentando la fertilización no es conveniente el cambio del maíz criollo.

CUADRO 3. Resultados de maíces ICA V453 y Criollo a diferentes dosis de fertilizante de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O

Municipio	ICA V 453		Criollo	
	50 - 0 - 0	50 - 50 - 0	50 - 0 - 0	50 - 50 - 0
Rionegro	4094	4674	4231	-
Carmen	3099	-	3050	-
Marinilla	1472	4790	1884	3089
Unión	2404	3107	-	5300
Santuario	-	2470	1694	2843
San Vicente	3127	2996	3526	2572
Guarne	436	4401	841	-
Sonsón	533	4262	1731	4094
Promedios	2166	3814	2423	3580
Diferencia entre dosis		1648		1157
Desviación standard				
Diferencia general entre variedades		2990		3001

256

CUADRO 4. Comparación simultánea de maíces V453 y Criollo en el Oriente Antioqueño.

<u>Municipio</u>	<u>F.S/Año</u>	<u>Fertilización</u>	<u>Rend. Kg/Ha.</u>		<u>V453 Resistencia</u>	<u>Indice Mazorca</u>	
			<u>ICA V453</u>	<u>Criollo</u>		<u>ICA V453</u>	<u>Criollo</u>
Rionegro	26 My/76	55 - 0 - 0	4080	2933	Regular	1.20	0.9
"	10 F /77	50 - 0 - 0	4821	4910	Malo	1.22	1.17
"	10 F /77	50 - 0 - 0	5535	4850	Malo	1.28	1.19
Armen	13 Ab/76	50 - 0 - 0	3361	1973	Regular	0.96	0.92
Marinilla	24 F /76	50 - 50- 0	4750	3538	Bueno	0.82	0.87
	4 Mz/76	50 - 50- 0	5700	5004	Bueno	1.08	1.02
	4 Mz/76	50 - 50- 0	7090	6010	Bueno	1.26	1.01
		50 - 0 - 0	2077	1051	Malo	0.84	0.75
	22 Ab/76	50 - 0 - 0	697	535	Malo	1.01	0.86
	8 Mz/77	50 - 50 -0	988	1178	Malo	0.88	1.00
	8 Mz/77	50 - 0 - 0	1577	2023	Malo	1.31	1.12
	15 Mz/77	50 - 50 -0	3341	3725	Bueno	1.25	1.27
	15 Mz/77	50 - 0 - 0	1536	3917	Bueno	1.40	1.29
Unión	14 F /75	70 - 60-20	3850	5300	Malo	-	-

Santuario	18 F /76	39 - 78-1E	1470	2843	Regular	-	-
	9 Mz/77	50 - 50- 0	2292	1694	Bueno	-	-
icente	20 F /75	50 - 80- 0	2706	2264	Bueno	-	-
	26 F /75	50 - 50- 0	1938	3097	Malo	-	-
	5 Mz/75	50 - 50- 0	4285	2895	Bueno	-	-
	30 Mz/76	50 - 50- 0	3796	1632	Bueno	0.85	0.63
	20 Ab/76	50 - 50- 0	1983	2167	Malo	-	-
	4 Mz/77	50 - 0 - 0	4203	5700	Bueno	0.98	0.99
	4 Mz/77	50- 50- 0	4435	4742	Bueno	1.10	0.93
	8 Mz/77	50 - 50- 0	3610	2717	Bueno	0.91	0.64
	8 Mz/77	50 - 0 - 0	3090	3363	Bueno	0.93	0.69
	24 Mz/77	50 - 50- 0	2045	1466	Regular	1.03	0.66
	24 Mz/77	50 - 0 - 0	1167	1196	Regular	0.68	0.55
	25 Mz/77	50 - 50- 0	2168	2168	Bueno	0.87	0.71
	25 Mz/77	50 - 0 - 0	4048	3856	Bueno	0.90	1.09
Guarne	25 F /76	50 - 0 - 0	436	841	Malo	0.37	0.33
Sonsón	26 F /76	50 - 0 - 0	533	1731	Malo	0.44	0.69
	27 F /76	50 - 50- 0	4729	5240	Bueno	1.15	1.16
	27 F/76	50 - 50- 0	2533	4533	Bueno	0.94	0.54
	27 F/76	50 - 50- 0	3524	4509	Bueno	0.95	0.89
Promedios	N (34)		3070.6	3106	18 B 11M 5R	0.96	0.88

53%B, 32M, 14.7R

258

Para fines de afinar la diferencia entre materiales de maíz con respecto a rendimiento, prolificidad y resistencia de caña como tutor, en el Cuadro 4, se relacionan los ensayos por pares de comparación dentro de Municipios, igual fecha de siembra y año e igual fertilización en 34 pares de parcelas de los 8 Municipios.

El efecto de fertilización ya fué discutido antes y demostrado en el Cuadro 3.

El rendimiento es claramente similar (3070 y 3106) y concuerda con los datos antes demostrados en los cuadros de rendimiento promedio general, rendimientos con diferentes dosis de fertilizante y aún a nivel de Municipio.

El índice de mazorca para mostrar prolificidad indica que el maíz V453 tiene 0.98 y el Criollo 0.88 que demuestra ventaja sobre el criollo.

La resistencia de caña para tutor concuerda en esta comparación con lo demostrado en el Cuadro 2, para el total de las 94 parcelas no siempre comparados simultáneamente los resultados indican que el 3% de los lotes presentaron buena resistencia de caña, considerándose las demás como regular (15%) y malas el 32%.

CUADRO 5. Rendimiento de maíces ICA V453 y Criollo Montañó bajo condiciones de escasez de agua lluvia en el Oriente Antioqueño.

<u>Municipio</u>	<u>Agricultor</u>	<u>Exp/FS/Año</u>	Rendimiento de grano Kg/ha	
			<u>ICA V453</u>	<u>Criollo</u>
Marinilla	Juan Llano	24/ Ab 2/76	Pérdida por fuerte verano	
Carmen	Daniel Zuluaga	25/Ab 13/76	766	1401
Santuario	Luis E. Gómez	7/Fb 18/76	1470	2843
Guarne	Jorge Henao	11/Fb 25/76	2426	3006
Sonsón	José Domingo C.	13/Fb 26/76	533	1731
San Vicente	Alfonso Monsalve	30/Ab 20/76	1983	2167
Marinilla	Jesús A. Rojas	31/Ab 22/76	697	535
Marinilla	Emilio Duque	24/Mz 8/77	986	1176
Marinilla	Emilio Duque	24/Mz 8/77	1577	2023
San Vicente	Joel Marín	31/24 Mz/77	2045	1466
San Vicente	Joel Marín	31/24 Mz/77	1167	1196
Promedio			1365.4	1754.6
Santuario	Emilio Alzate	34/21 Fb/75	Pérdida por fuerte ataque cogolleros	
Carmen	Octavio García	23/26 Mz/76	Pérdida por mal desarrollo	

En los últimos años se han presentado fuertes veranos (lluvias escasas) que han afectado el rendimiento de los cultivos y toda la zona de cultivo de maíz carece de riego.

Aunque los estudios de lluvias en el Oriente Antioqueño (3) han mostrado uniformidad entre las zonas con respecto a intensidad y distribución de éstas, por las diferentes características físicas de los suelos y de microclimas se notan áreas más secas y/o el verano puede afectar en diferentes formas los cultivos en un mismo Municipio.

Durante los años 1976 y 1977 se sembraron maíces Criollos Montaña e ICA V453 en comparación simultánea. En cada sitio las distancias de siembra, fertilización, labores culturales, fechas de siembra fueron iguales, mas no entre sitios, pues este efecto había sido diferente significativamente para maíz (3)

$$\left( \begin{array}{l} \text{F calculado} \\ \text{para sitios} \end{array} 37.14^{xxx} \quad \text{y} \quad \begin{array}{l} \text{F calculado} \\ \text{para tratamiento} \end{array} \frac{\text{C M Trat.}}{\text{CM (Exp x Trat.)}} = 3.0^{xxx} \right)$$

Así los 10 ensayos reportados en el libro de campo, con observaciones de las visitas en que manifestaban que el cultivo está siendo afectado por verano, fueron tomados para evaluar este aspecto. La cuantificación de cantidad y oportunidad de lluvia no se tuvo a nivel de sitio con pluviómetro, ni aún se calificó por escalas el daño por sequía ante la inconsistencia que presentan este tipo de tablas. Cuando se tienen que calificar en varias fincas con alta heterogeneidad y mas bien se tomó de las narraciones de visita P. Ej. así:

Exp 7/76 Julio: Muy mal desarrollo del cultivo por severa sequía

Exp 11/76 Mayo: El maíz está muy pequeño - El suelo está muy seco

Exp 13/76 Mayo: Ataque severo de cogollero. Junio - Prácticamente perdido se espigó pequeño. Noviembre - El principal efecto limitante fué el verano de 90 días. Los maíces comerciales también están afectados pero en menor grado que los comerciales.

Exp 30/76 Dr. Pablo Vasseur: Octubre 19/76. El desarrollo de maíz V453 está muy achaparrado (alto %) muestra mazorcas bajas y pequeñas y un alto porcentaje de plantas sin mazorca, aparte de fallas de polinización (tratando de formar mazorcas en la espiga) fué bastante afectado por el verano.

El maíz regional muestra altura desuniforme, mejores mazorcas, en estado lechoso, buena caña y más hojas verdes. En general este lote está en mejor situación que la V453.

Exp 23/76 Dr. Jorge Llano: Julio 23/76. Se aplicó N al material regional ya que el mejorado estaba espigando, este material no sirve para asociarlo con frijol, el material mejorado se quedó muy pequeño.

Manual Ocampo Sep. 24. El criollo está mucho mejor que el mejorado

261

do se sembró frijol hace un mes y en términos generales el maíz V453 está muy malo

Según los resultados del Cuadro 5, el maíz Criollo Montañero aportados por los agricultores en cada sitio se comportaron mejor ante situaciones de deficiencia de lluvias para rendimiento, así mismo en el desarrollo del maíz fue más afectado el mejorado ICA-V453, que lógicamente será descartado posteriormente como tutor de frijol Cargamento.

## B I B L I O G R A F I A

- 1.- Bernal F., Mercado R., Lopera H. 1972. Estudio Socioeconómico del Oriente Antioqueño. ICA Departamento de Ciencias Sociales. Colombia 194 p.
- 2.- Tobón C. José H. y Llano E. Jorge E. 1977. Como cultivar maíz en el Oriente Antioqueño. 23 p.
- 3.- \_\_\_\_\_ 1977. Comportamiento de algunos sistemas Agrícolas tradicionales a varias prácticas de producción en el Oriente Antioqueño. ICA. Medellín - Colombia. Boletín de Investigación No. 47, 98 p.

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO  
DIVISION DE ESTADISTICA Y BIOMETRIA

METODOS ESTADISTICOS PARA EL DISEÑO DE ENSAYOS  
AGRICOLAS EN AREAS DE DESARROLLO RURAL \*

Por: ORLANDO MARTINEZ W. \*\*

-----  
\* Contribución al "Curso Internacional de Manejo de Ensayos Agrícolas en Areas de Desarrollo Rural" Centro de Capacitación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. Septiembre de 1981.

\*\* I.A., Ph.D. División de Estadística y Biometría, Tibaitatá, Apartado Aéreo 151123. El Dorado, Bogotá.

## 1. INTRODUCCION

El ICA, a través de la Subgerencia de Desarrollo Rural, busca mediante los denominados proyectos de ajuste tecnológico estudiar las prácticas agrícolas del pequeño agricultor, para mejorarlas gradualmente.

En el estudio de estas prácticas, es necesario el uso y aplicación del método científico y así los resultados provenientes de allí, tengan una validez técnica. Estadística como es bien conocido, en muchas oportunidades, es un componente de gran importancia en el método científico. Se trata en este ciclo de conferencias, presentar algunas de las técnicas estadísticas que permitan ayudar a solucionar los problemas planteados en el desarrollo de los proyectos de ajuste tecnológico generados por la Subgerencia de Desarrollo.

Las notas que adelante se presentan son de guía para los técnicos del curso y son complementadas por los listados de computador que se entregaran durante el desarrollo del Curso. Igualmente, se espera ampliarlas en el futuro con la experiencia aquí adquirida y con la información obtenida de los técnicos que ejecutan el ajuste tecnológico.

## 2. MODELO MATEMATICO Y MODELO ESTADISTICO

La razón para la importancia de las matemáticas en la ciencia moderna se debe, fundamentalmente, a la capacidad de poder describir determinados fenómenos a través de los modelos matemáticos. Así, un modelo matemático es un postulado matemático que trata de describir un fenómeno determinado. En un modelo se hace intervenir la(s) variable(s) involucrada(s) en el fenómeno, así como también números y coeficientes constantes características del fenómeno bajo estudio.

Por ejemplo, las siguientes expresiones son modelos matemáticos:

$$A = \pi r^2$$

A = Area de un círculo

r = Radio de dicho círculo

$\pi$  = 3,1416, aproximadamente

$$E = mc^2$$

E = Energía

m = masa

c = Velocidad de la luz = 300.000 km/seg, aproximadamente.

Estos modelos matemáticos determinan exactamente, las relaciones entre variables; v. g. conociendo el radio de un círculo, se podrá conocer la energía que dicho cuerpo contiene. Debido a esto, a los modelos matemáticos se les conoce también como modelos determinísticos, puesto que determinan los valores de una variable en función de otra(s).

Sin embargo, en la práctica, no siempre es posible aplicar los modelos matemáticos a los fenómenos y esto ocurre cuando los fenómenos presentan un carácter aleatorio, en este último caso, al modelo que se postula se denomina modelo estadístico. A continuación se enumeran las diferencias que se presentan entre un modelo matemático y un modelo estadístico.

- .1. Se puede considerar que el modelo estadístico es un modelo matemático donde interviene un elemento aleatorio (que llamaremos  $e_i$ ).
- .2. El modelo estadístico, en contraste con el modelo matemático, no se aplica a un sólo evento, sino a un número de ellos; es decir, se aplica a propiedades de un cierto grupo de eventos considerados en conjunto. Por ejemplo, al estudiar los rendimientos de parcelas de terreno, sembradas con cierta planta de cultivo, interesa el rendimiento promedio de un gran número de parcelas sembradas con dicha planta y la variación que dicho rendimiento presente, o bien: al hacer un estudio del número de hijos varones en familias de ocho hijos, interesa los promedios de un grupo de familias y no específicamente el número de hijos varones de determinada familia.
- .3. En el modelo estadístico, a causa del elemento aleatorio que en él interviene, no se puede determinar con exactitud el valor de una variable en función de otra(s). En el modelo matemático si es posible determinar las variables; por esta razón se le llama modelo determinístico.

Posiblemente se podría encontrar otras características de los modelos bajo discusión; sin embargo, se considera que las tres diferencias arriba enumeradas, aclaran la distinción entre el modelo matemático y el estadístico.

Se puede decir que, de manera exacta, ningún modelo matemático es cierto sino que siempre se presenta el elemento aleatorio; en la práctica, si la aleatoriedad, o sea la variación aleatoria que presentan los fenómenos, es pequeña, se podrá ignorar esa variación aleatoria que se presente y trabajar con modelos matemáticos o determinísticos. Si la variación aleatoria es relativamente grande, entonces será necesario emplear el modelo estadístico. En general, se puede decir que el modelo que deberá emplearse, el matemático o el estadístico, dependerá enteramente de cual es el más apropiado para dar una descripción satisfactoria de los fenómenos del mundo real. Esta Sección fué tomada en su totalidad de Méndez (1971).

### 3. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño cuidadoso de los experimentos o ensayos, es una parte vital en todas las ramas de las ciencias; las ramas agropecuarias no son una excepción a esta regla.

Los ensayos localizados en fincas de agricultores, buscan soluciones a problemas eminentemente prácticos y que en general a corto plazo den una respuesta clara al interrogante planteado. Así, un ensayo sobre dosis de fertilizantes, debiera indicar el tipo de fertilizante y la cantidad necesaria a aplicar para el logro de máxi-

mas ventajas económicas, el cambio de alguna práctica cultural debe proporcionarle una buena alternativa en relación a la que venía ejecutando.

Dadas las condiciones del terreno del agricultor, se plantearán solamente dos tipos de diseños que creemos son los que más se ajustan a las limitaciones de terreno y recursos físicos y posiblemente financieros; estos diseños son el completamente al azar y el diseño de bloques completos al azar.

Para un mejor entendimiento se harán algunas definiciones de términos de uso común en esta clase de problemas:

Unidad Experimental : es una unidad material a la cual se aplican los tratamientos. Ejemplo: una planta, una área pequeña de terreno con varias plantas, una faja de terreno con plantas, un lote o bien un animal, esto es, una vaca, un cerdo, un conjunto de animales.

Variable : es la medida de alguna característica efectuada sobre una unidad experimental. Ejemplos: el peso del maíz, la altura de la planta, el número de plantas, la producción de leche por animal.

Ensayos o Experimentos : es un conjunto de unidades experimentales a las cuales se han aplicado los tratamientos, de acuerdo a un diseño experimental.

Tratamiento : es un conjunto de estímulos, procedimientos o materiales cuyos efectos se desean medir o comparar con otros p.e. fertilizantes, variedades, drogas, distancias de siembra, etc.

Factor : es un conjunto de tratamientos con una característica en común; el término "nivel" hace referencia a un valor de un factor p.e. el factor fósforo (P) con los niveles, 50, 60, 70 kg. de P por hectárea.

Modelo : es un conjunto de signos, relaciones, número y constantes que se emplean para expresar un fenómeno, p.e.  $Y = f(N, P)$ .

Fuente de Variación : se refiere a varios efectos o factores de clasificación.

Grados de Libertad : es el número total de variables (observaciones) menos el número total de relaciones independientes existentes entre ellos (Alder y Roessler, 1968).

Suma de Cuadrados : es la suma de cuadrados de las desviaciones de las observaciones respecto al promedio. Se calcula para cada fuente de variación envuelta en el análisis de varianza.

### 3.1. DISEÑO COMPLETAMENTE AL AZAR.

El diseño es útil cuando las unidades experimentales son esencialmente homogéneas, es decir, la variación entre ellas es baja, y la agrupación de las mismas en conjuntos mayores no redundaría en la disminución del error experimental. Es el caso de muchos tipos de ensayos de laboratorio o invernadero donde el material experimental está dividido en pequeños grupos los cuales conforman la unidad experimental.

La aleatorización, se realiza asignando los tratamientos a las unidades experimentales enteramente al azar, es decir, no se rea-

liza ningún tipo de restricción en la asignación de los tratamientos al material experimental. Por otra parte, el número de repeticiones por tratamiento puede ser diferente, es decir, tampoco existe restricción alguna en tal sentido. Cada unidad experimental tiene la misma probabilidad de recibir cualquier tratamiento, esto es, cualquiera de los  $k$  tratamientos tienen la misma probabilidad de caer en cualquier unidad experimental.

### 3.1.1. VENTAJAS.

Cochran y Cox (1971) señalan como ventajas y desventajas del diseño las siguientes:

- .1. Permite flexibilidad completa. Puede usarse cualquier número de tratamientos y repeticiones. Puede variarse a voluntad el número de repeticiones de un tratamiento a otro (pero no es recomendable sin una buena razón). Todo el material experimental puede usarse, lo cual es una ventaja en experimentos preliminares pequeños donde el material de que se dispone puede ser escaso.
- .2. El análisis estadístico es fácil, aún si el número de repeticiones no es el mismo para todos los tratamientos.
- .3. Aún cuando los datos de algunas de las unidades o algunos tratamientos se hayan perdido o se rechacen por alguna causa, el método de análisis sigue siendo sencillo. Por otra parte, la pérdida relativa de información debida a los datos faltantes, es de menor importancia que en cualquier otro diseño.

### 3.1.2. DESVENTAJAS.

La objeción principal al diseño completamente al azar estriba en su grado de precisión. Ya que la aleatorización no se restringe en ninguna forma para asegurar que las unidades experimentales que reciben un tratamiento sean similares a aquellas que reciben otro tratamiento, toda la variación que existe entre las unidades pasa a formar parte del error experimental. Por esta razón, se puede reducir el error mediante el uso de un diseño diferente, a menos que las unidades sean muy homogéneas o que el investigador encargado del experimento no disponga de información suficiente para arreglar o manejar las unidades en grupos más homogéneos.

### 3.1.3. MODELO Y ANALISIS ESTADISTICO.

El modelo estadístico del diseño completamente al azar, en el caso particular de igual número de observaciones por tratamiento es:

$$Y_{ij} = u + t_i + e_{ij} \quad , \quad i = 1, \dots, t$$

$$j = 1, \dots, r$$

donde:

$Y_{ij}$  = Variable aleatoria observable

$u$  = media general

$t_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$e_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

En el modelo anterior se presentan dos problemas: El primero es la estimación de los parámetros  $\mu$ ,  $t_i$  y  $\sigma^2$ ; el segundo problema es el referente a las pruebas de hipótesis sobre el efecto de los tratamientos. El método de mínimos cuadrados provee las estimación de los parámetros en mención y la tabla del análisis de varianza de solución a las pruebas de hipótesis.

### 3.2. DISEÑO BLOQUES COMPLETOS AL AZAR.

En ciertas condiciones de experimentación, es conocido de antemano que ciertas unidades experimentales (aún tratadas igualmente) son o bien se comportan diferentemente. Por ejemplo, en experimentos de campo, las parcelas adyacentes responden similarmente a la aplicación de un insumo, mientras que entre las distantes la respuesta a la aplicación de un mismo insumo puede diferir en cantidades apreciables; de igual forma los animales más pesados en un grupo de la misma edad pueden presentar una rata en crecimiento mayor o bien menor con relación a animales menos pesados; también observaciones hechas en un día y hora específica o el uso de cierto equipo puede producir diferencias en magnitud con relación a medidas tomadas en otro día y hora con un equipo igual o no.

En tales situaciones, donde el comportamiento de las unidades experimentales se conoce en parte de antemano y las unidades experimentales pueden ser así clasificadas, diseños apropiados han sido desarrollados de tal forma que la variabilidad atribuible a la condición experimental señalada, se excluye del error experimental.

### 3.2.1. DESCRIPCION.

El diseño denominado bloques completos al azar o simplemente bloques al azar, presenta las siguientes características:

- .1. En este diseño un conjunto de unidades experimentales se agrupan en lo que se denomina un "bloque" o replicación. El objeto de la agrupación es tener en cada bloque unidades experimentales tan homogéneas como sea posible, de tal forma que las diferencias que se observan se deban al efecto de los tratamientos y no a la variabilidad de las unidades experimentales como tales. En experimentos de campo, cada bloque, generalmente consiste de un grupo compacto y cercano de parcelas; en experimentos con animales cada individuo se agrupa con otro formando bloques, sobre la base de características tales como: pesos iniciales, condición del animal, (p.e. sanitaria), raza, sexo, edad, estado de lactación, producción de leche, etc.
- .2. Cada bloque o replicación debe tener tantas unidades experimentales como tratamientos y cada tratamiento aparece una vez y solo una vez en cada bloque o replicación.
- .3. La variabilidad de las unidades experimentales entre bloques será mayor en promedio, que la variabilidad de las unidades experimentales dentro del mismo bloque. Claramente, la variabilidad entre bloques no afecta la diferencia entre promedios de tratamientos puesto que cada tratamiento aparece una vez en un bloque.

Steel y Torrie (1960) señalan que durante la ejecución del experimento, todas las unidades de un mismo bloque deben ser tratadas

tan uniformemente como sea posible; cualquier cambio en una técnica u otra condición que pueda afectar los resultados debe hacerse en todo el bloque. Por ejemplo, si se va a aplicar un garrapaticida, insecticida, etc. se debe procurar hacerlo el mismo día para todas las unidades de un bloque; si se necesita de la intervención (lo más probable) de ayudantes de técnico u obreros debe hacerse que cada persona se encargue de todas las unidades de un bloque y no de medios bloques; menos aún debe permitirse que cada persona se encargue de realizar su labor únicamente en las unidades de un solo tratamiento, pues si así se hiciera, las diferencias de habilidad entre las personas, interferirían en la diferencia de los efectos de tratamientos, y en el caso precedente la habilidad de las personas modificaría la homogeneidad necesaria dentro de las unidades que conforma el bloque o replicación.

### 3.2.2. VENTAJAS.

Cochran y Cox (1971), Steel y Torrie (1961), Calzada (1970) señalan las siguientes ventajas y desventajas:

- .1. Al existir una fuente de variabilidad más, constituida por el bloque, el diseño es más eficiente que el diseño completamente al azar, aunque esto no es cierto si no existen diferencias reales entre los bloques.
- .2. Si por algún motivo los datos de algunas de las unidades experimentales se pierden, se puede hallar valores que los sustituyan mediante la técnica desarrollada por Yates ó por medio de covarianza.

- .3. Se aprecia que existe un "balance" en el diseño, esto es, cada tratamiento aparece una vez en cada bloque y cada bloque contiene todos los tratamientos; esta propiedad conduce a que bloques y tratamientos sean ortogonal uno al otro. Por lo anterior el análisis de varianza es sencillo; aún así se pierden unidades experimentales.

### 3.2.3. DESVENTAJAS.

- .1. La principal desventaja del diseño radica en que no es apropiado para un elevado número de tratamientos, debido a que se aumenta el tamaño del bloque y en consecuencia aumenta la variabilidad dentro del bloque y por ende el error.
- .2. Tampoco es aconsejable cuando hay alta variabilidad en el material experimental. En estos casos y si además el número de tratamientos es elevado, se recurre a otros diseños como por ejemplo los bloques incompletos.
- .3. En caso de que no exista variabilidad entre bloques, no se obtiene ganancia mediante el uso de los mismos y por el contrario puede haber pérdida por la disminución de los grados de libertad en el error.

### 3.2.4. ALEATORIZACION.

Una vez agrupadas las unidades experimentales en bloques, los tratamientos se asignan al azar a las unidades; en cada bloque es necesario hacer una asignación diferente.

276

### 3.2.5. MODELO ESTADISTICO.

El modelo estadístico corresponde a un modelo de dos criterios de clasificación, sin interacción, así:

$$Y_{ij} = u + b_i + t_j + e_{ij} \quad \begin{array}{l} i = 1, \dots, r \\ j = 1, \dots, t \end{array}$$

- $u$  = Media total  
 $b_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo bloque  
 $t_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo tratamiento  
 $e_{ij}$  = Variable aleatoria  $e \sim N(0, \sigma^2)$   
 $Y_{ij}$  = Variable aleatoria observable  
 Existen  $r \times t$  unidades experimentales.

Los problemas en este modelo son:

1. Estimar los efectos de bloque  $b_i$  y de tratamiento  $t_j$ , lo cual se logra mediante la metodología de mínimos cuadrados.
2. Ejecutar las pruebas de hipótesis sobre el efecto de los tratamientos, se logra mediante el análisis de varianza. La tabla del ANOVA se expresa más tarde.

Existe un criterio estadístico denominado Coeficiente de Variación, C.V. (varianza estandarizada) que nos permite calificar la precisión o bondad con que se ejecutó el experimento; se espera siempre coeficiente de variación bajos. El valor del coeficiente de variación está dado por:

$$C.V. = \frac{\sqrt{C.M.ERROR}}{PROMEDIO} \times 100$$

donde, C.M. ERROR = Cuadrado medio del Error

#### 4. DISEÑO DE TRATAMIENTOS

Por diseño experimental se entiende al procedimiento mediante el cual se asignan los tratamientos a las unidades experimentales.

Los diseños de tratamientos que son particularmente pertinentes para la estimación de superficies de respuesta, son los Factoriales Completos y Factoriales Incompletos o Parciales; los Factoriales Incompletos se pueden dividir en Compuestos y Rotables.

Tales diseños son definidos por Cochran y Cox (1969) como diseños en los cuales se estudian simultáneamente los efectos de cierto número de diferentes factores. Los tratamientos constan de todas las combinaciones que pueden formarse con los niveles de los distintos factores. De este modo para dos factores,  $X_1$  y  $X_2$ , cada uno tomado a tres niveles, se tendrán nueve tratamientos ( $X_1, X_2$ ). Si los niveles están igualmente espaciados, éstos se pueden codificar para simplificar el análisis de regresión. Así los valores para  $X_1$  y  $X_2$  son 0, 100, 200; tales valores pueden codificarse como 0, 1, 2.

Los nueve tratamientos codificados pueden listarse como puntos experimentales así:

( 0, 0 )	( 1, 0 )	( 2, 0 )
( 0, 1 )	( 1, 1 )	( 2, 1 )
( 0, 2 )	( 1, 2 )	( 2, 2 )

Un Factorial Completo de este tipo corresponde a la forma  $3^k$  donde 3 es el número de niveles seleccionados para cada factor y  $k$  es el número de factores estudiados, en este caso  $k = 2$ .

Comparados con otros diseños que se describirán a continuación, los Factoriales Completos son algo ineficientes si se usan para más de dos factores debido al gran aumento en el número de tratamientos y por lo tanto aumento en el tamaño de los bloques; en ese caso puede solucionarse parcialmente el problema por la técnica de confusión, en cuyo caso deberán confundirse las interacciones que el investigador juzgue de menor importancia.

#### 4.1. DISEÑOS FACTORIALES INCOMPLETOS.

Debido al gran número de tratamientos de los Factoriales Completos, se ha estimulado el desarrollo de un gran número de diseños relativos a los factoriales, que específicamente están orientados a la obtención de respuestas continuas. Dos de estos diseños (Factoriales Incompletos) son frecuentemente usados en la Investigación de superficies de respuesta a funciones de producción.

El primero consiste en la selección un tanto informal de algunos puntos experimentales a partir de un Factorial Completo. En lugar de estudiar todas las combinaciones posibles de todos los niveles de

los factores, solo se estudian algunas de ellas. Por ejemplo, del Factorial Completo anterior de forma  $3^2$ , podemos utilizar el Factorial Incompleto :

( 0, 0 )	0	( 2, 0 )
0	( 1, 1 )	0
( 0, 2 )	0	( 2, 2 )

o cualquier otra fracción que se considere pertinente.

Otro diseño Factorial Incompleto con dos variables muy usado es el "Cuadrado Doble"; el grupo de tratamientos de este diseño son los tratamientos numerados con números nones en un Factorial Completo  $5^2$ . En la Figura 1 los 25 tratamientos del Factorial  $5^2$  se señalan por las intersecciones y los 13 tratamientos que corresponden al Cuadrado Doble se muestran como puntos aumentados.

También se incluye entre los Factoriales Incompletos el diseño San Cristóbal, el cual ha sido utilizado en México en investigaciones de caña de azúcar; este diseño consta de 13 tratamientos para 3 variables y de 7 tratamientos para 2 variables. En la Figura 2 se muestra la representación gráfica de este diseño con 2 variables.

Es de presumir que los investigadores que hacen uso de estos diseños se guían por el deseo de obtener observaciones adecuadas, tanto en términos de cobertura de la principal sección de la función, como en la obtención de suficientes observaciones que permitan la estimación del modelo de respuesta propuesto.

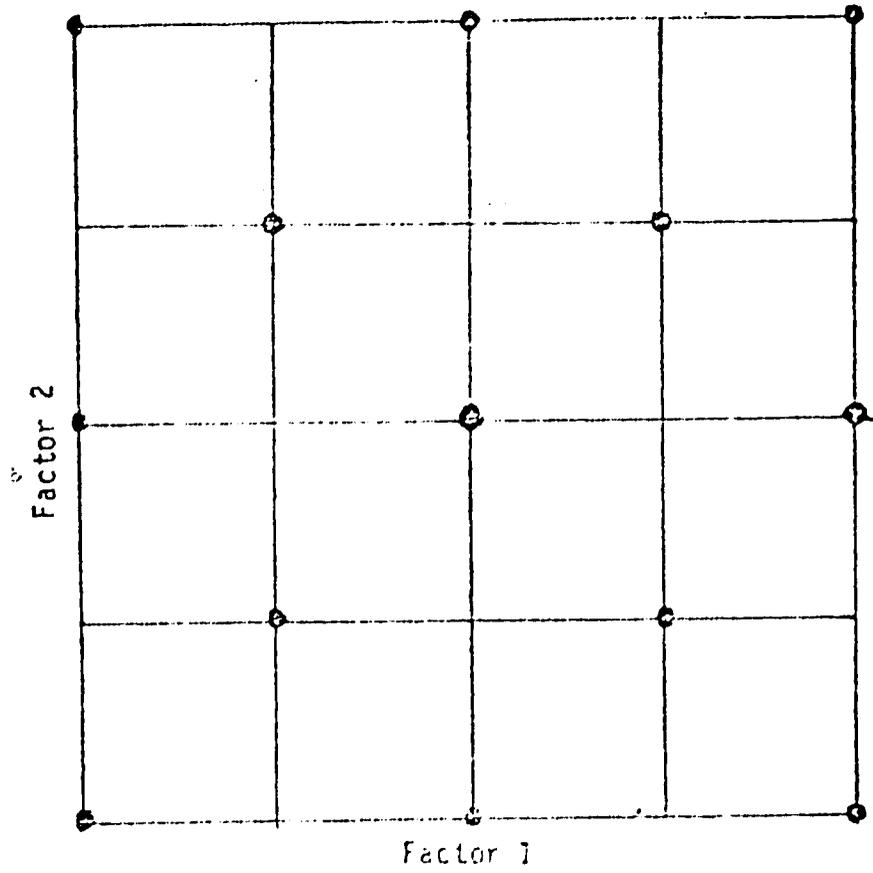


FIGURA 1. Diseño Factorial Incompleto 5<sup>2</sup>, denominado Cuadrado Doble.

281

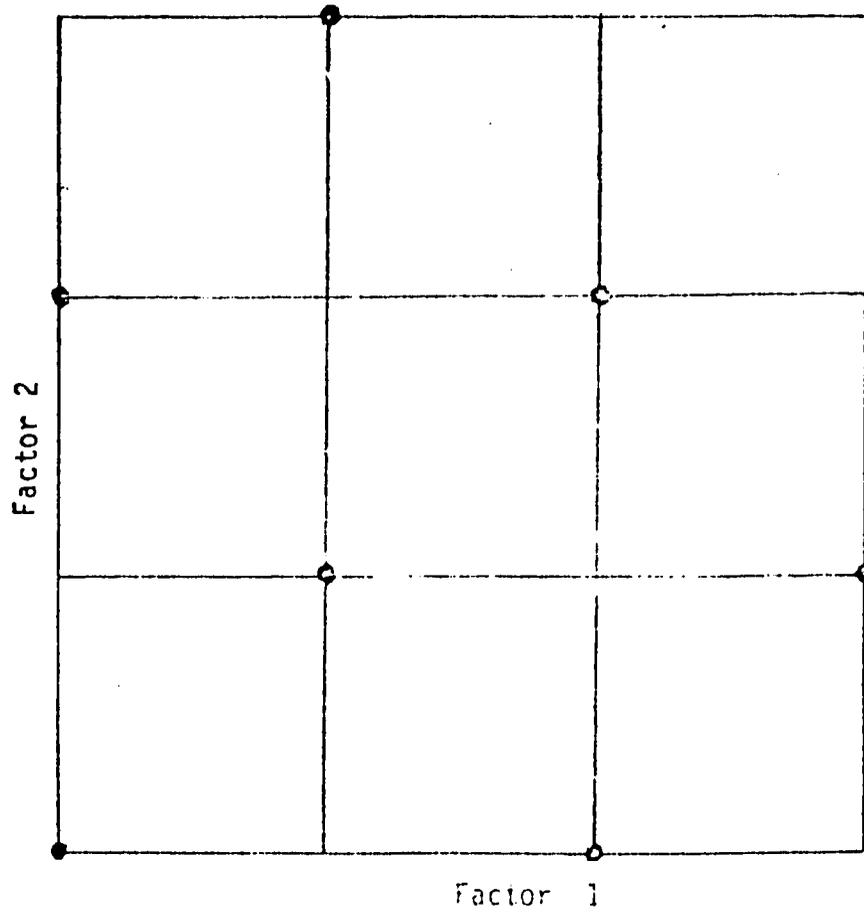


FIGURA 2. Diseño San Cristóbal para 2 variables.

#### 4.2. DISEÑOS COMPUESTOS.

Aunque los Factoriales Incompletos son menos problemáticos que los Factoriales Completos, en lo relativo al número de tratamientos aún pueden requerir un número grande o no ordinario de tratamientos y unidades experimentales. Es por ello que se ha desarrollado los diseños compuestos, los que tienen como condición importante para su uso el haber sido construídos para estimar superficies de respuesta cuyo modelo propuesto debe ser un polinomio de segundo grado, especialmente en el caso de diseño Compuesto Central, aunque eso no significa que la información generada con el diseño Compuesto Central no pueda ser usada para estimar una ecuación de raíz cuadrada. En general los diseños Compuestos se construyen agregando más combinaciones de tratamientos a las que se obtienen de un Factorial  $2^k$ .

Los diseños Compuestos se pueden dividir en dos tipos diferentes a saber : Compuestos Centrales y Compuestos no Centrales.

##### 4.2.1. DISEÑOS COMPUESTOS CENTRALES.

Su número total de tratamientos es  $2^k + 2k + 1$ ; por lo tanto, para 2, 3 y 4 variables el diseño requiere de 9, 15, y 25 unidades experimentales, respectivamente.

Como se observa en la Figura 3, los puntos adicionales  $2^k + 1$  tienen un valor  $\alpha$ ; éste puede tener cualquier valor excepto cero; este valor puede servir para reducir el sesgo que resulta si la forma verdadera de la superficie no es cuadrática, para lo cual se utilizaría un  $\alpha$  pequeña; si  $\alpha$  se aumenta se incrementan el sesgo y la precisión.

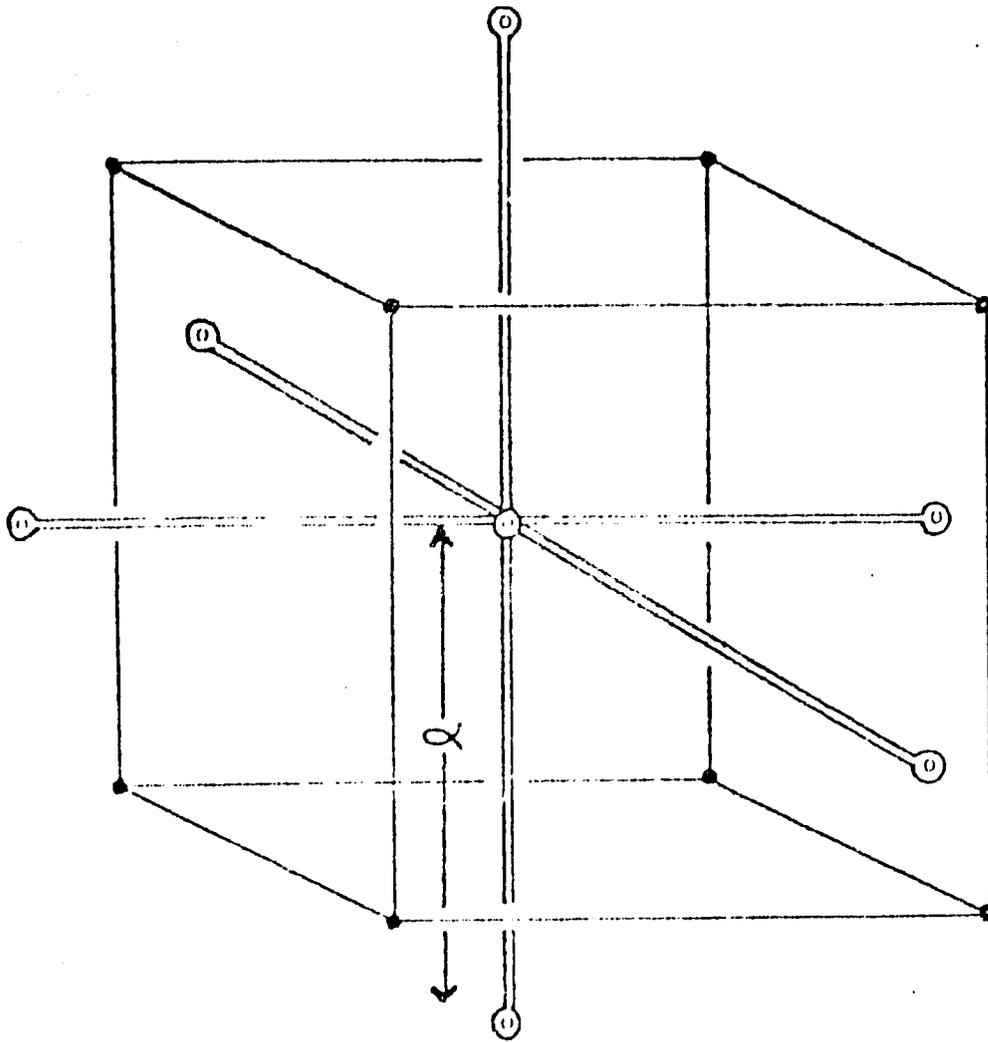
El diseño Compuesto Central con solo 2 factores no disminuye el número de tratamientos si se le relaciona con el Factorial Completo, pero a medida que se incrementa el número de factores, aumenta el "ahorro" en número de tratamientos.

TABLA 1. Comparación del número de tratamientos entre 3 tipos de diseños.

	Factores				
	2	3	4	5	6
Factorial con 3 niveles	9	27	81	243	729
Factorial Parcial ( 1/3) de $3^k$		9	27	81	243
Compuesto Central	9	15	25	27 <sub>a/</sub>	43 <sub>a/</sub>

a/ Basado en el aumento de un Factorial Incompleto de 2 niveles.

254



- puntos del factorial básico  $2^3$
- ⊙ puntos adicionales

FIGURA 3. Diseño Compuesto Central.

#### 4.2.2. MATRICES PLAN PUEBLA.

Aunque básicamente las matrices Plan Puebla son diseños compuestos no Centrales modificados, se ha decidido describirlas en forma separada dadas sus características especiales.

En estas matrices está implícito el conocimiento agronómico sobre las relaciones de respuesta del cultivo a varios factores limitantes.

Se conoce, por ejemplo, que el maíz responde en conjunto a los fertilizantes nitrogenados y fosfóricos, y además se conoce que la dirección en que aumentan los rendimientos en el espacio bivariado de exploración es la dirección NE. Además, al establecer las isocuantas de producción y la isoclina de expansión económica óptima, en la generalidad de los casos, esta última presenta la misma dirección, tal como se puede apreciar en la Figura 4.

Tal como señala Hernández (1972) una matriz que tenga los puntos orientados en la dirección de las isoclinas dentro de una franja de tamaño arbitrario del espacio factorial, produce menor sesgo dentro de ese espacio que otra matriz del mismo número de tratamientos que no muestre ninguna dirección. Lo que significa que solamente una franja diagonal del espacio factorial presenta interés económico.

Las matrices experimentales tales como el Factorial Completo y las matrices Rotables no aprovechan en su diseño el conocimiento agronómico sobre la dirección del aumento en el rendimiento.

286

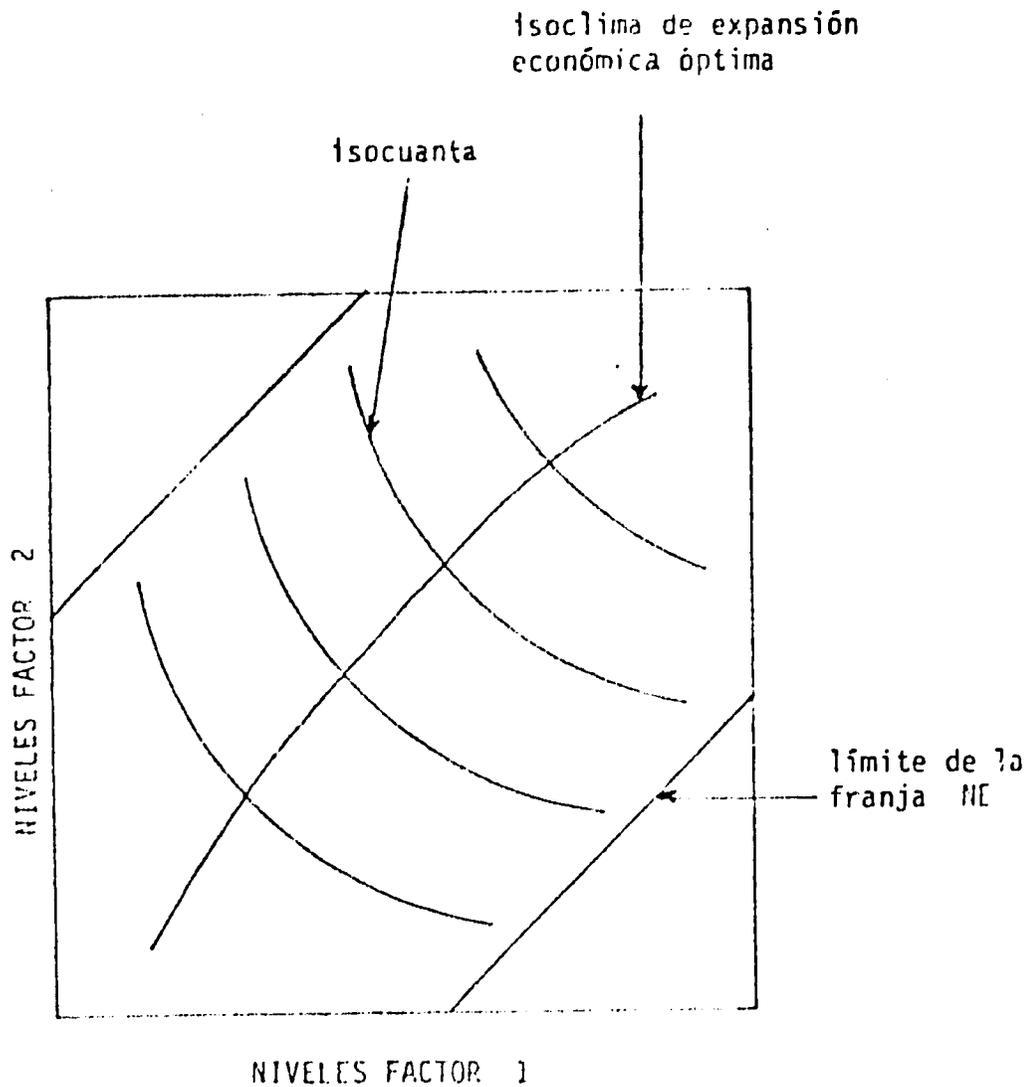


FIGURA 4 Espacio bivariado de exploración mostrando la franja diagonal de dirección SO - NE del espacio bivariado que tiene interés práctico para el agricultor.

#### 4.2.2.1. ESPACIO DE EXPLORACION.

Se entiende por espacio de exploración a la fracción de una línea, a un cuadrado, a un cubo, a un hipercubo de  $n$  dimensiones, según se trate en el estudio de 1, 2, 3, 4, . . . .  $n$  factores de la producción.

Para cada factor en estudio dentro de las matrices Plan Puebla, se seleccionará como límite superior la mínima cantidad que a juicio del investigador suprima o casi suprima la deficiencia del factor, bajo condiciones en que los demás factores están a su nivel mínimo no limitativo.

El límite inferior será el mínimo nivel que tenga interés práctico; este nivel no tiene que ser cero en el caso de fertilizantes (Turrent y Laird, 1975).

Es condición deseable tratar de reducir el espacio de exploración, buscando aislar la mínima y conveniente sección de la función de respuesta, en la que se encuentren la combinación óptima económica de los factores, como también combinaciones óptimas de capital limitado.

La razón por la cual se recomienda limitar el espacio de exploración es para protegernos contra el sesgo. Mientras más amplio sea el desarrollo de la función respuesta, mayor será el sesgo con que los modelos aproximativos describan a dicha función.

Como puede notarse, una reducción en el espacio de exploración puede llevar a no incluir el nivel óptimo económico; contra este riesgo sólo la experiencia del investigador puede servir como factor de seguridad.

208

#### 4.2.2.2. CARACTERISTICAS DE LA MATRIZ PLAN PUEBLA.

Hay tres variantes de esta matriz; ellas difieren por la manera de seleccionar los niveles para cada factor. Figura 5.

Los cuatro niveles de la matriz Plan Puebla I son: -1,00, -0,33, +0,33, +1,00.

Los cinco niveles de la matriz Plan Puebla II son : -0,90, -0,30, 0, +0,30. +0,90.

Los cinco niveles de la matriz Plan Puebla III son: -0,90, -0,40, 0, +0,40, +0,90.

Tal como se dijo, las matrices Plan Puebla son modificaciones de diseños Compuestos no Centrales; otra denominación que pudieran tomar es la de Factoriales Aumentados pues básicamente están contruídos por un Factorial  $2^k$ , un cuadro o un cubo al que se le han prolongado las aristas ya sea que se trate de dos ó tres variables, lo que permite graficar tres puntos de un factor a un nivel dado del otro u otros factores, particularidad que permite un rápido análisis gráfico de los resultados obtenidos.

Como puede verse en las Figuras 6, 7 y 8. la matriz Plan Puebla II consta de nueve y 15 tratamientos ya sea que se trate con dos y tres factores respectivamente; igual número de tratamientos son necesarios en la matriz Plan Puebla III, en tanto que la Plan Puebla I sólo necesitará ocho y 14 tratamientos para dos y tres factores respectivamente, pues en esta matriz se elimina el valor central.

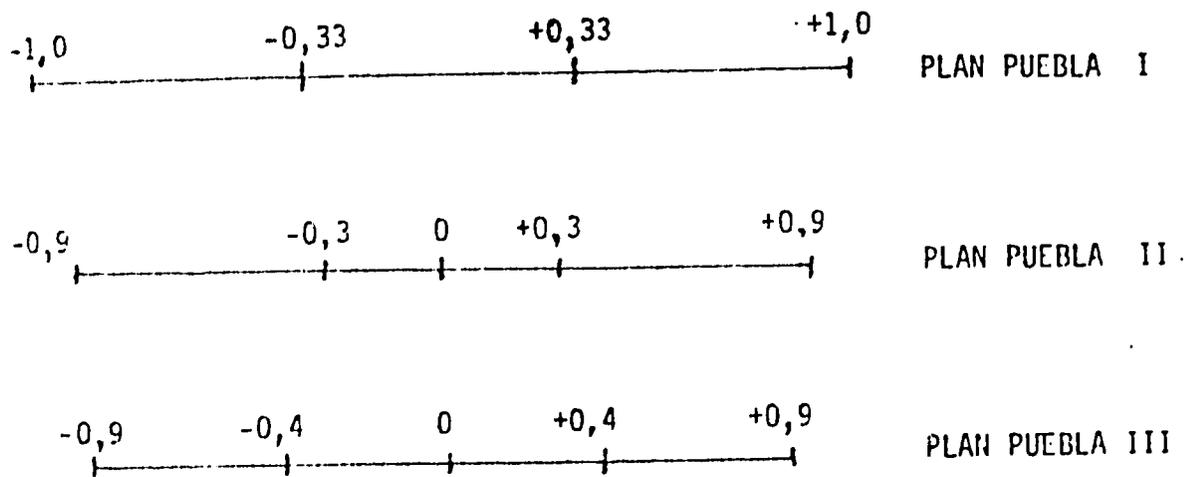


FIGURA 5 Variaciones de la matriz Plan Puebla según la manera de seleccionar los niveles, en un espacio de exploración.

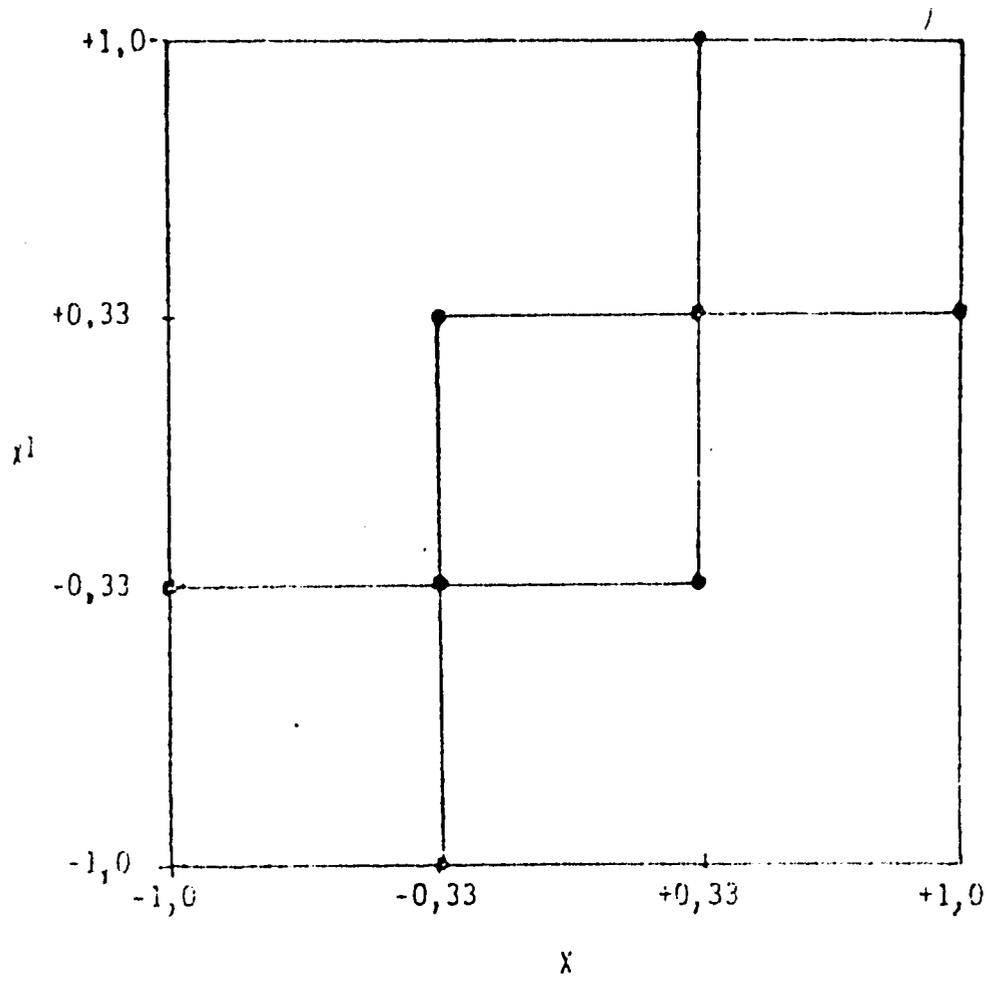


FIGURA 6 Representación gráfica de la matriz Plan Puebla I para 2 factores variables.

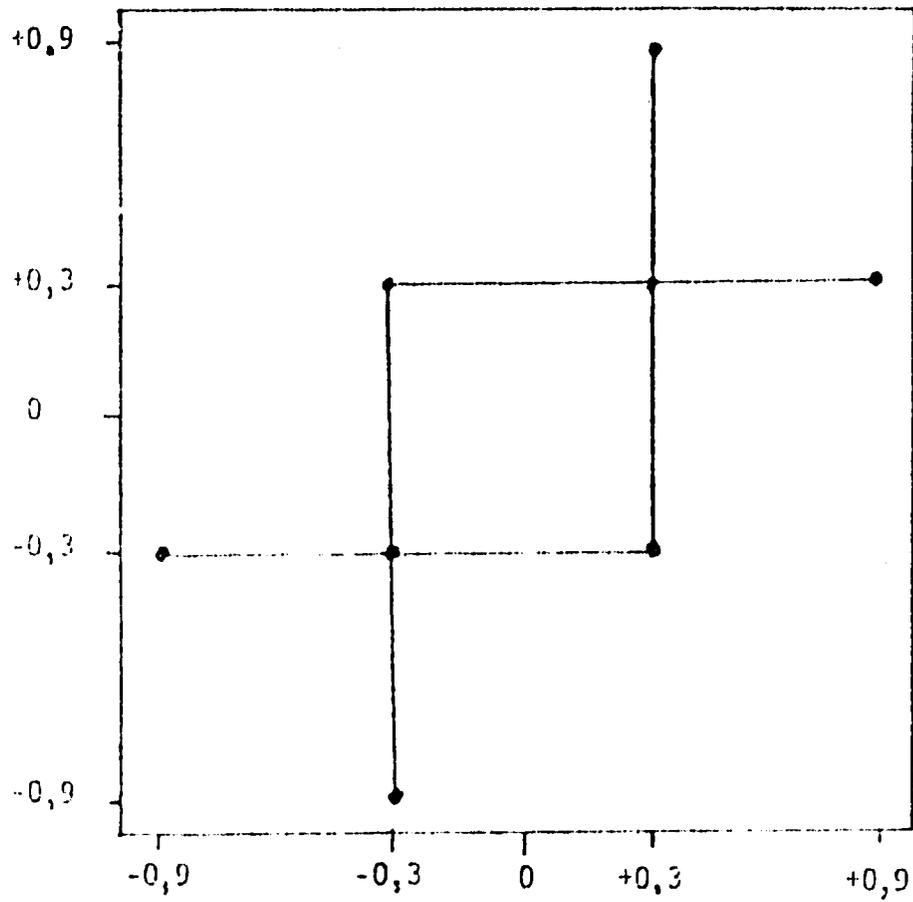


FIGURA 7 Representación gráfica de la matriz Plan Pueblo Ia II para 2 factores variables.

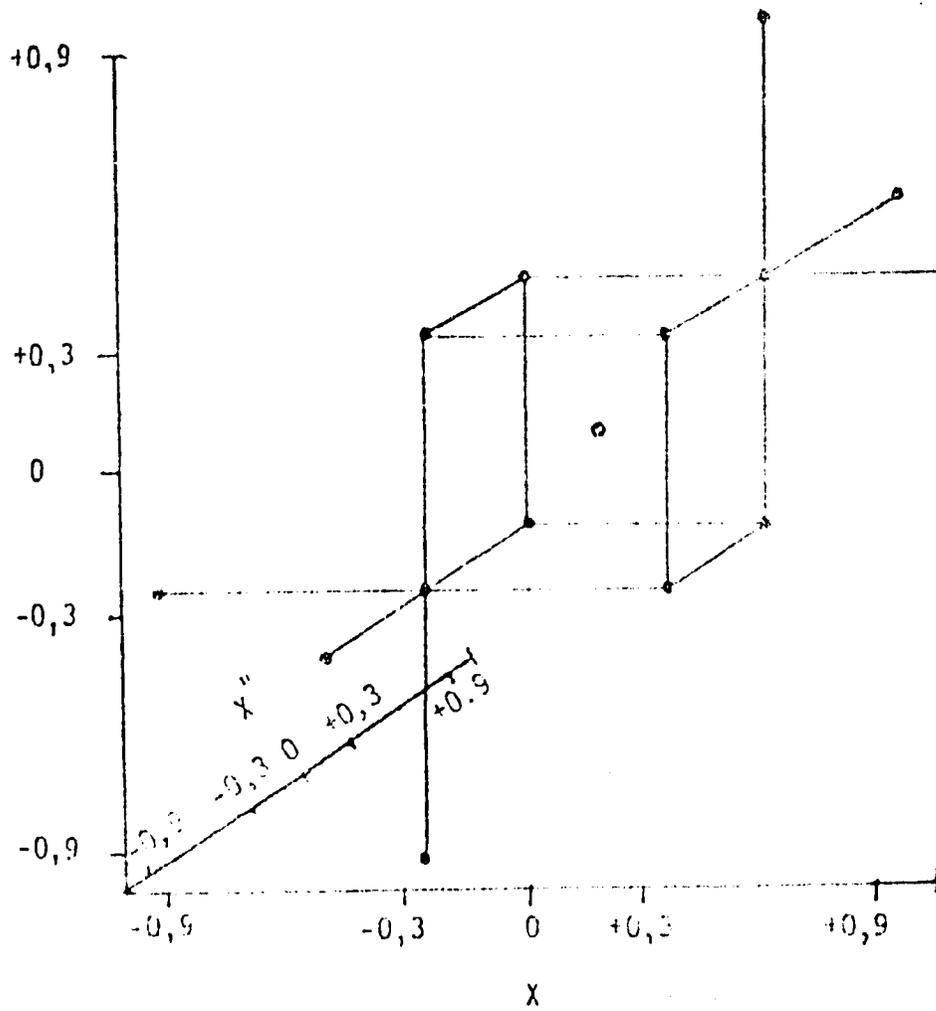


FIGURA 8 Representación gráfica de la Matriz Plan Puebla III para 3 factores variables.

## 5. CONCEPTOS SOBRE INFERENCIA ESTADISTICA

Anteriormente se mencionaron una serie de conceptos que el investigador debe considerar cuidadosamente antes de iniciar un proyecto de investigación. Ahora se considerará una parte importante de la estadística y es la relacionada con las pruebas de hipótesis. Solo se mencionará el procedimiento y sus componentes en términos descriptivos y no analíticos. La aplicación se observará cuando se discutan las diferentes pruebas estadísticas.

La situación más simple de pruebas de hipótesis ocurre cuando comparamos dos tratamientos (variedades de maíz, fertilizantes, insecticidas, etc.). Si denotamos a los verdaderos promedios de los dos tratamientos  $\mu_1$  y  $\mu_2$ . La hipótesis estadística a ser probada es de que si los dos promedios son iguales ( $\mu_1 = \mu_2$ ). Esta hipótesis, se llama hipótesis nula y se denota por  $H_0$ . Se escribe como  $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$ .

Clásicamente, debemos decidir si se acepta ó rechaza  $H_0$ . Debido a que los verdaderos promedios de la población son desconocidos y no se puede conocer nuestra decisión en base a la prueba estadística (aceptar ó rechazar  $H_0$ ) está sujeta a error. Si  $\bar{X}_1$  y  $\bar{X}_2$  son los promedios muestrales, que estiman a  $\mu_1$  /  $\mu_2$  respectivamente, entonces debido al carácter aleatorio de los experimentos agrícolas  $\bar{X}_1$  y  $\bar{X}_2$  no son iguales, aún si  $\mu_1$  y  $\mu_2$  son iguales. Aún más,  $\bar{X}_1$  puede ser mayor que  $\bar{X}_2$  y  $\mu_1$  ser menor que  $\mu_2$ , especialmente para experimentos donde el número de observaciones es bajo.

Hay dos clases de errores en pruebas de hipótesis.

Error Tipo I : Rechazo  $H_0$ , cuando es cierta ( erroneamente decimos que  $\mu_1$  y  $\mu_2$  son desiguales)

Error Tipo II : Acepto  $H_0$ , cuando es falsa ( incorrectamente decimos que  $\mu_1$  y  $\mu_2$  son iguales)

Las probabilidades, de una prueba estadística de cometer estos errores se denotan por  $\alpha$  y  $\beta$  respectivamente. La prueba es perfecta cuando  $\alpha = \beta = 0$ , pero es imposible debido al tamaño finito de la muestra. Una buena prueba es aquella donde  $\alpha$  y  $\beta$  son pequeñas. El valor  $\alpha$  se llama el nivel de significancia a la prueba; a veces se expresa como porcentaje. Eligiendo una región de rechazo adecuada podemos hacer  $\alpha$  tan pequeña como podamos, pero a expensas de aumentar  $\beta$ . Por ejemplo podemos hacer  $\alpha = 0$  aceptando siempre  $H_0$ , sin importar el resultado experimental pero en este caso  $\beta = 1$ . La única forma de disminuir  $\alpha$  y  $\beta$  simultáneamente es con el incremento del tamaño de la muestra. Convencionalmente  $\alpha$  es 0,05 ó 0,01 y se minimiza  $\beta$  ó maximizando  $1-\beta$  ó sea maximizar la probabilidad de rechazar  $H_0$  cuando sea falsa, ó maximizar el poder de la prueba.

Si  $H_0$  es falsa, otra hipótesis alternativa es cierta y pueden ser de tres tipos, para el ejemplo  $H_a : \mu_1 - \mu_2 > 0$ ;  $H_a : \mu_1 - \mu_2 < 0$ ;  $H_a : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$  las dos primeras se denominan pruebas de una cola y la última de dos colas.

## 6. LA PRUEBA DE CHI-CUADRADO

### 6.1. INTRODUCCION.

Hay diferentes problemas en los que solo nos interesa contar el número de casos que pertenecen a determinada categoría, como en el caso de los estudios genéticos que nos puede interesar el número de descendientes que heredan ciertas características, por ejemplo el color del pelo; en el caso de un estudio socioeconómico contamos el número de personas que conocen determinada práctica, etc. Cuando se desea saber si las frecuencias observadas difieren significativamente de las frecuencias esperadas se aplica la prueba de  $\chi^2$ . Esto debido a que muchas veces los resultados obtenidos de muestras no siempre concuerdan con los resultados teóricos esperados, según las reglas de probabilidad. Por ejemplo aunque consideraciones teóricas conduzcan a esperar 50 caras y 50 sellos al lanzar 100 veces una moneda bien hechas, es raro que se obtenga exactamente estos resultados. Supóngase que en una determinada muestra se observan una serie de posibles sucesos  $E_1, E_2, E_3, \dots, E_k$ .

Suceso	$E_1$	$E_2$	$E_3 \dots E_k$
Frec. Observ.	$O_1$	$O_2$	$O_3 \dots O_k$
Frec. Esper.	$e_1$	$e_2$	$e_3 \dots e_k$

Que ocurren con frecuencias observadas  $0_1, 0_2, 0_3 \dots 0_k$ ; y que según las reglas de probabilidad se espera que ocurran con frecuencias  $e_1, e_2, e_3 \dots e_k$  llamadas frecuencias teóricas o esperadas.

## 6.2. DEFINICION DE $X^2$ .

Suponemos que hay  $k$  categorías y que tenemos una muestra aleatoria de  $N$  observaciones tal que cada observación debe pertenecer a una y solamente a una categoría, y las designamos por  $0_1, 0_2, 0_3, \dots 0_k$  etc. donde  $\sum_{i=1}^k 0_i = N$ . Nos interesan las situaciones en que haya alguna frecuencia teórica  $e_1, e_2, e_3, \dots e_k$ , etc. para cada categoría donde  $\sum_{i=1}^k e_i = N$  y preguntamos si las observaciones están de acuerdo o no con los valores  $e_1, e_2, e_3, \dots e_k$ . Es decir, deseamos contrastar la hipótesis que establece los valores de las frecuencias teóricas o esperadas. En otras palabras para medir la discrepancia entre las frecuencias observadas y esperadas se hace mediante el estadístico  $X^2$  dado por :

$$X^2 = \frac{(0_1 - e_1)^2}{e_1} + \frac{(0_2 - e_2)^2}{e_2} + \dots + \frac{(0_k - e_k)^2}{e_k} = \sum_{i=1}^k \frac{(0_i - e_i)^2}{e_i}$$

A valores mayores de  $X^2$ , mayores son las discrepancias entre las frecuencias observadas y esperadas. El número de grados de libertad está dado por  $V = k - 1$ .

### 6.3. ENSAYOS DE SIGNIFICACION.

En la práctica, las frecuencias esperadas se prueban de acuerdo con una hipótesis  $H_0$ . Si bajo esta hipótesis el valor calculado de  $\chi^2$  es mayor que algún valor crítico (tal como  $\chi_{0,95}$  ó  $\chi_{0,99}$  que son los valores críticos a los niveles de significación de 0,05 y 0,01, respectivamente), se deduce que las frecuencias observadas difieren significativamente de las frecuencias esperadas y se rechaza  $H_0$  al nivel de significación correspondiente. En caso contrario, se aceptará o al menos no se rechazará. Este procedimiento se llama ensayo o prueba de Chi-cuadrado de la hipótesis.

$H_0$  ó hipótesis nula: Es el supuesto en el que se plantea la no discrepancia entre las frecuencias observadas y las frecuencias esperadas para el caso de tablas de una entrada o la independencia entre las dos variables de una tabla de dos entradas.

#### 6.3.1. TABLAS DE CLASIFICACION SIMPLE.

En esta tabla las frecuencias observadas ocupan una sola fila. Debido a que el número de columnas es  $k$ , también se llama  $1 \times k$ .

Como ejemplo se puede citar el de un estudio socioeconómico en el que una de las variables era el ingreso y se esperaba que el 20% de la población tuviera ingresos superiores a los \$ 3.000.00 (3); un 50% tuviera ingresos entre los \$ 2.000 y 3.000 (2) y el resto o sea el 30% tuvieran ingresos inferiores a los \$ 2.000 (1). De 80 encuestados se obtuvo lo siguiente:

Ingreso	Frecuencia Observada	Frecuencia Esperada
< 2.000 (1)	48	24
2.000 y 3.000 (2)	20	40
> 3.000 (3)	12	16
TOTAL	80	80

=====

$$\chi_c^2 = \frac{(48 - 24)^2}{24} + \frac{(20 - 40)^2}{40} + \frac{(12 - 16)^2}{16}$$

$$\chi_c^2 = 24 + 10 + 1 = 35$$

$$G.L. = 3 - 1 = 2$$

$$\chi_t^2 \text{ al } 0,95 = 5,99$$

$$\chi_t^2 \text{ al } 0,99 = 9,21$$

$\chi_c^2 > \chi_t^2$  si hay diferencias, por lo tanto se rechaza la hipótesis  $H_0$ .

### 6.3.2. TABLAS DE CLASIFICACION DOBLES.

Llamadas también tablas de clasificación doble o tablas  $r \times c$ , en las que las frecuencias observadas ocupan  $r$  filas y  $c$  columnas; estas tablas se llaman a menudo tablas de contingencia.

Correspondiéndose con cada frecuencia observada en una tabla de contingencia  $r \times c$ , hay una frecuencia teórica o esperada que se calcula bajo alguna hipótesis y según las reglas de probabilidad. Estas frecuencias que ocupan las casillas de una tabla de contingencia se llaman frecuencias elementales. La frecuencia total de cada fila o columna es llamada frecuencia marginal.

En este tipo de problemas las observaciones se clasifican por dos características o variables como por ejemplo del pelo y el color de los ojos; la escolaridad con el sexo, la ocupación con el ingreso, etc.

La hipótesis que se plantea en este caso es la de independencia entre las dos variables o clasificaciones.

Por ejemplo el color del pelo y el color de los ojos pueden ser dos clasificaciones y que se presentan de acuerdo a la siguiente tabla :

Color de los ojos	Pelo Rubio	Pelo Castaño	Total
Azules	32	12	44
Castaños	14	22	36
Otros	6	9	15
<b>TOTAL</b>	<b>52</b>	<b>43</b>	<b>95</b>

=====

Se trata de contrastar la hipótesis de si el color de los ojos y el del pelo son independientes; la proporción de personas con ojos azules y el pelo rubio debe ser la misma que la proporción de personas con ojos castaños y pelo rubio, etc. Estas proporciones teóricas están en la población y no en la muestra. El procedimiento será examinar las proporciones en la muestra y determinar si son significativamente diferentes o no. Si son significativamente diferentes, rechazaremos la hipótesis de que las dos características son independientes, mientras que si no son significativamente diferentes decimos que la muestra no contradice la hipótesis.

El estadístico que utilizamos es un estadístico  $X^2$  obtenido de la manera siguiente: primero anotamos el número de observaciones que pertenecen a cada categoría (en la tabla hay 32 personas de ojos azules y pelo rubio, etc.); después consideramos cada persona por separado y anotamos el número total de observaciones (hay 52 personas con el pelo rubio, 43 con el pelo castaño, 44 con los ojos azules, etc.). Luego hallamos las frecuencias teóricas o esperadas usando estos totales marginales. Observamos que de 95 personas, 52 tenían el pelo rubio. Si las características son independientes, tienen que haber la misma proporción con personas con pelo rubio entre las que tenían ojos azules. Por lo tanto, si hay 44 personas con ojos azules, tendría que haber  $52/95 \times 44 = 24,1$  de estas personas con el pelo castaño. Estos dos números suman 44 (total marginal). De la misma manera la frecuencia teórica de personas con ojos castaños y pelo rubio es  $52/95 \times 36 = 19,7$ . La siguiente tabla muestra las frecuencias observadas y las frecuencias teóricas entre para cada categoría. El estadístico  $X^2$  se calcula a partir de las seis categorías.

Color de los ojos	Pelo Rubic	Pelo Castaño	Total
Azules	32 (24, 1)	12 (19, 9)	44
Castaños	14 (19, 7)	22 (16, 3)	36
Otros	6 ( 8, 2)	9 ( 6, 8)	15
<b>TOTAL</b>	<b>52</b>	<b>43</b>	<b>95</b>

=====

Con  $(r - 1) (c - 1)$  grados de libertad, representado  $r$  el número de filas y  $c$  el número de columnas, para el caso  $(3 - 2) (2 - 1) = 2$  grados de libertad.

$$\begin{aligned}
 X^2 &= \frac{(32 - 24,1)^2}{24,1} + \frac{(12 - 19,9)^2}{19,9} + \frac{(14 - 19,7)^2}{19,7} + \frac{(22 - 16,3)^2}{16,3} \\
 &+ \frac{(6 - 8,2)^2}{6} + \frac{(9 - 6,8)^2}{6,8} \\
 X^2 &= \frac{(7,9)^2}{24,1} + \frac{(-7,9)^2}{19,9} + \frac{(-5,7)^2}{19,7} + \frac{(5,7)^2}{16,3} + \frac{(-2,2)^2}{8,2} + \frac{(2,2)^2}{6,8} \\
 &= 2,59 + 3,14 + 1,65 + 1,99 + 0,59 + 0,71 \\
 &= 10,67
 \end{aligned}$$

Para 2 grados de libertad  $X^2_{0,95} = 5,99$ . La hipótesis de independencia se rechaza con el nivel de significación del 5%.

302

## 7. PRUEBAS DE COMPARACION MULTIPLE

La prueba de F en el análisis de varianza, es el criterio que nos permite hacer la decisión de si aceptamos  $H_0$  ó bien la rechazamos. El planteamiento de la prueba es :

$$H_0 : t_1 = t_2 = t_3 = \dots t_t$$

$H_a$  : al menos uno de los promedios de tratamientos es diferente

Como se observa al aceptar  $H_a$ , ésta no nos indica entre cuáles efectos (tratamientos) existen las diferencias. Una solución a este problema se ha logrado mediante lo que se denomina pruebas de comparación múltiple; se presentarán: la DMS (diferencia mínima significativa), la prueba de Duncan, la prueba de S.N.K., la prueba de Dunnett, la prueba de Tukey y la prueba de Sheffe; existen más pruebas p.e., la BET expuesta por la corriente Bayesina, pero sólo describiremos las antes enunciadas. Para su ilustración se usarán los resultados de un diseño completamente al azar con igual número de repeticiones por tratamiento; éstos fueron:

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F
Raciones	4	488,34	122,09	9,84 **
Error	25	310,33	12,41	
Total	29	798,67		

$$\bar{R}_1 = 11,16 ; \bar{R}_2 = 12,66 ; \bar{R}_3 = 18,00 ; \bar{R}_4 = 10,16 ; \bar{R}_5 = 20,83$$

## 7.1. D.M.S.

La diferencia mínima significativa es casi una extensión de las pruebas de  $t$ ; ha sido de amplio uso en el pasado y aún en el presente y causa de numerosas discusiones tanto de investigadores no estadísticos como estadísticos. El valor de D.M.S. está dado por la siguiente expresión:

$$\text{DMS } (\alpha) = t_{\alpha} \times S_{\bar{d}}$$

Donde  $t_{\alpha}$  es el valor de  $t$  tablas para un nivel  $\alpha$  de significancia según los grados de libertad del error y  $S_{\bar{d}} = \sqrt{2\text{CME}/r}$  donde CME es el cuadrado medio del error y  $r$  el número de observaciones de cada promedio. Para el ejemplo se tiene:

$$\text{DMS (5\%)} = 2,06 \times \sqrt{2 \times 12,41/6} = 4,19$$

$$\text{DMS (1\%)} = 2,79 \times \sqrt{2 \times 12,41/6} = 5,66$$

Si deseamos comparar p.e.  $R_1$  vs  $R_2$ ;  $R_3$  vs  $R_4$ ; se procedería así:

$$\bar{R}_1 - \bar{R}_2 = 11,16 - 12,66 = -1,50$$

$$\bar{R}_3 - \bar{R}_4 = 18,00 - 10,16 = 7,84$$

La diferencia entre los promedios  $R_1$  y  $R_2$  es menor a 4,19 y 5,66 por tanto no existen diferencias significativas entre estas dos raciones; la diferencia entre los promedios  $R_3$  y  $R_4$  es mayor a 4,19 y 5,66 por tanto existen diferencias altamente significativas entre estas raciones.

Se observa que en las comparaciones anteriores, cada promedio aparece solamente una vez; tales comparaciones, se dice que son ortogonales o independientes y el nivel de probabilidad es válido para cada comparación; en otro capítulo se entrará a discutir con mayor amplitud el concepto.

Las comparaciones anteriores planteadas, no son las más importantes quizá desde el punto de vista biológico; sólo son metodológicas, pero si queda bien claro que solamente un promedio puede compararse sólo una vez y nada más. Contrariamente a lo anterior puede prevalecer la situación de experimentos exploratorios, de tal forma que el investigador tiene dificultad de establecer las comparaciones antes de que él observe sus datos. Si él espera hasta la colección de los datos y compara por ejemplo el promedio mayor versus el promedio menor, ó aún más desea comparar un promedio dos, tres, etc., más veces (comparaciones no independientes), entonces la DMS no es el criterio más adecuado. En otras palabras, si se tiene un gran número de comparaciones para investigar después de observar los datos y si se usa la DMS ésta no asegura el nivel  $\alpha$  de significancia previamente establecido. Las comparaciones no independientes, ó la dificultad que tenga el investigador en hacer una comparación antes de conocer sus datos, no debe ser objeto de desánimo. Steel y Torrie (1960) señalan que se puede demostrar con tres tratamientos en comparación mediante el uso de la DMS el nivel de significancia es del 13% y no el usual del 5% y 1%; con seis tratamientos se aumenta al 40%, con 10 al 60% y con 20 al 90%. En resumen, la DMS es una prueba útil pero en otras ocasiones no lo es; su "ventaja" principal es la de tener un sólo valor de comparación, la desventaja es el aumento de la probabilidad de cometer error tipo I, cuando se hacen comparaciones no independientes.

## 7.2. DUNCAN.

La dificultad planteada anteriormente, ha logrado en parte obviarse, mediante la prueba de Duncan y con las que en adelante se mencionan. En esta prueba, se tiene en cuenta los órdenes de los tratamientos en cuanto a su magnitud estimada; es así como da un valor más amplio de límite de significación (zona de rechazo) cuanto más estén alejados los promedios en el ordenamiento. La forma para ejecutar la prueba es como sigue:

1. Calcule  $S_{\bar{x}} = \sqrt{CME/r}$
2. Calcule A.L.S. = AES x  $S_{\bar{x}}$ , AES son valores de la tabla de acuerdo a los grados de libertad del error, el número de tratamientos en comparación y el nivel de significancia.
3. Ordene los promedios de mayor a menor ó viceversa.
4. Ejecútese la prueba.

En este ejemplo se tiene :

1.  $S_{\bar{x}} = \sqrt{12,41/6} = 1,438; \alpha = 0,05$
2. P :                                    2                    3                    4                    5  
AES (5%) :                    2,90            3,04            3,13            3,20  
ALS (5%) :                    4,17            4,37            4,50            4,60

3.	$\bar{R}_5$	$\bar{R}_3$	$\bar{R}_2$	$\bar{R}_1$	$\bar{R}_4$
	20,83	18,00	12,66	11,16	10,16
	_____		_____		

### 8. MODELO DE REGRESION LINEAL SIMPLE

Considérese el siguiente modelo :

$$Y_i = B_0 + B_1 X_i + E_i, \quad i = 1, \dots, n$$

donde :

- $Y_i$  : Variable aleatoria observable
- $X_i$  : Conocida
- $E_i$  : v.a. no correlacionada con media cero y varianza común,  $E_i \sim N(0, \sigma^2)$
- $B_0, B_1$  : Constantes desconocidas o parámetros del modelo.

El modelo así descrito se conoce con el nombre de "modelo de regresión lineal simple".

### 8.1. TERMINOLOGIA.

Teniendo en cuenta que el análisis de regresión se usa en gran variedad de situaciones, en las diversas ciencias, es natural que diferentes términos se hayan usado para identificar las variables de lado izquierdo y del lado derecho de la ecuación de regresión. No se enumeran todos los términos, pero se señalarán unos pocos que son los más frecuentemente usados y se harán algunos comentarios sobre los mismos.

- .1. Quizá, el término más frecuentemente observado es el de dependencia - independencia; éste viene probablemente de las matemáticas, donde la variable del lado izquierdo en una función, usualmente se refiere como dependiente y aquella del lado derecho como independiente. Aquí, el significado es el de que la del lado derecho cambia de una manera conocida o controlable y da oportunidad a cambiar a la del lado izquierdo de acuerdo a la forma de la relación (expresada por  $B_1$ ). Por consiguiente la del lado derecho es una causa y la del izquierdo es un efecto.
- .2. Similar a lo anterior, existe la formulación estímulo - respuesta, con frecuencia observada en investigaciones médicas, ingeniería, química, investigación agrícola y pecuaria etc. en que la(s) variable(s) del lado derecho representan los estímulos, tales como las diferentes dosis de una droga o insumo y la variable del lado izquierdo representa los diferentes grados de respuesta a él o los estímulo(s).

- .3. Otra formulación presentada en el modelo de regresión es la denominada la relación: explicatoria-explicada; es así que las variables del lado derecho se denominan explicatorias porque ellas son una causa de explicación del efecto reflejado en la variable del lado izquierdo o porque un cambio de ésta es "explicado" por el cambio de las variables del lado derecho. Una concepción final es la de "regresores-regresando"; no importa en este concepto qué es causa o efecto, qué es estímulo y qué es respuesta, simplemente las del lado derecho se denominan "regresores" y la del lado izquierdo "regresando".

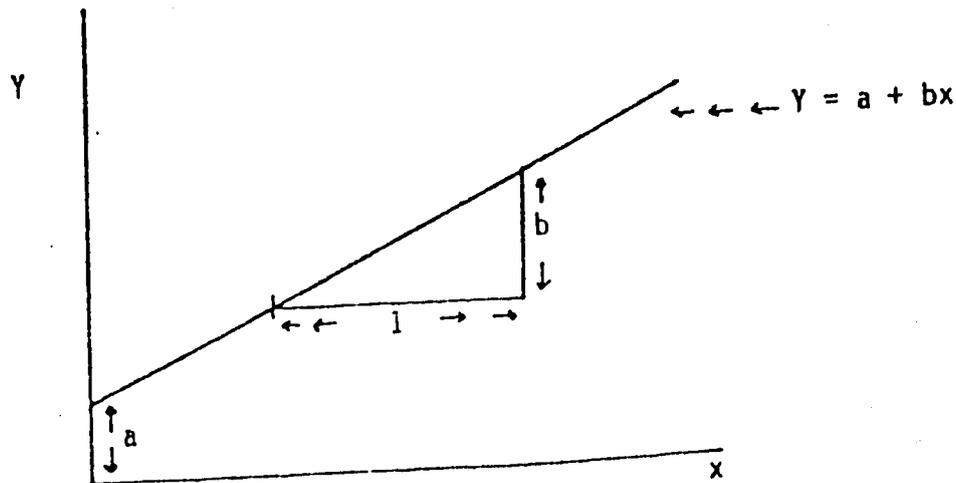
## 8.2. ESTIMACION E INTERPRETACION.

Como se mencionó anteriormente, el concepto de regresión es el de relación de dependencia. Ahora bien, en el modelo de regresión lineal simple, la forma o relación de dependencia está dada por :  $Y_i = B_0 + B_1 X_i + E_i$ , donde  $B_0$ ,  $B_1$  especifican la relación; éstos son los parámetros del modelo.

Cuando se tiene un conjunto de  $n$  observaciones, el método de mínimos cuadrados proporciona la estimación de los parámetros  $B_0$  y  $B_1$ . Los estimadores se especifican por  $\hat{B}_0$  y  $\hat{B}_1$ ; en otras ocasiones por "a" y "b"; entonces la ecuación estimada de regresión se expresa :

$$Y = a + b X \text{ (Ver figura)}$$

El eje X, es el de las abscisas y el Y de las ordenadas. Cuando  $X = 0$ ,  $Y = a$ , así que "a" es el punto donde la línea corta el eje Y, en otras palabras.



a es el intercepto. Cuando  $a = 0$ , la línea va a través del origen. Si X se incrementa en una unidad, Y se incrementa en "b" unidades, bien sea positiva o negativamente, así que b es una medida de la pendiente de la línea; cuando b es positiva ambas variables aumentan, si b es negativo una variable aumenta y la otra disminuye.

Cuando una línea recta se propone como ajuste a un conjunto de más de dos pares de observaciones, se debe elegir cuál es la línea que "mejor" ajusta los datos. El criterio de "mejor" para nosotros

lo proporciona el estimador dado por el método de mínimos cuadrados. Para tal línea de ajuste, a "b" se le llama el coeficiente de regresión, a la línea se denomina línea de regresión y la ecuación, ecuación de regresión; la estimación está dada por :

$$b = \frac{\sum (Y_i - \bar{Y}) (X_i - \bar{X})}{\sum (X_i - \bar{X})^2}$$

$$a = \bar{Y} - b \bar{X}$$

$$\sum (Y_i - \bar{Y}) (X_i - \bar{X}) = \sum Y_i X_i - \frac{\sum Y_i \sum X_i}{n}$$

$$\sum (X_i - \bar{X})^2 = \sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n}$$

$$\sum (Y_i - \bar{Y})^2 = \sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_i)^2}{n}$$

Una observación adicional que se puede hacer al modelo de regresión lineal simple, es la siguiente. Sumando y restando  $B_1 \bar{X}$  se obtiene :

$$Y_i = B_0 + B_1 \bar{X} - B_1 (X_i - \bar{X}) + E_i$$

Haciendo  $B_0 + B_1 \bar{X} = \mu$  y aplicando el método de mínimos cuadrados la estimación es :

$$\hat{\mu} = \sum Y_i / n$$

$$\hat{\beta}_1 = \frac{\sum (Y_i - \bar{Y}) (X_i - \bar{X})}{\sum (X_i - \bar{X})^2}$$

La transformación anterior simplifica la solución y este artificio es de bastante utilidad para el caso de regresión múltiple.

A continuación, mediante datos que corresponden a pesos iniciales ( $X_i$ ) y aumentos de peso ( $Y_i$ ) en gramos en 15 ratas hembras sometidas a alimento con alta proteína, se indicarán los cálculos de la ecuación de regresión.

X :	50	64	76	64	74	60	69	68	56
Y :	128	159	158	119	133	112	96	126	132

X :	48	57	59	46	45	65
Y :	118	107	106	82	103	104

n = 15

$$\sum X_i Y_i = 50 \times 128 + 64 \times 159 + \dots + 65 \times 104$$

$$\sum X_i Y_i = 108530$$

$$\sum X_i^2 = 50^2 + 64^2 + \dots + 65^2$$

$$\sum X_i^2 = 55465$$

$$\sum Y_i^2 = 128^2 + 159^2 + \dots + 104^2$$

$$\sum Y_i^2 = 218297$$

$$\sum Y_i = 901 ; \bar{X} = 60,07 \text{ gramos}$$

$$\sum Y_i = 1783 ; \bar{Y} = 118,87 \text{ gramos}$$

$$b = \frac{108530 - 91 \times 1783/15}{55465 - 901^2/15} = \frac{1431,13}{1344,93} = 1,06$$

$$a = 118,87 - 1,06 \times 60,07 = 55,19$$

La ecuación de regresión es :

$$\hat{Y} = 55,19 + 1,06 X$$

El aumento en peso de las ratas es pronosticable, puesto que cada gramo de aumento en peso inicial corresponde a 1,06 g de aumento de peso.

### 8.3. PRUEBAS DE HIPOTESIS.

Además de la estimación de los parámetros  $B_0$ ,  $B_1$  en el modelo de regresión lineal simple, en la totalidad de los casos, es de interés el plantear y probar algunas hipótesis sobre los parámetros mencionados. Algunos de los planteamientos que surgen son :

- |     |                 |    |                    |
|-----|-----------------|----|--------------------|
| I   | $H_0 : B_0 = 0$ | Vs | $H_a : B_0 \neq 0$ |
| II  | $H_0 : B_1 = 0$ | Vs | $H_a : B_1 \neq 0$ |
| III | $H_0 : B_0 = K$ | Vs | $H_a : B_0 \neq K$ |
| IV  | $H_0 : B_1 = K$ | Vs | $H_a : B_1 \neq K$ |

De las anteriores las más comunes son II y IV, aunque III y IV cubren a I y II, cuando  $K = 0$ .

La tabla de análisis de varianza para la regresión, es la forma más usual y "mejor" como criterio de prueba para  $H_0 : B_1 = 0$  vs  $H_a : B_1 \neq 0$ . La tabla es :

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.
Regresión	1	$b \cdot \sum (Y_i - \bar{Y})(X_i - \bar{X})$	<u>1/</u>	<u>3/</u>
Error	n-2	DIFERENCIA	<u>2/</u>	
Total	n-1	$\sum (Y_i - \bar{Y})^2$		

1/ C.M. REG = S.C.REG/1

2/ C.M. ERROR = S.C. Error/n-2

3/ Fc =  $\frac{CMREG}{CMERROR}$

El valor de Fc, se compara con  $F_T$  para  $\alpha$  de significancia con 1 y n-2 g.l la regla de decisión es :

Si  $F_c > F_T$  rechace  $H_0$

Si  $F_c < F_T$  acepte  $H_0$

Para el caso del ejemplo de las ratas se tiene

F. de V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.
Regresión	1	1516,99	1516,99	4,08
Error	13	4828,81	317,45	
Total	14	6345,80		

$$F_{0,05,1,13} = 4,67$$

Por tanto se acepta  $H_0 : B_1 = 0$

Para este tipo de datos no existe suficiente evidencia para concluir que existe una relación lineal entre el peso inicial y el aumento de peso.

El CME es un estimador insesgado de  $\sigma^2$  y como se observa nos sirvió para definir el criterio de prueba (F) para la hipótesis señalada.

Existe otro método de prueba, un poco más general, sobre la III y IV hipótesis planteadas; este criterio está dado por T así:

$$S_b^2 = \frac{S^2}{\sum (X_i - \bar{x})^2}$$

Donde  $S^2 = \text{CME}$

Por consiguiente si se plantea :  $H_0 : B_1 = K$  vs  
 $H_a : B_1 \neq K$   $T_c = \frac{b - K}{S_b}$

Este valor  $T_c$  se compara con un valor de  $T_t$  para  $\alpha$  de significancia y  $n-2$  grados de libertad, la regla de decisión es igual a las anteriormente estudiadas :

Para el ejemplo se tiene :

$$H_0 : B_1 = 0 \quad H_a : B_1 \neq 0$$

es decir,  $K = 0$

$$T_c = \frac{1,06 - 0}{0,526} = 2,02$$

$$S_b = \sqrt{371,45/1344,93} = 0,526$$

$$T_{0.05, 13} = 2,16$$

Como se observa  $T_t > T_c$ , y por tanto la prueba de  $T$  es equivalente a la de  $F$  cuando  $H_0 : B_1 = 0$ ; en este caso  $K = 0$ , pero  $T$  es más amplia puesto que  $K$  puede ser cualquier número real.

Análogamente se puede proceder para el parámetro  $B_0$  :

$$S_a = \frac{\sum_{i=1}^n X_i^2}{n \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

$$T_c = \frac{a - K}{S_a}$$

El  $T_c$  se compara con  $T_t$  para nivel  $\alpha$  de significancia y  $n-2$  grados de libertad.

## 9. CORRELACION LINEAL SIMPLE

Anteriormente se presentó el análisis de regresión lineal simple, se enfatizó en las suposiciones, en su significado, origen, procedimiento de cálculo, la interpretación del mismo y definió como una estrategia de relación.

Ahora, se procurará en presentar el conocimiento básico de la correlación, su metodología de cómputo, significado e interpretación del mismo.

Correlación lineal simple, se conceptualiza como el grado de asociación, o el grado de dependencia mutua, entre dos variables cualquiera sean  $X_1$  y  $X_2$ . Aquí el investigador no se pregunta si  $X_1$  depende de  $X_2$  o viceversa; él está interesado en el grado de covariación entre dos variables; la diferencia de la causación entre  $X_1$  y  $X_2$  no existe o nó es de importancia.

La medida de la asociación entre dos variables o de la covariación entre las mismas, está dada por el coeficiente de correlación; la estimación del coeficiente para una muestra de  $n$  pares de observaciones está dada por :

$$r = \frac{\sum (Y_i - \bar{Y}) (X_i - \bar{X})}{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 \sum (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

### 9.1. CARACTERISTICAS DEL COEFICIENTE DE CORRELACION.

- El coeficiente de correlación no tiene unidades
- El valor del coeficiente no puede ser mayor a  $+1$  ni menor que  $-1$
- Si el coeficiente tiene signo positivo, indica que las dos características estudiadas, tienden a variar en el mismo sentido, es decir, si una se incrementa la otra también. Si el signo es negativo quiere decir que las características varían en sentido contrario, es decir, que si se incrementa el valor de una variable disminuye la otra o viceversa.

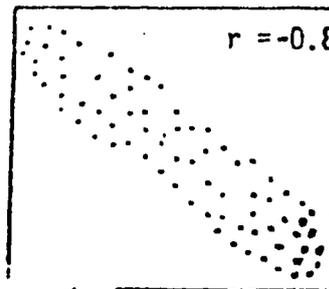
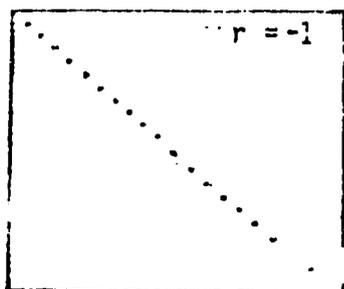
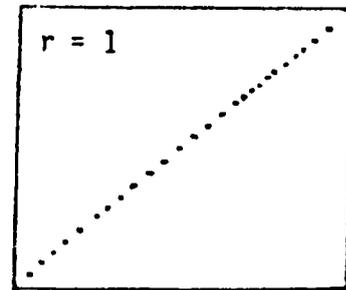
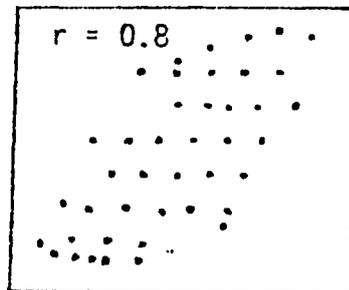
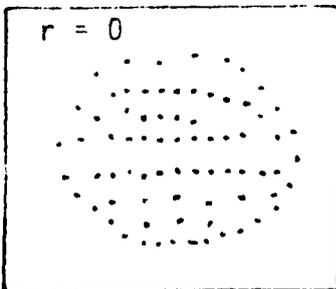
### 9.2 USOS.

El uso principal que se dá al coeficiente de correlación, es el de establecer el grado de asociación. En la práctica el planteamiento es el de concluir si las dos variables  $X_1$  y  $X_2$  son independientes o no en un sentido probabilístico.

Ciertamente el coeficiente es el mejor criterio para establecer si  $X_1$  y  $X_2$  son independientes o no, pero para poder hacer este tipo de inferencia las dos variables tienen que ser ALEATORIAS y que sigan una distribución NORMAL BIVARIADA; cuando este requisito se cumple, es decir que el coeficiente de correlación es cero es equivalente a decir que las dos variables son INDEPENDIENTES. Si las variables  $X_1$  y  $X_2$  no se distribuyen normalmente, correlación cero no es equivalente a independencia probabilística.

### 9.3. INTERPRETACION.

En las figuras dadas a continuación ilustran la interpretación del coeficiente de correlación .



## 9.4. PRUEBAS DE HIPOTESIS.

En caso de que  $X_1$  y  $X_2$  como se anotó sigan distribución normal bivariada, la prueba de hipótesis de interés.

$$H_0 : \rho = 0 \quad H_a : \rho \neq 0$$

La  $H_0$  anterior es equivalente a decir  $X_1$  y  $X_2$  son independientes; si se rechaza concluiremos que no son independientes; por lo tanto existe cierto grado de asociación entre las mismas; el grado está dado por el valor del coeficiente.

El criterio de prueba está dado por un coeficiente de correlación tabulado  $r_t$ , se busca en las tablas  $r_t$  para  $\alpha$  de significancia y  $n-2$  grados de libertad; si  $r$  es mayor  $r_t$  se rechaza  $H_0$ , es decir, si existe asociación entre las dos variables, en otras palabras no son independientes.

Para el ejemplo de las ratas se tiene :

$$\sum (Y_i - \bar{Y})(X_i - \bar{X}) = 1431,13$$

$$\sum (X_i - \bar{X})^2 = 6345,80$$

$$\sum (Y_i - \bar{Y})^2 = 1344,93$$

$$r = \frac{1431,13}{\sqrt{6345,80 \times 1344,93}} = 0,4894$$

$$r_{0.05, 13} = 0,514$$

Por tanto no existe para este tipo de datos, evidencia suficiente para concluir de que existe asociación entre los pesos iniciales y el incremento de peso de la especie en estudio.

#### 10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ALDER R. y D. ROESSLER, 1968. Introduction to probability and statistics.
2. CALZADA J., 1970. Métodos estadísticos para la investigación. Lima - Perú. Editorial Jurídico S.A.
3. COCHRAN W.G. y G.M. COX , 1971. Diseños Experimentales. México. Ed. Trillas.
4. HERNANDEZ R., 1972. El modelo aproximativo y la matriz experimental como factores que influyen sobre el sesgo, al aproximar superficies de respuesta a dos factores. Tesis M.C. Chapingo, México.
5. MENDEZ I., 1971. Introducción a la metodología estadística. Chapingo, México. Ed. Patena A.C.
6. STEEL R.G. y J.H. TORRIE, 1960. Principles and procedures of statistics. McGraw Hill Co.
7. TURRENT F. y R.J. Laird, 1975. Matrices Plan Puebla; escritos sobre la metodología de investigación en productividad de suelos. Chapingo - México. (Mimeografo) Pág. 42.

321

INSTITUTO COLOMBIANO AGRICULTURA  
DIVISION DE ESTADISTICA Y BIOMETRIA

SISTEMAS DE INFORMACION PARA ENSAYOS AGRICOLAS EN AREAS DE  
DESARROLLO RURAL

POR: ELOINA MESA F.\*\*

---

\* Contribución al "Curso Internacional de Manejo de Ensayos Agrícolas en Areas de Desarrollo Rural". Centro de Capacitación La Selva, Rionegro, Antioquía, Colombia. Septiembre de 1981.

\*\* Estadístico, División de Estadística y Biometría.  
Tibaitatá, A.A. 151123 El Dorado Bogotá.

322

## 1. DEFINICIONES PARA UN CONJUNTO DE DATOS.

Es necesario definir algunos términos, cuando hablamos de un conjunto de datos, tales como:

### 1.1 Variable:

Es la característica que se observa o mide en un objeto o individuo. Ej: la edad de una persona, el rendimiento de una parcela, etc.

### 1.1.2 Variable Independiente:

Es la variable que cambia de una manera conocida o controlable.

### 1.1.3 Variable Dependiente:

Es la variable que cambia en función de las variables independientes.

En términos generales podemos decir que las variables independientes explican el cambio que se presenta en la variable dependiente. También podemos hacer la similitud con la formulación estímulo - respuesta, donde los estímulos corresponden a las variables independientes y las respuestas a las variables

dependientes. Luego los estímulos pueden ser diferentes dosis de un insumo y la variable dependiente, será los diferentes grados de respuesta.

Dentro de las variables independientes podemos hacer dos clasificaciones:

- Variables independientes continuas: aquellas variables, que toman cualquier valor ya sea entero o fraccionario.
- Variables independientes discretas: aquellas variables que toman solamente valores enteros; estas variables son las que llamamos variables de clasificación.

1.2 Observación:

Es el valor o conjunto de valores que se toman a un objeto o individuo, para una o más variables. Así por ejemplo: un observación puede ser una finca, un individuo (estudios socioeconómicos) o una combinación del número de tratamientos, por el número de repeticiones (ensayos agronómicos), así:

No. Obs.	Trat.	Rept.
01	01	01

324

No. Obs..	Trat.	Rep.
02	01	02
03	01	03
04	02	01
05	02	02
06	02	03

### 1.3 Ficha:

El concepto de ficha, corresponde a lo que físicamente es una tarjeta de computador, la cual tiene 80 columnas, posiciones o campos, y en cada uno de esos campos solo puede especificarse un caracter o un dígito.

### 1.4 Localidad:

Se refiere al sitb o lugar donde se realiza un ensayo

## 2. USO DE FORMULARIOS PARA ENSAYOS AGRONOMICOS.

La información que se codifique aquí procede de ensayos de campo, ensayos de laboratorio o invernadero y otro tipo de datos que encajan dentro del diseño.

### 2.1 Exp. No.:

Es una identificación numérica que el investigador asigna a su experimento.

### 2.2 Título:

Nombre que el investigador le dá a su experimento.

### 2.3 Año envío:

Se refiere al año en el cual el investigador envía los datos del experimento, a la División de Estadística y Biometría. Se codifican los dos últimos dígitos.

### 2.4 Orden Estadístico:

Es un número entre 000 y 999, que la División de Estadística y Biometría asigna a un grupo de datos procedentes de un ensayo. Es de notar que el orden

estadístico es una identificación numérica de la calidad. La División de Estadística y Biometría, asigna tantos órdenes estadísticos como identificaciones diferentes el investigador haya codificado en los numerales 2.1 y 2.2.

#### 2.5 Código Proyecto y No. de Orden:

Estos campos los codifica el investigador según el código y número de orden que la División de Estadística y Biometría le haya asignado anteriormente.

Si los campos anteriores no se especifican, los datos serán devueltos sin procesar, ya que sólo los datos procedentes de proyectos codificados tienen presupuesto para ser procesados.

#### 2.6 Cultivo:

Se debe colocar el nombre del cultivo en el cual se experimenta y el código de éste. Si el cultivo no tiene código, se especifica solamente el nombre de éste (ver códigos de cultivos en el apéndice).

### 2.7 Variedad:

Se debe colocar el nombre de la variedad, y al frente el código correspondiente. Nuevamente si no se encuentra el código de variedad, sólo se especifica el nombre. Si el ensayo tiene dos ó más variedades, en cada hoja se debe especificar la información correspondiente a cada variedad. Si la cantidad de observaciones para cada variedad ocupa menos de la mitad de la hoja, no se codifica éste campo, y más adelante se crea una nueva variable llamada VARIEDAD (Ver códigos de variedades en el Anexo).

### 2.8 Año Siembra:

Se codifican las dos últimas cifras del año en que se inició el experimento.

### 2.9 Semestre Siembra:

Se refiere a si el experimento se inició en el primer o segundo semestre, y se codifica así:

- Primer Semestre : ..... 1
- Segundo Semestre: ..... 2

### 2.10 Diseño:

Se refiere al diseño experimental en el cual se hizo el ensayo. Se da el nombre del diseño y el código correspondiente. ( Ver Códigos en el Anexo).

### 2.11 No. Tarjeta:

Bajo el indicativo A, del formulario se encuentran los campos para codificar los FACTORES y/o VARIABLES DEPENDIENTES. Bajo éste indicativo, máximo pueden codificarse siete variables correspondientes a las siete columnas disponibles. Si el ensayo tiene siete ó menos variables, No. tarjeta = 01; si el ensayo tiene más de siete variables, hasta catorce, No. tarjeta = 02, y así sucesivamente cada grupo de siete variables cambia de tarjeta.

### 2.12 Conteo No.:

Cuando en un ensayo, se toman datos periódicos a todas sus unidades experimentales, cada período constituye un conteo el cual se numera desde 01, hasta 99. Si se terminan de pasar los datos de un conteo sin terminar una hoja, debemos empezar una

nueva hoja para el siguiente conteo, a menos que los datos de cada conteo ocupen menos de la mitad de la hoja.

#### 2.13 No. de Hojas:

Todas las hojas deben ir numeradas con el fin de que la División de Estadística y Biometría pueda juzgar si el trabajo llegó completo.

#### 2.14 No. Tratamiento:

Es la identificación numérica de cada tratamiento, y se codifican a partir de 001 en adelante, en orden ascendente. Se debe tener en cuenta que cuando el arreglo es factorial, un tratamiento es el producto de una combinación de factores y de todas formas se debe identificar numéricamente en éste campo.

Primero se codifica el tratamiento 001 con todas sus repeticiones, luego el tratamiento 2 con todas sus repeticiones y así sucesivamente hasta el último tratamiento.

#### 2.15 Descripción del Tratamiento:

En éste campo se explica de que consta el trata-

330

miento. Cuando es un arreglo factorial se debe explicar la combinación de los factores que le componen.

#### 2.16 No. Arbol:

Es una identificación numérica que el investigador le da a cada árbol en algunos tipos de ensayos, especialmente en los cultivos perennes.

No debe confundirse No. árbol con número de árboles o plantas por parcelas, pero ésta es otra variable y se codifica bajo el indicativo A.

#### 2.17 Nombres y Datos de los Factores y/o de las Variables Dependientes: ( Variables bajo el indicativo A).

En estos campos se debe codificar una variable por cada columna así:

- En el encabezamiento se debe colocar el nombre de las variables, conservando el mismo orden en todas las hojas. Los nombres corresponden a una abreviación del nombre completo de cada variable y debe tener máximo 5 letras.
- Para cada variable el número de enteros y deci

males que se codifiquen deben ser iguales en todas las observaciones, en caso de que no haya igual número de enteros se debe completar con ceros a la izquierda. Igualmente si no hay igual número de decimales se debe completar con ceros a la derecha, así:

TRAT.	REP.	REND.	REND.
001	01	110.05	110.05
001	02	100.7	100.70
001	03	99.4	099.40
002	01	80	080.00
002	02	115.65	115.65
002	03	96.14	096.14
003	01	87.09	087.09
003	02	109.1	109.10
003	03	111.17	111.17
004	01	99.4	099.40
004	02	120	120.00
004	03	93	093.00

Las cifras enteras se separan de los decimales, por medio de puntos.

En éstas columnas, bajo el indicativo A, se codifican las variables que corresponden a los factores cuando se tiene en arreglo factorial y éstos se deben codificar en las primeras columnas.

CODICOS PARA CODIFICAR EL CAMPO "DISEÑO EXPERIMENTAL" DE LAS HOJAS DE CODIFICACION; PARA DATOS PROCEDENTES DE ENSAYOS AGRONOMICOS. ( EXCLUYENDO DATOS QUE PROCEDAN DE ENSAYOS DE FERTILIZACION ).

#### DISEÑOS EXPERIMENTALES

Diseño completamente al azar (un sólo factor)	01
Bloques completos al azar ( un sólo factor )	02
Bloques completos al azar factorial completo	03
Bloques completos al azar compuesto central	04
Bloques completos al azar compuesto central rotatable	05
Parcelas Divididas	06
Bloques completos al azar matrices "Plan Puebla II"	07
Látice simple	08
Látice triple	09
Diseño completamente al azar factorial completo	10
Parcelas sub-divididas	11
Muestreo aleatorio simple	12
Parcelas sub-divididas	13
Factorial confundido	14
Cubo en aristas	15
Completamente al azar con submuestreo	16
Matriz de correlación	17
Bloques anidado	18

334

CODIGOS PARA CODIFICAR EL CAMPO " CULTIVO " DE LAS HOJAS DE CODIFICACION  
 PARA DATOS PROCEDENTES DE ENSAYOS AGRONOMICOS.

<u>AJO</u>	<u>CODIGO</u>	<u>ALVERJA</u>	<u>CODIGO</u>
Rosado	01	ICA- Bojacá	05
Sachica	02	L3661	06
		L30098	07
<u>AJONJOLI</u>		Regional	08
Pacande-X 10 2	01	Varias	09
<u>ALGODON</u>		<u>ARRACACHA</u>	
Delta Pine -16	01	Regional	01
Delta Pine -45A	02		
Smooth Leaf	03	<u>ARROZ</u>	
Stone Ville	04	Cica	01
Acala	05	Cica-4	02
Delta Pine -61	06	IR-8	03
Colombia 1	07	IR-5	04
Línea 117 Col.1	08	IR-22	05
Varios	09	Cica 9	06
Gossica No. 21	10	Cica 7	07
		Cica 8	08
		Cica 6	09
<u>ALVERJA</u>			
ICA- guatecana	01		
ICA- teusaca	02	<u>BANANO</u>	
Guatecana SMICA	03	Gran enano	01
Australis - 14	04	<u>CACAO</u>	
		Sca x EE62	01

335

CODIGOS PARA CODIFICAR EL CAMPO " CULTIVO " DE LAS HOJAS DE CODIFICACION  
 PARA DATOS PROCEDENTES DE ENSAYOS AGRONOMICOS.

<u>CACAO</u>	<u>CODIGO</u>	<u>CEBADA</u>	<u>CODIGO</u>
Mezcla de Híbridos	02	FM - 15	04
		Línea 22	05
<u>CAFE</u>		Surbatá	06
Typica	01		
Borbón	02	<u>CEBOLLA CABEZONA</u>	
Caturra	03	Yellow Granex	01
Amarillo chinchiná	04		
Kovillov (Conillón)	05	<u>CEBOLLA LARCA</u>	
Mundo Navo	06		
Varías	07	<u>EUCALIPTO</u>	
		Citriodora	01
<u>CURUBA</u>		Tereticornis	02
Castilla	01	Alba	03
<u>CAÑA PANELERA</u>		<u>FRESA</u>	
P.O.J. 27-14	01	Tioga	01
<u>CAÑA DE AZUCAR</u>		<u>MANI</u>	
Regional	01	TAtuí	01
<u>CERADA</u>		<u>FRIJOL</u>	
Funza	01	ICA 32-980	01
124	02	Regional	02
Mochacá	03	Diacol calima	03

336

CODIGOS PARA CODIFICAR EL CAMPO " CULTIVO " DE LAS HOJAS DE CODIFICACION  
 PARA DATOS PROCEDENTES DE ENSAYOS AGRONOMICOS.

<u>FRIJOL</u>	<u>CODIGO</u>	<u>MAIZ</u>	<u>CODIGO</u>
Red Cloud	04	Varias	13
		Tolima	14
<u>HABA</u>		H - 210	15
Regional	01	H - 256	16
<u>HABICHUELA</u>		V - 106	17
Agua - azul	01	V 106*DV206	18
		Amarillo duro	19
<u>GIRASOL</u>		Blanco Harinoso	20
Fransol	01	V - 107	21
<u>MAIZ</u>		DV 351	22
Diacol H-252	01	H - 212	23
Diacol H-205	02	H - 257	24
M8 (Amarillo maizena)	03	#E - 207	25
Diacol H-253	04	Porva	26
ICA H- 207	05	H - 302	27
Blanco Doble-2	06	V - 453	28
M7 (Amarillo maizena)	07	MB 21 Oris	29
DA - 104	08	MB 21 A	30
MB - 51	09	MB 21 B	31
Harinosa Mosquera	10	MB 21 AB	32
MB - 56	11		
Regional	12		

337



CODIGOS PARA CODIFICAR EL CAMPO " CULTIVO " DE LAS HOJAS DE CODIFICACION  
 PARA DATOS PROCEDENTES DE NSAYOS AGRONOMICOS.

<u>REPOLLO</u>	<u>CODIGO</u>	<u>TRIGO</u>	<u>CODIGO</u>
Copenhaguen Market	01	Tiba	02
Marian Market	02	ICATA - Bonza	03
		Varios	04
<u>SORGO</u>			
ICA - Nataima	01	<u>YUCA</u>	
Tropical - 4	02	Varias	01
Tropical - 9	03	Regional	02
Pioner	04	CMC - 40	03
Martin A*ICA - Nataima	05	CMC - 59	04
ICA - Palmira	06	CMC - 76	05
<u>SOYA</u>		<u>ZANAHORIA</u>	
ICA - Tunia	01	Chantenay Red Cored	01
Mandarín	02		
ICA - Lili	03		
Pelican	04		
<u>TOMATE</u>			
Manlucie	01		
Varias	02		
Chonto	03		
Chonto - Licato	04		
<u>TRIGO</u>			
Diacol Narino	01		

2/2/84

CODIGOS PARA CODIFICAR EL CAMPO " CULTIVO " DE LAS HOJAS DE CODIFICACION  
 PARA DATOS PROCEDENTES DE ENSAYOS AGRONOMICOS.

<u>CULTIVO</u>	<u>CODIGO</u>	<u>CULTIVO</u>	<u>CODIGO</u>
Aguacate	AG	Fresa	FR
Ajo	AO	Girasol	GR
Ajonjolí	AJ	Haba	HA
Algodón	AL	Nabichuela	HB
Apio	AP	Maíz	MZ
Arracacha	AC	Maní	MN
Arroz	AR	Palma Africana	PA
Alverjas	AS	Papa	PP
Avena	AV	Pastos	PS
Banano	BN	Pastos y Leguminosas	PC
Cacao	CC	Pepino	PE
Café	CF	Pimentón	PM
Caña de Azúcar	CA	Piña	PN
Caña Panelera	CN	Plátano	PL
Caupi	CP	Repollo	RP
Cebolla Cabezona	CZ	Ray Grass	RG
Cebolla Larga	CE	Remolacha	RM
Cebada	CB	Sandía	SN
Coliflor	CL	Sorgo	SP
Curuba	CR	Soya	SY
Durazno	DR	Tabaco	TB

347

CODIGOS PARA CODIFICAR EL CAMPO " CULTIVO " DE LAS HOJAS DE CODIFICACION  
PARA DATOS PROCEDENTES DE ENSAYOS AGRONOMICOS.

<u>CULTIVO</u>	<u>CODIGO</u>	<u>CULTIVO</u>	<u>CODIG</u>
Eucalipto	EC	Trigo	TR
Frijol	FJ	Trebol	TL
TOmate	TM	ZAnahoria	ZN
Zapallo	ZP	Yuca	YC
Maiz * Frijol	MJ		

INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO  
DIVISION DE ESTADISTICA Y BIOMETRIA

MUESTREO \*

Por: ELOINA MESA F. \*\*

---

\* Contribución al "Curso Internacional de Manejo de Ensayos Agrícolas en Areas de Desarrollo Rural" Centro de Capacitación La Selva, Rionegro. Antioquia, Colombia. Septiembre de 1.981.

\*\* Estadístico, División de Estadística y Biometría, Tibaitatá, Apartado Aéreo 151123. El Dorado, Bogotá.

## M U E S T R E O

Los conceptos de población y muestra son fundamentales, a considerar en éste aparte.

Población: cualquier colección finita ó infinita de individuos ó elementos (Kendall y Buckland 1957).

Es decir una población no se refiere solo a los habitantes de un país, sino también por ejemplo a la población de establecimientos comerciales, población de estudiantes universitarios.

Muestra: es una parte de la población o subconjunto de un conjunto de unidades, obtenidas con el fin de investigar las propiedades de la población o conjunto de procedencia.

Marco de Muestreo: la población está dividida en unidades de muestreo. La lista de todas las unidades de muestreo es lo que se denomina marco de muestreo. Si en éste marco de muestreo hay errores, tales como duplicación, ausencias, etc., de unidades de muestreo, la inferencia que hacemos a través de la muestra no es válida para la población, ya que ésta difiere del citado marco.

Tipos de Muestreo: el procedimiento mediante el cual obtenemos una ó más muestras, recibe el nombre de Muestreo. Se dice que un muestreo es probabilístico, cuando puede calcularse de antemano la probabilidad de obtener cada una de las muestras que sea posible seleccionar, para lo cual es necesario que la selección pueda considerarse como una prueba o experimento aleatorio.

Inferencia - Estadística; llamamos inferencia al paso de lo particular a lo general. Cox (1958) la define como una relación a poblaciones estadísticas, efectuada a partir de ciertas observaciones con determinada medida de incertidumbre. Puesto que la inferencia supone un riesgo, es útil indicar en que casos conviene obtener muestras, en lugar de censos ó investigaciones detalladas de todos los elementos de la población.

La decisión óptima consiste en emplear recursos mínimos para obtener determinada información, ó un máximo de información con recursos prefijados. Para que la inferencia sea la más satisfactoria posible en una situación determinada se emplean técnicas estadística-matemáticas que permiten estimar por medio de muestras las características de una población, donde la representatividad de las estimaciones puede ser evaluada.

En general puede tomarse una muestra en los siguientes casos:

1. Cuando la población es infinita ó tan grande que el censo excede - las posibilidades del investigador.
2. Cuando la población es homogénea, en el sentido de que cualquier muestra nos da una buena representación, entonces no tiene sentido investigar toda la población.

3. Cuando el proceso de investigación de las características de cada elemento sea destructivo ( el artículo se consume).

Además de estos casos pueden considerarse aspectos de tipo económico - ya que tomando una muestra los costos se reducen; en cuanto a la calidad de la misma, es posible cuidar más la precisión de la observación o medida de cada elemento utilizando el muestreo.

Clases de Muestreo :

- 1. Muestreo Aleatorio Simple
- 2. Muestreo Estratificado
- 3. Muestreo por Conglomerado
- 4. Muestreo Bifásico y Polifásico
- 5. Muestreo Sistemático

1. Muestreo Aleatorio Simple: consiste en la selección de n elementos, entre los N que forman la población, de tal forma que todas las posibles muestras de tamaño n tengan la misma probabilidad de ser obtenidas.

Esta probabilidad será :

$$P ( \text{seleccionar una muestra de tamaño de } n ) = \frac{1}{\binom{N}{n}}$$

345

$$P(\text{Seleccionar un elemento dado}) = \frac{n}{N}$$

- Estimaciones de la media y del total.

La media poblacional se representa por:

$$\bar{Y} = \frac{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_N}{N}$$

Cuyo estimador es:

$$\bar{y} = \frac{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n}{n} = \hat{\bar{y}}$$

$\bar{y}$  debe ser un estimador insesgado de  $\bar{Y}$ , es decir  $E(\bar{y}) = \bar{Y}$

$$E(\bar{y}) = E\left[\frac{1}{n}(Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n)\right] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E(y_i)$$

Pero

$$E(y_i) = \sum_{j=1}^N P_j Y_j$$

es decir la suma de los valores por la probabilidad de Selección.

Entonces

$$E(y_i) = \frac{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n}{N} = \bar{Y}$$

Luego

$$E(\bar{y}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E(y_i) = \frac{n}{n} \bar{y} = \bar{y}$$

La estimación del total es de la forma

$$\hat{Y} = \frac{N}{n} \bar{y} = N \bar{y}$$

que es también insigado ya que

$$E(\hat{Y}) = N E(\bar{y}) = N \bar{y} = Y$$

Algunos ejemplos de totales y medias :

Variable	Total y	Media $\bar{y}$
Superficie de una finca.	Suma de superficies en Ha.	Total dividido por el número de fincas
Número de hijos de hijos de una familia	Suma de hijos	Total dividido por el número de familias.
Ventas efectuadas por una empresa.	Suma de ventas en unidades monetarias.	Total dividido por el número de empresas.
Años de residencia de un emigrante	Suma de años	Total dividido por el número de emigrantes.

Para tener idea de la precisión, puede tomarse como medida de precisión de la dispersión de la distribución de un estimador en el muestreo, la varianza ó su raíz cuadrada: el error de muestreo o error estandar del estima -

dor.

La Dispersión de la distribución poblacional está dado por :

$$S_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2}{N} = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i^2 - N\bar{Y}^2}{N}$$

Y su estimador

$$\hat{S}_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n}$$

Ahora hallamos la varianza de  $\bar{y}$  en el muestreo, que notaremos como

$$\begin{aligned} \sigma_{\bar{y}}^2 &= E (\bar{y} - \bar{Y})^2 = E \left[ \frac{(y_1 + \dots + y_n) - \bar{Y}}{n} \right]^2 \\ &= E \left[ \frac{(y_1 - \bar{Y}) + \dots + (y_n - \bar{Y})}{n} \right]^2 \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{n^2} E \left[ \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2 + 2 \sum_{i \neq j}^n (y_i - \bar{Y})(y_j - \bar{Y}) \right]$$

$$= \frac{1}{n^2} \left[ n E (y_1 - \bar{Y})^2 + 2 \binom{n}{2} E (y_1 - \bar{Y})(y_2 - \bar{Y}) \right]$$

$$= \frac{1}{n^2} \left[ n S_1^2 + 2n(n-1) \sum_{i < j}^N \frac{(y_i - \bar{Y})(y_j - \bar{Y})}{N(N-1)} \right]$$

$$= \frac{1}{n^2} \left[ n S_1^2 - \frac{n(n-1)}{N(N-1)} N S_1^2 \right]$$

$$= \frac{N-n}{N} \cdot \frac{S^2}{n}$$

- Estimación de porcentajes y proporciones:

Cuando tratamos con datos cualitativos, tenemos clasificaciones dicotómicas, en las cuales a cada elemento de la población corresponde una característica dada ( $Q_i$ ) que sólo puede tomar los valores cero - ó uno, es decir la población puede agruparse en dos clases mutuamente excluyentes. Como ejemplo podemos citar una población, (habitantes de una ciudad) y estamos interesados en la proporción de hombres y mujeres

Luego definimos:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i = 1}{N}$$

como la proporción de elementos que tienen la característica dada cuya estimación es :

$$p = \frac{\sum_{i=1}^n y_i = 1}{n}$$

Debe cumplirse que  $E(p) = P$  para que la estimación sea insesgada.

La varianza del atributo considerado en la población, está dado por :

$$S_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_{i-1} - P)^2}{N}$$

$$S_1^2 = P - P^2 = PQ$$

Tamaño de Muestra:

El tamaño de muestra depende de la variabilidad de las unidades de la población con respecto a la característica que se está investigando, de que tan cerca se desean las estimaciones de los parámetros que se están estimando, es decir, de la confiabilidad de los estimadores, y de las limitaciones y recursos relativos a la misma.

Considerando el caso del muestreo aleatorio simple, suponemos un error máximo admisible y un valor  $K$  correspondiente a un coeficiente  $P_k$ , obteniendo como desviación  $t$  de student, desviación normal, u otro procedimiento.

El error de muestreo para la media, dada por la expresión :

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{N-n}{N^2} \frac{S^2}{n}}$$

lo multiplicamos por el valor de  $k$  y obtenemos un error absoluto  $e$  expresado en las mismas unidades de la variable de estudio

$$e = k \cdot (\text{error de muestreo})$$

352

$$e = k \sqrt{\frac{N-n}{N} \frac{S^2}{n}}$$

elevando al cuadrado ambas expresiones

$$e^2 = k^2 \frac{N-n}{N} \frac{S^2}{n}$$

despejando  $n$ , tenemos :

$$n = \frac{N k^2 S^2}{N e^2 + k^2 S^2}$$

Por ejemplo si tenemos una población de tamaño  $N = 1000$ , de la que queremos obtener una muestra para estimar  $\bar{Y}$ , con un error absoluto menor o igual a 10 y coeficiente de confianza del 90%. Si aproximamos a la normal,  $k = 1.64$  y  $S^2 = 500$  tendremos :

$$n = \frac{(1000) (1.64)^2 (500)}{(1000) (10) + (1.64)^2 (500)}$$

$$n \approx 118$$

2. Muestreo Estratificado Aleatorio: el muestreo estratificado consiste en subdividir la población en subpoblaciones de tal forma que la unión de ellas será la población, y la intersección de dos cualesquiera, dará como resultado el conjunto vacío. Cada una de las subpoblaciones recibe el nombre de estrato, los cuales se tratan de conformar de tal forma que --

los elementos dentro de cada estrato sean homogéneos. El tamaño de la muestra está formado por los elementos de cada estrato tomándolos aleatoriamente en cada uno de ellos.

Esto aumenta la precisión en las estimaciones ya que estamos agrupando elementos con características comunes.

Cuando hacemos estratificación es conveniente tener idea de la distribución de la característica estudiada, o en caso que no se conozca, se debe estratificar en función de una característica que tenga una alta correlación positiva con la variable de estudio. Por ejemplo si queremos hacer estimaciones del número de cabezas de ganado vacuno en el país y no se conoce el dato por granjas o fincas, no puede realizarse una estratificación de acuerdo con su tamaño ( en función de cabeza de ganado) y es necesario buscar otra variable, tal como área ya que es posible pensar que a mayor área de la finca o granja , mayor número de cabezas de ganado.

Notación :

Se supone que la población consta de  $N$  unidades distribuidas en  $L$  estratos. Si representamos por  $N_h$  el número de unidades en el estrato  $h$ -ésimo,

$$N = N_1 + N_2 + \dots + N_L$$

$$N = \sum_{h=1}^L N_h$$

$$W_h = \frac{N_h}{N} \quad \text{peso relativo de cada estrato}$$

$$\sum_{h=1}^L W_h = 1$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{h=1}^L N_h \bar{Y}_h}{N} = \sum_{h=1}^L W_h \bar{Y}_h$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{h=1}^L Y_h}{h=1} \quad Y_h = \sum_{h=1}^L N_h \bar{Y}_h$$

$$P = \frac{\sum_{h=1}^L A_h}{N} = \frac{\sum_{h=1}^L N_h P_h}{N} = \sum_{h=1}^L W_h P_h$$

Afijación : se da el nombre de afijación a la asignación o distribución del tamaño muestral  $n$  entre los diferentes estratos, es decir a la deter

minación de los valores  $n_h$  de tal forma que :

$$n_1 + n_2 + \dots + n_L = n$$

Las formas más importantes de afijación son : Afijación igual, afijación proporcional y afijación óptima.

- Afijación igual: los tamaños  $n_h$  son iguales a  $\frac{n}{L}$  aumentando o disminuyendo éste tamaño en una unidad, si  $n$  no es proporcional.

Estimador de la media: este estimador se representa por:

$$\bar{y}_e = \sum \frac{N_h \bar{y}_h}{N}$$

y se calcula como la media ponderada de las obtenidas en los  $L$  estratos, tomando como pesos los tamaños de los estratos. El estimador es insesgado ya que siendo la muestra de cada estrato aleatoria, se verifica, que:

$$E(\bar{y}_h) = \bar{Y}_h$$

luego:

$$E(\bar{y}_e) = \frac{\sum_{h=1}^L N_h E(\bar{y}_h)}{N} = \frac{\sum_{h=1}^L N_h \bar{Y}_h}{N} = \bar{Y}$$

Para la proporción,

$$p_e = \frac{\sum_{h=1}^L N_h p_h}{N}$$

ya que:

$$E(p_e) = \frac{\sum_{h=1}^L N_h E(p_h)}{N}$$

$$= \frac{\sum_{h=1}^L N_h P_h}{N} = P$$

La varianza del estimador de la media es :

$$V\left(\frac{y}{y_e}\right) = \frac{\sum_{h=1}^L N_h^2 \sigma_{y_h}^2}{N^2} = \sum_{h=1}^L w_h^2 \sigma_{\bar{y}_h}^2$$

Ya que la varianza de la suma de constantes por variables aleatorias independientes es igual a la suma de los cuadrados de dichas constantes por las varianzas de los correspondientes variables aleatorias.

En éste caso las constantes son :  $N_h/N$  y los variables aleatorias las medias  $\bar{y}_h$ .

Sustituyendo los valores de la varianza de la media en cada estrato:

$$\sigma_{y_h}^2 = \frac{N_h - n_h}{N_h} \frac{S_h^2}{n_h}$$

tenemos:

$$\sigma_{\bar{y}_e}^2 = \frac{1}{N^2} \sum_{h=1}^L N_h (N_h - n_h) \frac{S_h^2}{n_h}$$

para el estimador del total:

$$\hat{\sigma}_{y_e}^2 = N^2 \sigma_{\bar{y}_e}^2 = \sum_{h=1}^L N_h (N_h - n_h) \frac{S_h^2}{n_h}$$

y para la proporción

$$\sigma_{p_e}^2 = \frac{1}{N^2} \sum_{h=1}^L N_h^2 \frac{N_h \cdot n_h}{N_h - 1} \frac{P_h \cdot Q_h}{n_h}$$

Como se ha dicho anteriormente, los valores poblacionales  $S_h^2$  son desconocidos en la práctica, entonces las varianzas se estiman mediante las fórmulas:

$$\hat{\sigma}_{\bar{y}_e}^2 = \frac{1}{N^2} \sum_{h=1}^L N_h (N_h - n_h) \frac{s_h^2}{n_h}$$

donde:

$$s_h^2 = \sum_{i=1}^{n_h} \frac{(y_{hi} - \bar{y}_h)^2}{n_h - 1}$$

-Afiación Proporcional: el tamaño  $n$  de la muestra se reparte entre los  $L$  estratos proporcionalmente a los tamaños de este, es decir :

$$n_h = k N_h$$

$$\sum_{h=1}^L n_h = k \sum_{h=1}^L N_h$$

$$n = kN \quad \text{luego} \quad k = \frac{n}{N}$$

por consiguiente,  $n_h = \frac{n}{N} N_h$  y  $\frac{n_h}{n} = \frac{N_h}{N}$

aquí  $w_h = W_h$ , es decir los pesos en cada estrato son iguales tanto en la muestra como en la población

Ya vimos que los estimadores en el muestreo estratificado aleatorio, eran: ,

$$\bar{y}_e = \sum N_h \bar{Y}_h / N = \sum W_h \bar{y}_h$$

$$\hat{Y}_e = N \bar{y}_e = \sum N_h \bar{y}_h = N \sum W_h \bar{y}_h$$

$$f_e = \sum N_h P_h / N = \sum W_h p_h$$

En particular cuando la afiación es proporcional, las fórmulas serán:

$$\bar{y}_e = \sum nh \bar{y}_h / n = \sum wh \bar{y}_h$$

$$\hat{Y}_e = N \sum wh \bar{y}_h$$

$$p_e = \sum nh p_h / n = \sum wh p_h$$

En este caso  $\bar{y}_e$  es un estimador autoponderado de  $\bar{Y}$ , es decir que se utiliza como estimador la misma media de la muestra,

$$\bar{y} = \frac{y}{n} = \sum \frac{y_h}{n} = \sum \frac{nh \bar{y}_h}{n}$$

Nota: en afijación proporcional solamente se puede usar  $wh$  como ponderación de  $\bar{y}_h$ . En otro caso  $\sum wh \bar{y}_h$  no será estimador insesgado de  $\bar{Y}$ .

Si sustituimos en las fórmulas anteriores para las varianzas de  $\bar{y}_e$ ,  $\hat{Y}_e$  y  $p_e$  los  $Nh$  por  $\left(\frac{N}{n}\right) nh$  tenemos:

$$\begin{aligned} \sigma_{\bar{y}_e}^2 &= \frac{1}{N^2} \sum \frac{N}{n} nh \left( \frac{N}{n} nh - nh \right) \frac{S_h^2}{nh} \\ &= \frac{N-n}{N} \sum \frac{wh S_h^2}{n} \end{aligned}$$

y para la proporción :

$$\sigma_{p_e}^2 = \frac{N-n}{N} \frac{1}{nN} \sum \frac{N h^2 P_h Q_h}{N h - 1}$$

$$\approx \frac{N-n}{N} \frac{1}{n} \sum w_h P_h Q_h$$

Afijación Óptima: esta afijación para un tamaño de muestra  $n$  de la muestra, produce resultados más precisos, es decir, con menor error de muestreo.

Como se nota anteriormente, la varianza de la media en el muestreo - es tratificado aleatorio era :

$$\sigma_{\bar{y}_e}^2 = \frac{1}{N^2} \sum N_h (N_h - n_h) \frac{S_h^2}{n_h}$$

Entonces, se trata de establecer qué valores de  $n_h$  hacen mínima la expresión anterior, con la condición  $\sum n_h = n$ , es decir, suponiendo prefijado el tamaño de muestra. Para hallar el mínimo ( ó máximo ) de una expresión  $f(x_1, x_2, \dots, x_L)$  condicionado a un sistema de ecuaciones :

$$B_i (x_1, x_2, \dots, x_L) = 0 \quad i = 1, 2, \dots, r$$

$$r \leq L - 1$$

hacemos uso de los multiplicadores de Lagrange.

Para ello se deriva la expresión:

$$\Psi = f(x_1, \dots, x_L) + \lambda_1 B_1(x_1, \dots, x_L) + \dots + \lambda_r B_r(x_1, \dots, x_L)$$

con respecto a  $x_1, \dots, x_L$ , se igualan a cero las  $L$  derivadas y se utiliza éste sistema de ecuaciones junto con los  $r$  de condiciones para hallar los  $L + r$  incógnitos  $x_1, \dots, x_L, \lambda_1, \dots, \lambda_r$

En particular, para una sola ecuación de condición será:

$$\Psi = f + \lambda g = 0$$

y el sistema

$$\frac{\partial \Psi}{\partial x_h} = 0$$

$h=1, \dots, L$

$$g(x_1, \dots, x_L) = 0$$

Aplicando el método anterior a la expresión:

$$\frac{1}{N^2} \sum_{h=1}^L N_h (N_h - n_h) \frac{S_h^2}{n_h}$$

Condicionada por  $n_1 + \dots + n_L = n$ , tenemos que derivar:

$$\Psi = \frac{1}{N^2} \sum N_h (N_h - n_h) \frac{S_h^2}{n_h} + \lambda (n_h - n)$$

con respecto a  $n_1, \dots, n_L$ . Igualando a cero éstas derivadas, tenemos el sistema de  $L + 1$  ecuaciones.

$$\frac{\partial \Psi}{\partial n_1} = \frac{1}{N^2} \frac{N_1^2}{n_1^2} S_1^2 + \lambda = 0$$

$$\frac{\partial \Psi}{\partial n_L} = \frac{-1}{N^2} \frac{N_L^2}{n_L^2} S_L^2 + \lambda = 0$$

$$n_1 + n_2 + \dots + n_L = n$$

Igualando los valores de  $\lambda$ , sacando raíces cuadradas y teniendo en cuenta la última ecuación, tenemos :

$$\frac{n_1}{N_1 S_1} = \frac{n_2}{N_2 S_2} = \dots = \frac{n_L}{N_L S_L} = \frac{nh}{N_h S_h} = \frac{n}{\sum N_h S_h}$$

y por tanto

$$nh = \frac{n N_h S_h}{\sum N_h S_h}$$

Como se ve en esta afijación óptima, el tamaño de muestra para cada estrato es proporcional al producto del tamaño de este estrato,  $N_h$ , por su variabilidad.

En particular si  $S_1 = \dots = S_L$  la afijación será proporcional.

Luego la afijación óptima da resultados más precisos ya que no solo tiene en cuenta el tamaño de cada estrato, sino también su variabilidad, de tal forma que si un estrato tiene pocos elementos y estos son muy variables, puede requerir mayor representatividad en la muestra.

Sustituyendo los valores obtenidos en la fórmula que nos da la varian-

za de la media, tenemos:

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{N^2} \sum Nh^2 \frac{Sh^2}{\left( \frac{n}{NhSh} \right) \cdot NhSh} - \frac{1}{N^2} \sum NhS^2h$$

$$\sigma_y^2 = \frac{(\sum WhSh)^2}{n} - \frac{1}{N} \sum Wh S^2h$$

Y el error de muestreo se obtiene con la extracción de la raíz cuadrada de la expresión anterior:

La varianza del total será:

$$\sigma_{y_e}^2 = \frac{(\sum Nh Sh)^2}{n} - \sum (Nh Sh^2)$$

Y para la proporción:

$$\sigma_{p_e}^2 \approx \left( \sum Wh \sqrt{Ph Qh} \right)^2 - \frac{1}{N} \sum Wh Ph Qh$$

Esta afijación es utilizada si hay grandes diferencias de variabilidad en los estratos. Si conocemos una variable  $x_1$  auxiliar, correlacionada con  $y_1$ , puede ser útil la afijación que toma  $nh$  proporcional a los productos  $Nh Sh \sqrt{1 - Rhxy}$ , donde  $Rhxy$  es el coeficiente de correlación entre  $y_1$  y  $x_1$  en el estrato  $h$ .

Tamaño de Muestra:

1. En el caso general, fijamos el error máximo admisible y el coeficiente  $k$  correspondiente al grado de seguridad  $P_k$ .

$$e^2 = k^2 \int \frac{2}{y_e} = k^2 \frac{1}{N^2} \sum_{n=1}^L N_h (N_h - n_h) \frac{S_h^2}{n_h}$$

$$= k^2 \left( \sum \frac{W_h^2 S_h^2}{n_h} - \frac{\sum W_h S_h^2}{N} \right)$$

haciendo  $n_h = n w_h$  y dividiendo por  $k^2$

$$\frac{e^2}{k^2} = \sum \frac{W_h^2 S_h^2}{n w_h} - \frac{\sum W_h S_h^2}{N}$$

$$n = \frac{\sum \frac{W_h^2}{w_h} S_h^2}{\frac{e^2}{k^2} + \frac{\sum W_h S_h^2}{N}}$$

luego para calcular  $n$ , debemos conocer los tamaños de los estratos,  $N_1, \dots, N_L$  que nos permiten calcular  $W_h = N_h/N$ .

- La precisión prefijada, representada por el error máximo admisible.
- Grado de confianza  $P_K$ , representado por  $K$ .
- Variabilidad de cada estrato  $S_h^2$
- El peso  $w_h = n_h/n$  correspondiente a cada estrato en la muestra.

3/10

2. Para el caso de afijación proporcional el tamaño de muestra será :

$$n = N \frac{\sum N_h S^2_h}{\frac{e^2}{k^2} + \sum N_h S^2_h}$$

3. Para determinar el tamaño de la muestra con afijación óptima, partimos de la ecuación básica

$$e^2 = k^2 \sqrt{\frac{2}{y_e}} = k^2 \left[ \frac{(\sum W_h S_h)^2}{n} - \frac{1}{N} \sum W_h S^2_h \right]$$

de donde

$$n = \frac{(\sum W_h S_h)^2}{\frac{e^2}{k^2} + \frac{1}{N} \sum W_h S^2_h}$$

luego es necesario conocer  $W_h$ ,  $S^2_h$ , el máximo error absoluto admisible y el valor de  $k$ .

Si  $N$  es suficientemente grande con respecto a  $\sum W_h S_h^2$  tendríamos aproximadamente.

$$n = \frac{k^2}{e^2} (\sum W_h S_h)^2$$

366

## B I B L I O G R A F I A :

1. Poch Azorin. Curso de Muestreo y Aplicaciones.  
Aguilar, S. A. De Ediciones, Juan Bravo, 38,  
Madrid ( España), 1969 .
  
- 2' Calero V, Aristides. Técnicas de Muestreo,  
Editorial Pueblo y Educación. La Habana.
  
3. Dixon y Massey. Introducción al Análisis Estadístico.  
McGraw-Hill. Book Company, Inc. New York, 1966.
  
4. Raj, Des. The Desing of Sample Surveys.  
McGraw -Hill Book Company. Mew York.
  
5. Cochran, William. And Cox, Gertrude.  
Experimental Designs. Second Edition.  
New York, John Wiley & Sons, Inc. London.

La propiedad intelectual de este material pertenece al Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. El ICA autoriza la reproducción total ó parcial siempre y cuando se cite el título y página de esta publicación y se indique que la obra se puede obtener directamente en el ICA, Apartado Aéreo 51764 de Medellín, PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARA FINES COMERCIALES. ( Resolución No. 758 del 6 de mayo de 1.976 ).

Publicación del ICA

Código: 04-3.2-043-81

Sección de Comunicación, Regional 4

Apartado Aéreo: 51764, Medellín

Ejemplares: 150

Se terminó de imprimir en Octubre de 1.981

MATERIAL PRELIMINAR SIN EDICION

368