AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT
WASHINGTON, D. C. 20523

BIBLIOGRAPHIC INPUT SHEET

FOR AID USE ONLY

1. SUBJECT CLASSIFICATION

A. PRIMARY: Agriculture — AF00-0150-G302

B. SECONDARY: Plant production--Cereals--Rice--Latin America

2. TITLE AND SUBTITLE

Tecnicas agronomicas para optimizar el potencial productivo de las nuevas variedades de arroz en America Latina

3. AUTHOR(S)

Sanchez,P.A.

4. DOCUMENT DATE	5. NUMBER OF PAGES	6. ARC NUMBER
1972	17p.	ARC LAT633.18.S211a

7. REFERENCE ORGANIZATION NAME AND ADDRESS

N.C.State

8. SUPPLEMENTARY NOTES *(Sponsoring Organization, Publishers, Availability)*

(In CIAT. Politicas arroceras en America Latina,p.27-43)

9. ABSTRACT

10. CONTROL NUMBER	11. PRICE OF DOCUMENT
PN-RAA- 311	
12. DESCRIPTORS	**13. PROJECT NUMBER**
Latin America Rice Varieties	**14. CONTRACT NUMBER** CSD-2806 Res.
	15. TYPE OF DOCUMENT

AID 590-1 (4-74)

8

PA4

Reimpreso de la publicación: POLITICAS ARROCERAS EN AMERICA LATINA. Noviembre 1972. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Ap. Aéreo 67-13. Cali, Colombia.

TECNICAS AGRONOMICAS PARA OPTIMIZAR EL POTENCIAL PRODUCTIVO DE LAS NUEVAS VARIEDADES DE ARROZ EN AMERICA LATINA

Pedro A. Sánchez
Profesor Asistente
Departamento de Ciencias del Suelo
Universidad del Estado de Carolina
del Norte, Raleigh, NC, USA, y
ex-Colider del
Programa Nacional de Arroz de Perú.

TECNICAS AGRONOMICAS PARA OPTIMIZAR EL POTENCIAL PRODUCTIVO DE LAS NUEVAS VARIEDADES DE ARROZ EN AMERICA LATINA

Pedro A. Sánchez
Profesor Asistente
Departamento de Ciencias del Suelo
Universidad del Estado de Carolina del Norte, Raleigh, NC, USA, y
ex-Colider del
Programa Nacional de Arroz de Perú.

El cambio drástico en la arquitectura de la planta de arroz, llevado a cabo en el Instituto Internacional de Investigaciones de Arroz en 1966, revolucionó la producción de este cereal en todo el mundo. En algunos países de los trópicos latinoamericanos ya se cultivan intensamente varias variedades de arroz de estatura corta. El cambio de las variedades de tallo alto, susceptibles a la tumbada o acame y de baja relación grano-paja a las variedades de talla corta, resistentes al volcamiento y de alta relación grano-paja, como el IR8, ha incrementado sustancialmente los redimientos a nivel de agricultor. Cuando los agricultores manejan las nuevas variedades en la misma forma que lo hacen con las viejas, a veces obtienen aumentos en el rendimiento que son muy limitados o bien, ningún incremento. Para lograr el máximo de rendimientos y ganancias con las nuevas variedades, se deben aplicar diferentes prácticas de cultivo, algunas de las cuales requieren una inversión adicional y un control más preciso. El propósito de este trabajo es el de ilustrar la respuesta de distintas variedades a algunas prácticas culturales específicas, como ejemplo de la clase de información que se necesita para maximizar los rendimienos en cada zona en donde se cultiva el arroz.

En la América Latina tropical, el arroz es el tercer producto alimenticio que se consume en más grandes cantidades, después de la yuca y el maíz, de acuerdo con las estimaciones contenidas en un informe de la FAO (FAO, 1965). Más del 75 por ciento del arroz en América Latina se produce en condiciones de secano, caracterizado por siembra directa y dependencia de las lluvias (Brown, 1969). Aproximadamente el 21 por ciento del área total de arroz se cultiva en siembra directa bajo riego (Cuadro 1). El trasplante se practica en el 4 por ciento restante (cerca de 235.000 ha) incluyendo el 60 por ciento de Perú, República Dominicana y Surinam, y apreciables secciones de Ecuador y Venezuela. Con un área de cultivo cercana a los cinco millones de hectáreas, América Latina tiene un promedio de rendimiento de 1.72 ton/ha, o sea, menor que el promedio mundial de 2 ton/ha. Los promedios nacionales varían de 1.1 a 4.1 ton/ha.

EPOCAS DE SIEMBRA EN RELACION A CONDICIONES CLIMATICAS

El arroz es muy sensible a los factores lluvia, radiación solar y bajas temperaturas. Aunque es muy poco lo que el hombre puede hacer para modificar el clima, él puede contribuir a que su cosecha de arroz aproveche las mejores condiciones atmosféricas sembrándolo en su época óptima para un área determinada.

Arroz de secano y distribución de lluvias. La precipitación total y su distribución durante el período del crecimiento de la planta constituye el factor limitante más importante que afecta la producción de arroz de secano. Por razones todavía no entendidas, se sabe que la planta de arroz sufre por falta de agua en suelos con contenido de humedad más altos que en otros cultivos. (Jana y De Datta, 1971). El arroz de secano se cultiva en áreas y durante épocas de lluvias fuertes puesto que la cosecha depende enteramente de las lluvias. Estas áreas tienen precipitaciones por lo menos de 200 mm al mes, (Brown, 1969; Kawano, **et al.**, 1971). El comportamiento del IR4-2, una variedad de tallo corto y el Carolino, una variedad local de tallo largo, han sido comparados durante dos años bajo condiciones de secano, en Yurimaguas, Perú (Figura 1). Esta figura muestra que, cuando la distribución mensual de las lluvias fue adecuada, como en las siembras de septiembre y noviembre, el IR4-2 produjo entre 4 y 6 ton/ha mientras que el Carolino produjo entre 2 y 3 ton/ha. Durante los períodos de deficiente distribución de lluvias (siembras de mayo y junio), el IR4-2 rindió 1 ton/ha y el Carolino 0.5 ton/ha. Estos da-

Cuadro 1. — Proporciones relativas bajo diferentes sistemas de cultivo en los principales países o regiones productoras de arroz en América Latina (1960 - 64).

País*	% de siembras de secano en siembra directa, dependientes en el agua de lluvia	% siembra directa, con irrigación	% transplantado	Rendimientos promedios Tons/ha
Brasil	77	22	1	1.7
Colombia	65	35	0	2.2
Guyana	55	40	5	2.1
México	25	70	5	2.2
Panamá	95	5	0	1.1
Ecuador	63	2	35	1.5
Perú	21	10	69	4.1
América Central	90	10	0	1.3
Venezuela	80	2	18	1.8
Total para América Latina	75	21	4	1.7

* Ordenados de acuerdo con la extensión de las áreas sembradas con arroz.

tos demuestran que los rendimientos en siembras de secano siguen el patrón de las lluvias y que, en todos los casos el rendimiento de la nueva variedad fue de aproximadamente el doble al de la variedad común. Ambas variedades se cultivaron bajo condiciones idénticas pero los tipos de planta de menor estatura produjeron más macollas, más grano en relación a la paja y mostraron resistencia al volcamiento. Es interesante notar que a pesar de que las variedades de tallo corto fueron desarrolladas bajo condiciones de inundación y trasplante, éstas también resultan rendir más, bajo condiciones de secano (Nureña et al., 1970; De Datta y Beachell, 1971). Sin embargo, las nuevas variedades deben tener por lo menos una tolerancia moderada al añublo del arroz causado por **Pyricularia oryzae**, lo mismo que a otras enfermedades y plagas antes de que puedan competir con las variedades tradicionales.

Arroz irrigado y radiación solar. En áreas tropicales cálidas el principal factor climatérico asociado con el comportamiento del arroz inundado es la cantidad de energía solar recibida durante la fase reproductiva del arroz (De Datta y Zárate, 1970). Los niveles de radiación solar aproximan el máximo durante días claros, sin nubes, y están directamente relacionados con la actividad fotosintética y la respuesta al nitrógeno. La Figura 2 muestra el comportamiento de las variedades IR8 y H4, la última una variedad de tallo alto susceptible al volcamiento, en diferentes fechas de siembra y bajo dos niveles de nitrógeno, en un experimento llevado a cabo en Filipinas bajo condiciones de inundación constante. Como en el caso anterior, los rendimientos del tipo de planta baja fueron considerablemente superiores a los del H4. Bajo estas condiciones, se obtuvieron los máximos rendimientos cuando los índices de radiación solar durante la fase reproductiva eran más altos, lo cual ocurrió cuando los cultivos florecieron durante el clímax de la estación seca. Con niveles bajos de fertilización de nitrógeno (30 kg N/ha), el H4 produjo mayores rendimientos que con 120 kg N/ha, debido a que este tipo de planta responde al nitrógeno aumentando su área foliar, causando el sombrío mutuo de las hojas, eventualmente volcamiento y subsiguientes pérdidas en el rendimiento. Las variedades resistentes al volcamiento, como el IR8, pueden combinar el nitrógeno adicional con el incremento de actividad fotosintética estimulada por la alta radiación solar, dando como resultado mayor cantidad de macollas, más panículas y por lo tanto mayores rendimientos. Esta figura también demuestra que para obtener rendimientos máximos con las nuevas variedades, éstas deben recibir dosis más altas de nitrógeno.

Duración del crecimiento y temperaturas bajas. Recientemente se ha descubierto que las temperaturas bajas pueden limitar el crecimiento del arroz en el trópico debido a que esta planta sufre cuando la temperatura media mensual está por debajo de 20° ó 21° C. En la Costa de Perú, la Corriente de Humboldt produce bajas temperaturas las cuales son suficientes para producir esterilidad de la espiguilla al momento de floración. Las variedades tradicionales, de tallo alto como Minabir y Mochica, aunque son de más rendimiento que otras

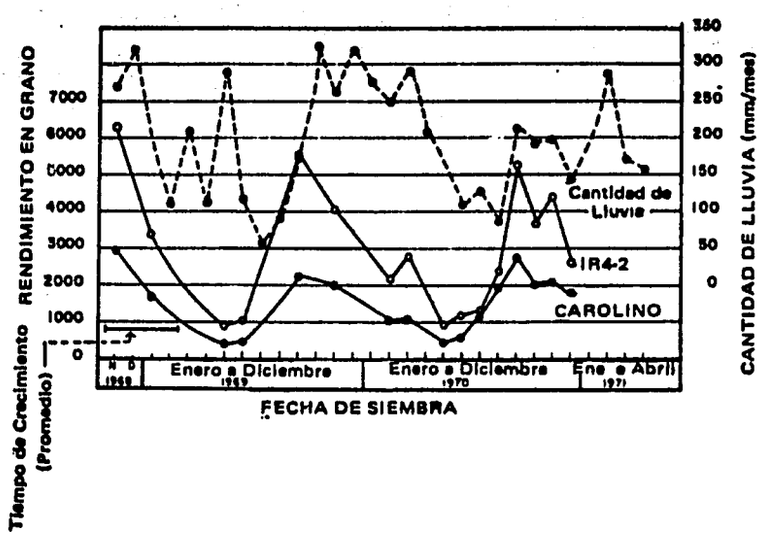

Figura 1. Comportamiento del IR4-2, un tipo de tallo corto y la variedad local Carolino en función de la fecha de siembra bajo condiciones de secano y con disponibilidad de agua. Yurimaguas 1968-71 (Kawano, Sánchez, Nureña y Vélez, 1971).

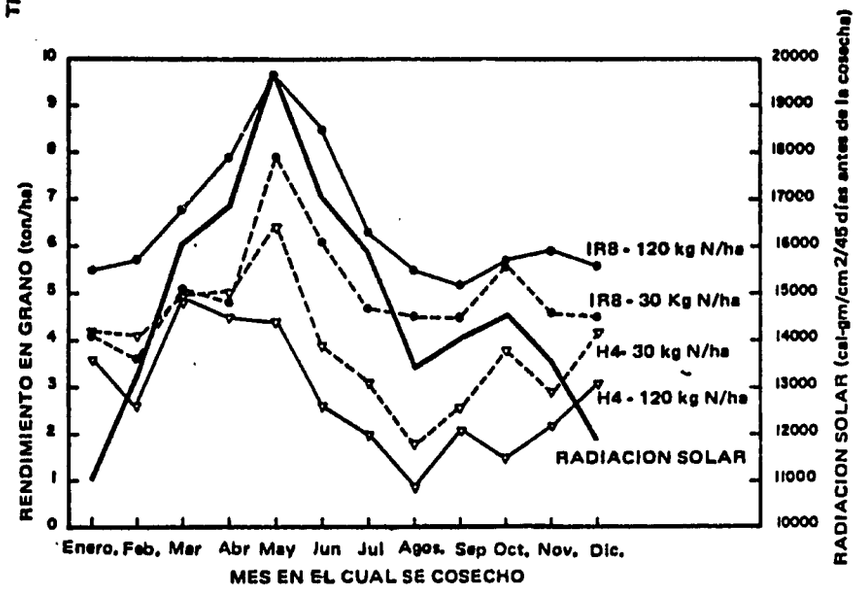

Figura 2. Los efectos de la radiación solar y las aplicaciones de nitrógeno en el comportamiento de una variedad de tallo corto (IR8) y otra de tallo largo (H4) en Los Baños, Filipinas. 1968-1969. Adaptado de una información presentada por De Datta y Zarte (1970).

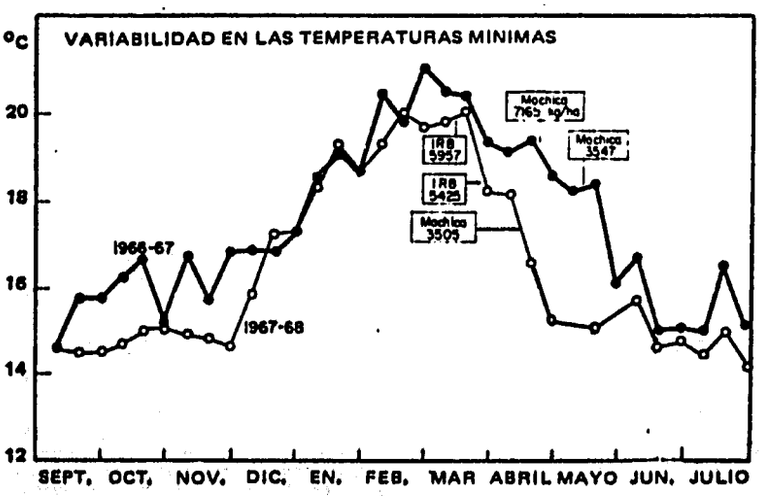

Figura 3. El efecto de la variabilidad mínima en la temperatura y fechas de floración en los rendimientos de arroz en dos épocas de cosecha en Lambayeque, Perú. Media de las temperaturas mínimas en períodos de 10 días. (Sánchez, 1969).

similares, tienen la desventaja de ser muy tardías. Un ensayo de dos fechas de siembra se efectuó durante dos años en Lambayeque, Perú (Figura 3). La campaña 1966-67 tuvo un régimen normal de temperatura durante el cual la variedad Mochica produjo 7.16 ton/ha cuando floreció a fines de abril, pero cuando la floración se demoró tres semanas y la temperatura bajó, él rendimiento se redujo a 3.55 ton/ha. En la campaña siguiente, 1967-68, las temperaturas comenzaron a descender con anterioridad. La primera siembra de Mochica floreció casi el mismo día que el año anterior, pero produjo 3.5 ton/ha. La segunda fecha de siembra floreció bajo condiciones de temperaturas muy bajas y produjo 0.47 ton/ha. La variedad IR8, la cual se introdujo ese año, se sembró durante las mismas épocas que Mochica. Siendo menos tardía, IR8 floreció entre 30 y 45 días antes que Mochica, evitando así los períodos de bajas temperaturas y produciendo 5.9 y 5.4 ton/ha, respectivamente, en las dos fechas de siembra. En la situación descrita, la ventaja de los nuevos tipos de planta es su maduración más temprana en relación con las variedades anteriormente utilizadas, puesto que IR8 no resiste las temperaturas bajas. Las nuevas variedades no son siempre más precoces pero, cuando lo son, poseen una ventaja adicional de gran importancia. Esta característica ha jugado un papel decisivo en alcanzar el autoabastecimiento arrocero de Perú.

Las nuevas variedades de estatura baja, así como las tradicionales, deben sembrarse en épocas más adecuadas. A diferencia de las variedades tradicionales, las nuevas variedades pueden aprovechar mejor las ventajas climatológicas o bien, reducir los riesgos de disminución de cosecha debido a la influencia del clima.

SISTEMAS, DENSIDADES DE SIEMBRA Y DISTANCIAMIENTOS

Sistemas de secano. En las áreas más primitivas de cultivo en secano la semilla se siembra con espeque o tacarpo* dejando caer varias semillas en huecos espaciados irregularmente, a una distancia promedia de 50 cms entre huecos. El uso de maquinaria está limitado por la abundancia de troncos de árbol y de ramas caídas que dificultan la labor del equipo. La experimentación ha demostrado que, al disminuir el espacio entre huecos a 25 x 25 cms, se aumentan sustancialmente los rendimientos (Figura 4). Aunque este hecho favoreció a las dos variedades, la combinación de menor distanciamiento con el empleo de una variedad de tallo corto cuadruplicó el rendimiento que se obtenía con las variedades convencionales y sus correspondientes prácticas de cultivo en Yurimaguas (Nureña, 1971).

En sistemas de secano, en los cuales se puede mecanizar la siembra, la mayor parte de las plantaciones que este autor tuvo la oportunidad de observar, habían sido sembradas en hileras con distanciamiento excesivo (40-70 cms de separación). La Figura 4 muestra también que la reducción del distanciamento de 50 a 25 cms es beneficioso cuando se utiliza este sistema de siembra. Los espacios menores reducen la competencia de las malezas y facilitan la uniformidad de cosecha. Sin embargo se supone que en algunas áreas, al reducir el espacio entre plantas, se estimula el desarrollo del añublo causado por **Pyricularia oryzae**, debido a un microclima más húmedo. Dos experimentos, con la misma densidad de siembra y distanciamientos, sembrados en Yurimaguas, con y sin ataque de añublo, mostraron que estos factores no tenían influencia en la intensidad del ataque del hongo (Sánchez y Nureña, 1970).

Varios experimentos sobre densidad de siembra efectuados en secano en Perú (Salhuana y Sánchez, 1969; Sánchez y Nureña, 1970; Vélez, 1970; Nureña, 1971; Zumaeta y Barba, 1971) mostraron muy poca influencia de la densidad de semilla en los rendimientos dentro del rango de 25 a 100 kg/ha. La experiencia local es generalmente la mejor guía. La capacidad de macollamiento tiende a compensar los efectos iniciales de la densidad de semilla. Las cantidades excesivas de semilla por hueco, en áreas de cultivo de secano, decrecen marcadamente los rendimientos estando entre 5 y 10 semillas el óptimo para las condiciones de Yurimaguas, Perú (Nureña, 1971).

Sistemas de siembra directa bajo riego. El arroz sembrado directamente, con irrigación, se cultiva en diferentes formas en América Latina: se siembra en hileras a mano o con tractor; la semilla seca se siembra al voleo en suelo seco; o las semillas pregerminadas se siembran al voleo en suelos inundados, generalmente por avión. En todos los casos, los objetivos son los mismos: producir un número óptimo de panículas por metro cuadrado y evitar el sombrío mutuo. La capacidad de macollamiento de la variedad, su altura, los niveles de nitrógeno y de radiación solar, son los principales factores que definen este punto óptimo.

Experimentos sobre densidad de siembra efectuados en Brasil, Perú y Colombia han demostrado la poca influencia de esta variable sobre los rendimientos dentro de un amplio margen de 60 a 200 kg/ha, tanto para las variedades de estatura alta (Gomes y Miranda,

* Herramienta rudimentaria hecha con un pedazo de madera o rama de árbol, con punta en un extremo, con la cual se abren huecos en la tierra para depositar la semilla. — (N. del E.)

1963; Salhuana y Sánchez, 1969) como de estatura baja (Caballero y Paredes, 1971; Cheaney, 1971; Sánchez y Larrea, 1971). Ciertas condiciones adversas, como son deficiencias en nivelación de tierra, excesiva salinidad del suelo o acidez, generalmente requieren mayores cantidades de semilla por unidad de superficie. En casi todas las circunstancias, la capacidad de macollamiento compensa las bajas poblaciones de plantas que se presentan inicialmente, en variedades de baja estatura.

Como en el caso del arroz en secano, el distanciamiento entre plantas es probablemente el factor dominante. En América Latina, la mayor parte de los campos de arroz de siembra directa bajo riego, muestran evidencia de distanciamientos excesivos. Un experimento efectuado en Lambayeque, Perú (Figura 5) muestra grandes aumentos en los rendimientos cuando se redujo el espacio entre hileras de 33 a 17 cm tanto en la variedad IR8, de tallo corto y alta capacidad de macollamiento, como en la variedad SML-Apura de talla alta y baja capacidad de macollamiento. El distanciamiento óptimo para un área dada guarda mucha relación con la radiación solar, el nivel de nitrógeno y el tipo de planta. Altos niveles de radiación solar, como el caso de Lambayeque, disminuyen la altura de las plantas y permiten la máxima utilización de luz al sembrar con menor distanciamiento. Las altas dosis de nitrógeno aumentan el área foliar y en los casos de plantas de estatura alta, esta condición puede causar sombrío mutuo y volcamiento. En general las variedades altas y de mucha área foliar, requieren mayor distanciamiento entre plantas que las cortas con hojas erectas.

Las diferencias entre sistemas de siembra para el arroz de siembra directa son pequeñas, bajo condiciones controladas. La selección del sistema más adecuado depende generalmente de las características de manejo del terreno, del agua y del equipo disponible. El Cuadro 2 muestra el comportamiento de una variedad corta y otra alta en siete diferentes métodos de siembra en Lambayeque, Perú. No se observaron diferencias de rendimiento entre la siembra en surcos de 17 cm y al voleo en suelos secos y húmedos. Los rendimientos de la variedad enana se redujeron cuando se aumentó el distanciamiento entre surcos a 25 cm. Sin embargo, esta práctica resultó benéfica para la variedad de estatura alta.

Sistemas de trasplante. El Cuadro 2 muestra que los sistemas de siembra directa, cuando son bien manejados, pueden dar resultados tan satisfactorios como el trasplante utilizando distanciamientos similares. Los mismos resultados han sido obtenidos por Adair **et al.**, 1943; IRRI, 1966; y, Sánchez y Larrea, 1971. Sin embargo, el trasplante se practica en más del 67 por ciento del área arrocera del mundo y en varias secciones importantes de América Latina. Algunos factores tradicionalmente favorecen el trasplante en estas áreas, como: la mejor sincronización entre el suministro de agua de riego y el crecimiento de variedades tardías; la necesidad de batir * el suelo para controlar las malezas y reducir pérdidas de agua; deficiente nivelación de las tierras; salinidad, etc. Bajo tales condiciones, la siembra directa no puede aventajar el trasplante a pesar de sus más bajos costos de mano de obra.

Uno de los puntos críticos que afecta los rendimientos en sistemas de trasplante es la edad de las plántulas al momento de ser trasplantadas. Una revisión de la literatura efectuada por Larrea y Sánchez (1971), indica que los agricultores arroceros del trópico transplantan las variedades tradicionales entre los 25 y los 120 días después de la siembra, aunque la

* También conocido como fangueo (puddling en inglés).

Cuadro 2. — Efectos de los sistemas de siembra sobre el comportamiento de dos variedades de arroz con tipo contrastante, en Lambayeque, Perú. Media de 4 densidades de siembra. Cantidad de N aplicado: 400 kg/ha (Larrea y Sánchez, 1971).

Sistema de siembra	IR305-3-15 (corto, alto retoño)	IR253-3-1-3 (alto, bajo retoño)
Sembrado en hileras de 25 cm	10.75	8.75
Sembrado en hileras de 17 cm	11.30	7.77
Sembrado al voleo en suelo seco y cubierto	11.64	7.38
Sembrado al voleo en suelo inundado sin charcos *	11.58	7.72
Sembrado al voleo en suelo inundado con charcos *	12.09	7.93
Transplantado a 25 x 25 cms **	10.52	7.82

* Semillas pregerminadas.

** Experimento adyacente con idéntico manejo.

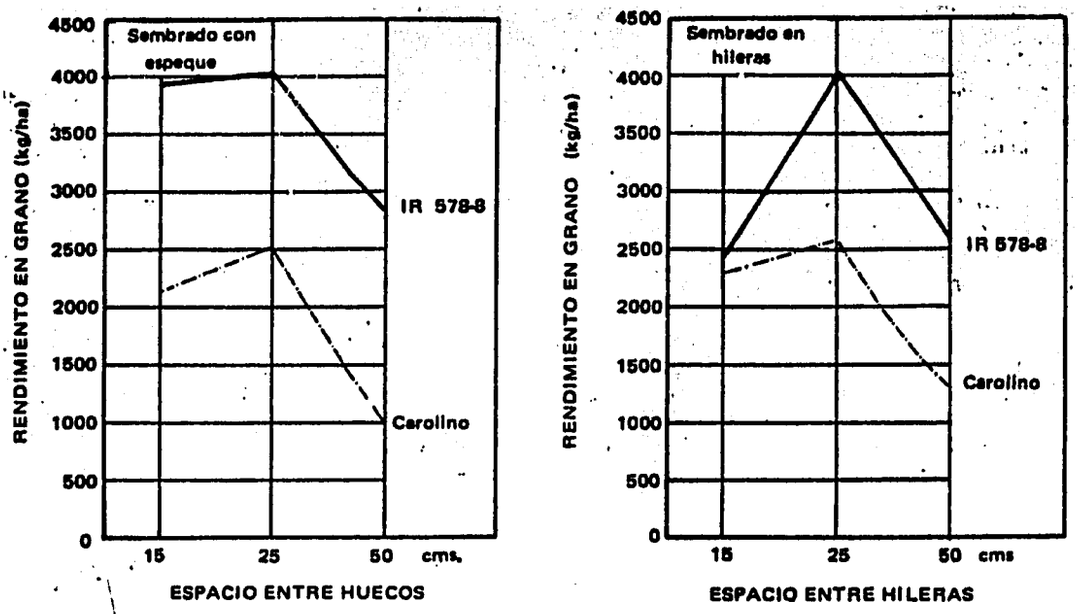

Figura 4. Efectos del espacio entre plantas en la siembra sobre los rendimientos en cultivos de secano con plantas de características contrastantes bajo sistemas de siembra mecanizados y sin mecanizar. Yurimaguas, Perú, 1970. (Nureña, 1971).

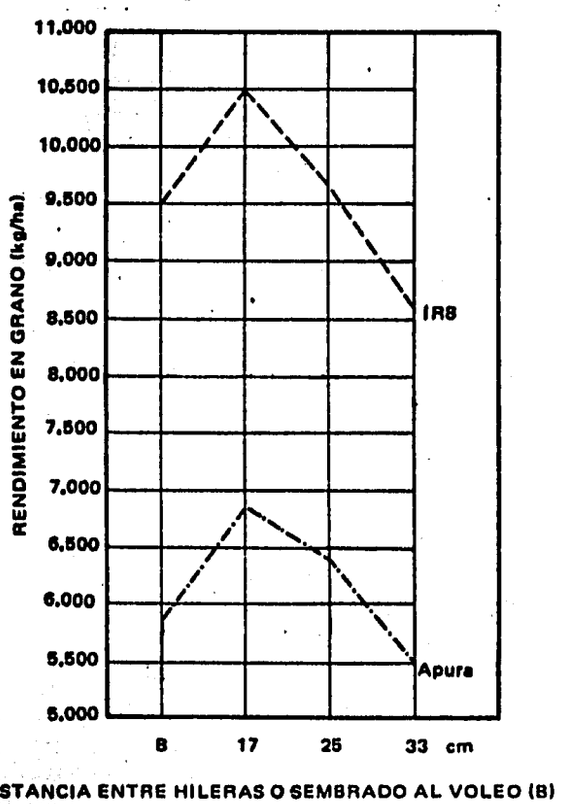

Figura 5. La influencia de la distancia entre las plantas en la siembra sobre el comportamiento de variedades con características contrastantes, en siembra directa, con irrigación y condiciones altas de radiación solar. Lambayeque, Perú, 1969-70. (Sánchez y Larrea, 1971).

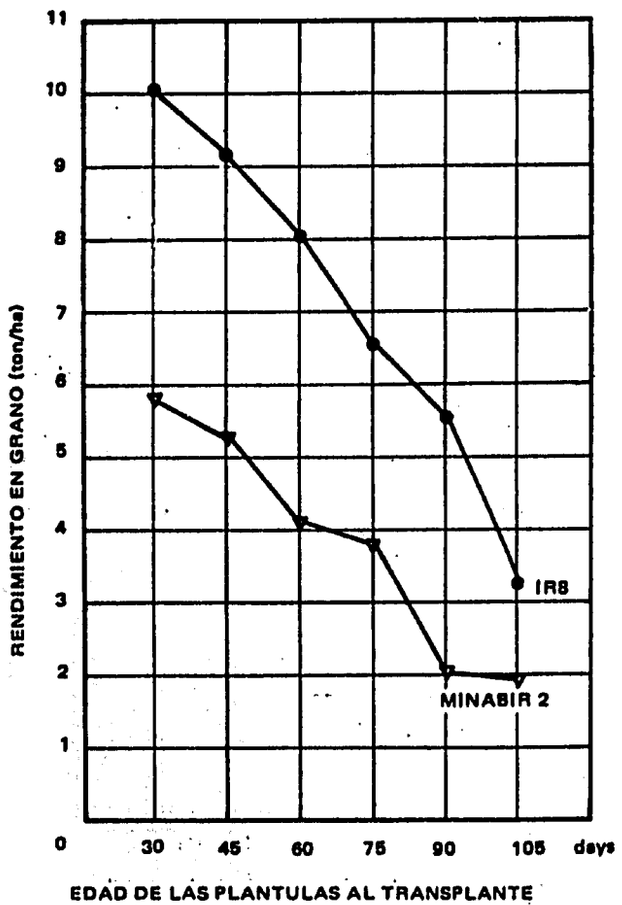

Figura 6. Efectos de la edad de la plántula en el comportamiento de variedades de tipos contrastantes. Media calculada con base en los resultados obtenidos en cuatro sitios, en los valles de Lambayeque y Jequetepeque, Perú.

evidencia experimental indica que los rendimientos óptimos se obtienen entre los 30 y 45 días. La razón principal para demorar el trasplante es la distribución errática del suministro de agua en más del 75 por ciento del área arrocera mundial. Una serie de estudios hechos en Perú demostró que descensos fuertes en rendimientos ocurren cuando el trasplante se atrasaba después de los 30 ó 45 días de edad, (Larrea y Sánchez, 1971; Gavidia y Ventura, 1971; Vergara, 1971). La Figura 6 muestra el comportamiento promedio de cuatro experimentos. Los rendimientos de IR8 disminuyen en un promedio de 92 kg/ha al día por la demora en el trasplante, mientras que en la variedad tradicional Minabir los rendimientos bajaron a razón de 52 kg/ha por día. Es importante observar que a pesar de que el IR8 es más sensible a estas demoras, sus rendimientos fueron siempre superiores a los de Minabir.

En la Figura 7 se condensa información aún sin publicar de Gavidia y Saavedra (1971) en la cual se muestra la respuesta diferencial a las densidades de trasplante en tipos de planta contrastantes. Mientras que la variedad de estatura alta y de alta capacidad de macollamiento, se comporta mejor a densidades bajas de trasplante, la variedad corta, de alta capacidad de macollamiento se comporta mejor en densidades más altas. De los dos componentes de densidad, la distancia entre golpes tiene más influencia que el número de plántulas por golpe. La interacción entre los distanciamientos al trasplante y fertilización con nitrógeno se muestra en el Cuadro 3. Se observaron pocas diferencias en rendimiento con bajos niveles de nitrógeno y distanciamientos amplios, pero a niveles altos de nitrógeno y distanciamientos menores, las diferencias de tipo de planta fueron considerables.

FERTILIZACION

Respuesta y manejo del nitrógeno. Posiblemente no hay otra práctica cultural que afecte tanto el rendimiento de las variedades de estatura corta como la fertilización nitrogenada. Como este tema ha sido discutido recientemente (Sánchez, 1971), solamente se mencionarán en este trabajo los puntos más importantes. En la Figura 8 se muestra la respuesta promedio en diez experimentos conducidos durante tres años bajo condiciones de trasplante e inundación intermitente en Lambayeque, Perú. Si bien ambos tipos de planta rindieron casi igual sin nitrógeno o con bajos niveles de este elemento, el IR8 respondió positivamente al aumento de dosis, duplicando los rendimientos de la parcela testigo al nivel más alto. La variedad alta Minabir respondió positivamente hasta 160 kg N ha y negativamente a dosis más altas debido al volcamiento y a la mayor incidencia del añublo del arroz. Los altos rendimientos y las dosis elevadas de nitrógeno que se utilizaron en este lugar se deben a los altos niveles de radiación solar y a las fuertes pérdidas de nitrógeno causadas por condiciones alternas de inundación y sequía. En el Valle del Magdalena, Colombia, Rosero y Moreno (1970) compararon la respuesta al nitrógeno de IR8 con la de la variedad Bluebonnet 50, que es alta y de baja capacidad de macollamiento, bajo condiciones de siembra directa e irrigación (Figura 9). Mientras que la Bluebonnet mostraba poca respuesta, la IR8 respondía económicamente a aplicaciones de 50 y 100 kg N ha. En condiciones de secano en Yurimaguas, Perú, Sánchez y Nureña (1970) obtuvieron respuestas positivas al nitrógeno con IR4-2 e IR8, mientras que no se observaron respuestas en las dos variedades altas tradicionales (Figura 10). Las amplias diferencias en las dosis óptimas entre estos tres ejemplos se deben principalmente a diferencias en la radiación solar, manejo de aguas y características del suelo. Como no existen métodos de análisis de suelo eficientes para determinar las dosis óptimas de N en el cultivo del arroz, se recomienda establecer estas dosis con experimentos que combinen los factores variedad-nitrógeno en cada una de las zonas arroceras y durante las distintas épocas de siembra en cada región o valle en donde se siembre arroz (Sánchez, 1971).

Cuadro 3. — Efectos del trasplante, espaciado y fertilización con nitrógeno en los rendimientos de algunas variedades de arroz (ton/ha), en Lambayeque, Perú. Fuente de información: Kawano y González (1971).

Variedad	Tipo de planta: Altura	Habilidad para retoñar	Aplicación de nitrógeno (kg N/ha): 80, 25 cms	80, 50 cms	320, 25 cms	320, 50 cms
IR8	Corta	Alta	7.82	6.78	11.17	8.61
Naylamp *	Corta	Alta	8.02	5.86	10.56	8.09
Minabir	Alta	Alta	8.22	7.37	8.40	7.97
Chiclayo	Alta	Baja	7.53	5.23	7.74	6.76

* Variedad recientemente distribuída en Perú, grano de alta calidad, obtenida de la selección IR930-2-6.

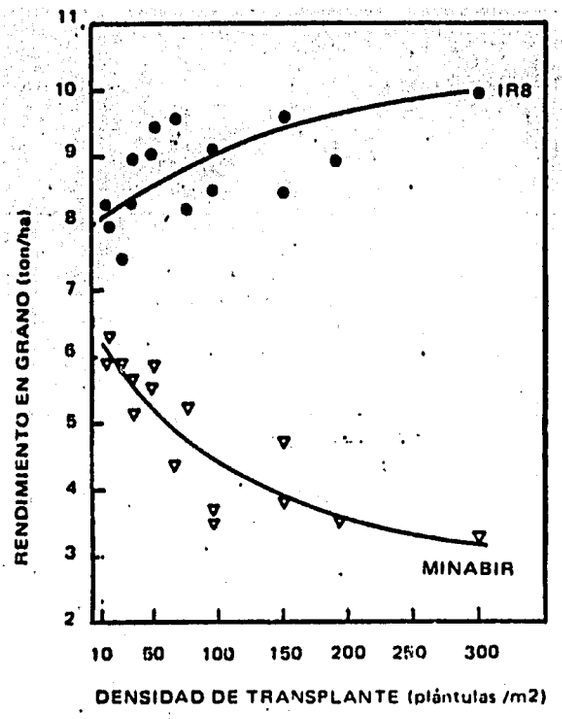

Figura 7. Influencia diferencial de la densidad de transplante en dos variedades de arroz de tipo contrastante. Lambayeque, Perú, 1970-71. Adaptado de: Gavidia y Saavedra (1971).

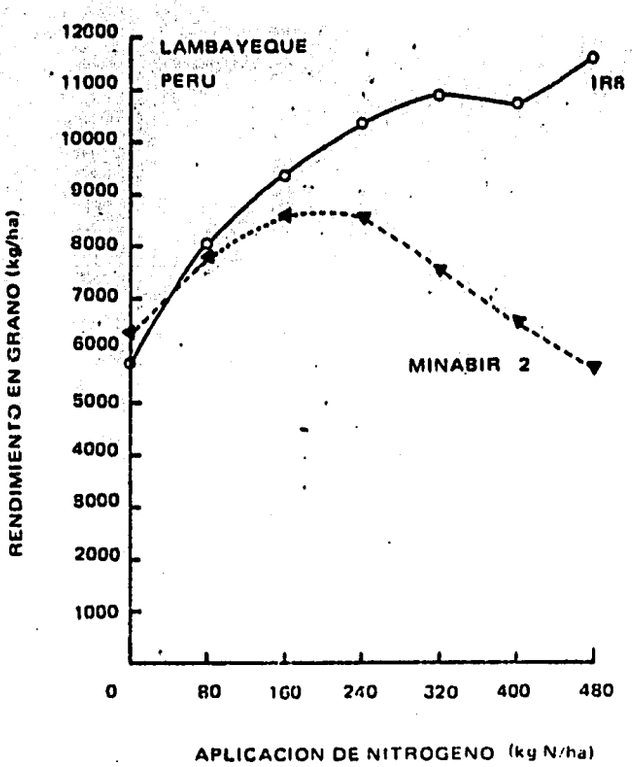

Figura 8. Reacción a la aplicación de nitrógeno de dos variedades bajo radiación solar alta e inundaciones intermitentes, en Lambayeque, Perú. Media obtenida de 10 experimentos hechos en el período 1968-71. (Sánchez, 1971).

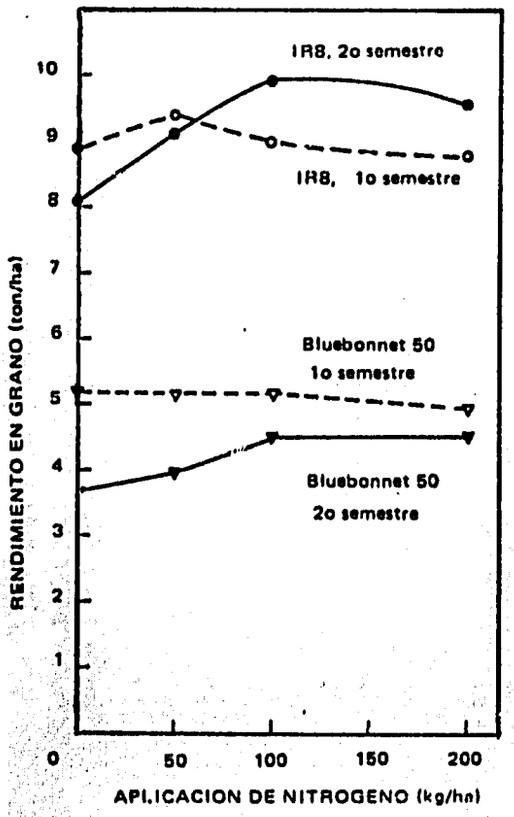

Figura 9. Respuesta varietal al nitrógeno y a las estaciones. Aracataca, Magdalena, Colombia. 1968. (Rosero y Moreno, 1970).

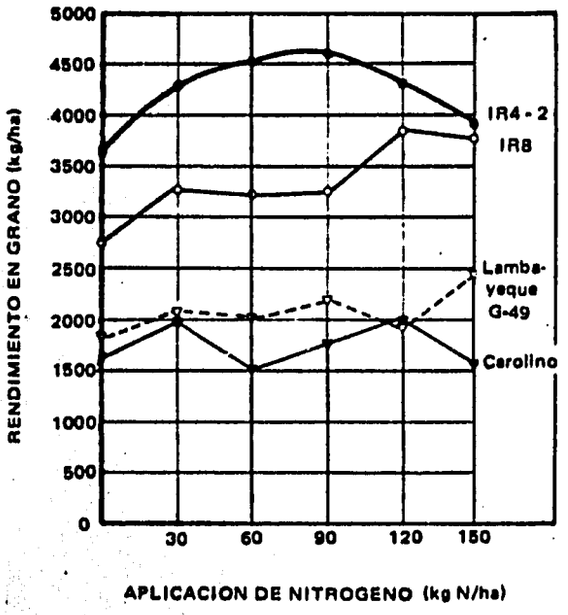

Figura 10. Patrones de respuesta al nitrógeno en cuatro variedades de arroz, en Yurimaguas, Perú, en plantaciones de secano. 1969-70. (Sánchez y Nureña, 1970).

Hay varios factores que afectan la eficiencia del uso de fertilizantes nitrogenados y por lo tanto, influyen la economía de esta práctica fundamental. En general, el arroz recupera del 40 al 60 por ciento del nitrógeno aplicado bajo inundación constante, pero solamente entre el 20 y 30 por ciento en condiciones alternas de inundación y sequía cuando se aplican prácticas de manejo recomendadas para inundaciones constantes. Las fuentes amoniacales tales como la urea o el sulfato de amonio son igualmente eficientes, aunque la urea es generalmente más barata. Las fuentes a base de nitratos sin embargo, son extremadamente ineficientes en el cultivo del arroz debido a la desnitrificación y pérdidas por lixiviación bajo condiciones de inundación constante o intermitente. Las investigaciones llevadas a cabo en Perú por Ramírez y Sánchez (1971) indican que del 35 al 40 por ciento del N aplicado como úrea o sulfato de amonio se recuperó mientras que la recuperación para el nitrato de sodio fue del 7.8 por ciento (Figura 11). Se llevaron a cabo experimentos para evaluar el potencial de fertilizantes de nitrógeno de lenta disponibilidad, principalmente las ureas revestidas de azufre. Las evidencias hasta la fecha indican que estas fuentes de nitrógeno no son mejores que las ya conocidas fuentes amoniacales bajo condiciones de inundación constante, pero, parecen tener futuro para las condiciones de inundación intermitente o de secano..

Otra forma de sincronizar las necesidades de nitrógeno de la planta con la disponibilidad en el suelo cuando se presentan fuertes pérdidas de lixiviación o denitrificación es mediante la regulación apropiada de la época de aplicación de N. En las condiciones de manejo incierto del agua en América Latina, las aplicaciones hechas a la siembra o al trasplante resultan muy ineficientes (Sánchez y Calderón, 1971; Cheaney, 1971). La Figura 12 muestra que los rendimientos casi se duplicaron al demorar las aplicaciones únicas o fraccionadas. También, la recuperación del nitrógeno y las ganancias obtenidas casi se duplicaron con la mencionada práctica. Las épocas óptimas de aplicación de nitrógeno están muy influenciadas por las condiciones locales; solamente la experimentación local puede dar respuestas prácticas a los agricultores.

Respuestas a otros nutrientes. Con la excepción de los oxisoles o ultisoles ácidos, altamente lixiviados y de suelos derivados de cenizas volcánicas, en raras ocasiones el arroz responde a otros elementos. No se observaron respuestas al fósforo y al potasio en 38 experimentos efectuados por Carmen (1968) en distintos lugares de Perú, ni en 11 experimentos efectuados en Colombia por el Programa Nacional de Arroz (ICA, 1970), ni en 13 experimentos en suelos aluviales del nordeste de Brasil (Vasconcelos y Almeida, 1966). Ocasionalmente se observan respuestas al fósforo en Río Grande do Sul, Brasil (Patella, 1962).

Sin embargo, las respuestas al fósforo son abundantes en arroz de secano en el Campo Cerrado de Brasil (Miranda y Freire, 1962; Oliveira **et al.**, 1964, 1965, 1966) y en los Llanos Orientales de Colombia (Owen, 1970). Miranda y Freire observaron además que las respuestas del arroz de secano a aplicaciones de fósforon eran mucho menor que con maíz y algodón en los mismos suelos. Las aplicaciones de cal son de valor dudoso para el arroz inundado porque el pH del suelo tiende a aumentar y equilibrarse entre 6 y 7 debido a reacciones de reducción. Oliveira (1964) no observó respuestas a la aplicación de cal en tierras ácidas de los Llanos Orientales de Colombia, Spain (1971) encontró que el arroz de secano responde a aplicaciones moderadas de cal mientras que el arroz inundado no responde.

Cada día se tiene mayor conciencia en América Latina sobre deficiencias de elementos secundarios y micronutrientes, especialmente azufre, zinc y hierro, sobre todo en las nuevas variedades de estatura corta, las cuales debido a sus mayores rendimientos requieren mayores cantidades de estos elementos. Sin embargo no existen publicaciones al respecto.

CONTROL DE MALEZAS

El ambiente de alta humedad de suelos arroceros es muy apropiado para el desarrollo de malezas, particularmente en la ausencia de inundación constante. Además, los tipos de planta de tallo corto compiten con menos éxito con las malezas que las variedades tradicionales. Se considera que la competencia con las malezas reduce los rendimientos de arroz en un 20 por ciento bajo el manejo convencional al nivel de campo (Cardenas, 1970). El Cuadro 4 muestra algunos ejemplos del comportamiento de los principales herbicidas utilizados en América Latina. Cuando se aplican con eficiencia y en su época apropiada, las malezas se controlan satisfactoriamente (ICA, 1971). Las dosis óptimas de herbicidas para el arroz irrigado son más altas en América Latina que en Asia, por razones que todavía no se comprenden bien. El Cuadro 4 muestra también que es más difícil controlar las malezas en siembra directa que en sistemas de transplante en los cuales las plántulas de arroz llevan la delantera en desarrollo. América Latina carece de información significativa sobre el control de maleza en arroz de secano. Casi todas las investigaciones se han limitado a control de las malezas de hoja ancha pero no se dispone de una solución para controlar las gramíneas que tienen un crecimiento vigoroso y tienden a dominar después de que las malezas de hoja ancha han desaparecido.

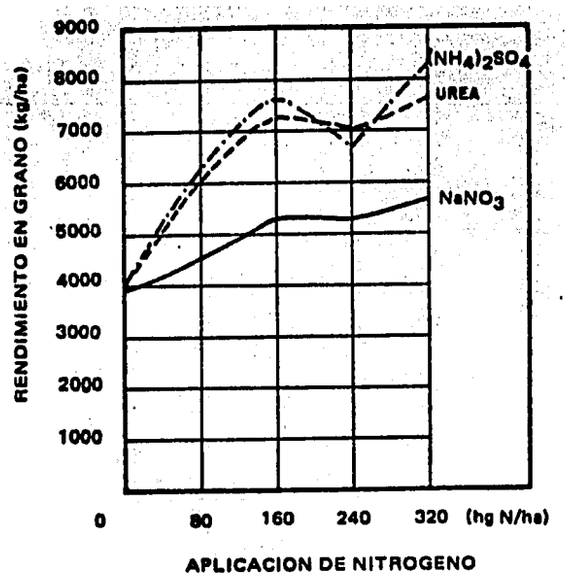

Figura 11. Efectos de distintas fuentes de nitrógeno en la respuesta del arroz bajo inundaciones intermitentes (Ramírez y Sánchez, 1971).

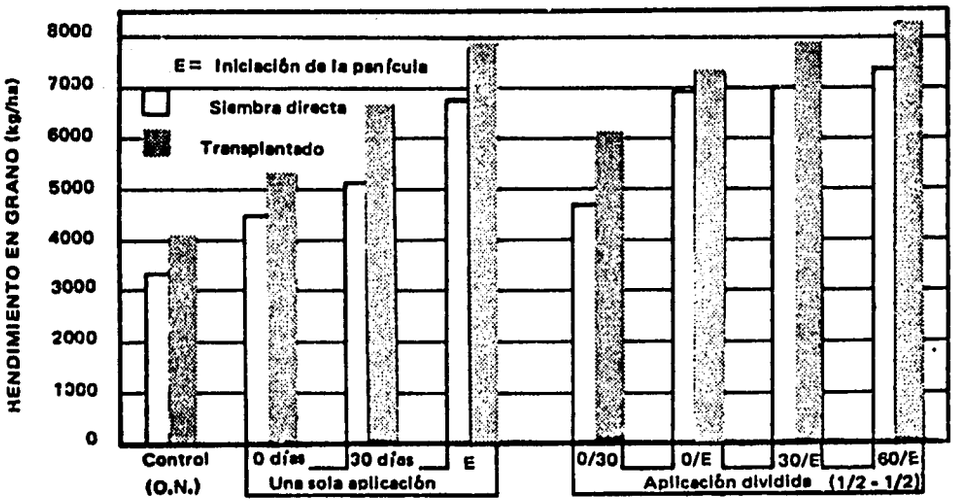

Figura 12. Efectos de la época de aplicación de 180 kg N/ha en el comportamiento del arroz bajo dos sistemas de siembra (Sánchez y Calderón, 1971).

Cuadro 4. — Efecto de dos herbicidas en el rendimiento de arroz (ton/ha) en cuatro sitios diferentes de América del Sur. Fuente de información: Lagos et al, 1970 y Lucena, 1971.

Herbicida	Ingrediente activo lt/ha	Colombia, siembra directa		Lambayeque, Perú	
		Turipaná	Palmira	siembra directa	transplantado
Propanil (Stam) *	3.5	2.38	2.94	2.79	8.78
Butachlor (Machete) **	3.0	1.92	3.07	3.46	7.99
Deshierbe a mano		2.27	3.01	3.14	7.45
Sin deshierbe		1.19	1.33	0.55	2.20

* Herbicida posemergente aplicado cuando las hierbas tenían de 2 a 5 hojas.

** Herbicida preemergente, aplicado 4 a 6 días después de la siembra o transplante.

EPOCAS OPTIMAS DE COSECHA

Además de épocas apropiadas de siembra, transplante y aplicación de nitrógeno, la época adecuada para cosechar puede tener una influencia significativa no solamente en los rendimientos sino también en la calidad molinera del arroz. Una época óptima de cosecha, en la cual los rendimientos son más altos y el porcentaje de granos quebrados más bajo, generalmente existe para cada variedad bajo un ambiente específico. Las cosechas prematuras resultan en redimientos más bajos, baja recuperación de molienda debido a granos inmaduros y de tamaño irregular, y un alto porcentaje de granos quebrados. Cosechas sobremaduras a menudo producen menor rendimiento debido a pérdidas por desgrane y poseen un mayor porcentaje de granos quebrados causados por grietas formadas en el endosperma debido a cambios de humedad relativa (Stout, 1966). Las variedades con áreas tizosas en el endosperma, como la IR8, o con granos muy largos y delgados, como los tipos de Surinam, son particularmente sensibles a la época de cosecha (Ten Have, 1967). Los experimentos en varias áreas de Perú han tratado de cuantificar algunas de estas relaciones. La variedad Minabir, de alta calidad molinera (Figura 13), mostró poca respuesta en rendimientos cuando se cosechó entre los 30 y 60 días después de la floración. Sin embargo, el porcentaje de grano quebrado llegó a su punto más bajo (8 por ciento) a los 40 días. En contraste, la variedad IR8, con zonas tizosas (Figura 14) mostró un rendimiento máximo bien definido a los 45 días después de florecer y coincidió con el porcentaje más bajo de granos quebrados, el 22 por ciento. Por razones que todavía no se conocen bien la IR8 es más sensible a épocas de cosecha que Minabir. Comparando las dos figuras se puede notar que la producción total de arroz (granos enteros, molidos) en kg/ha fue casi la misma que cuando el IR8 se cosechó en el tiempo óptimo. Larrea y Sánchez (1970) también informaron que una variedad de tallo corto, IR4-93-2, con menos áreas tizosas, produjo porcentajes mínimos de granos quebrados idénticos a los de Minabir y unos rendimientos por hectárea de arroz entero molido significativamente más altos debido a su mayor rendimiento de arroz en cáscara. Algunas de las variedades de tallo corto que se están introduciendo en América Latina, tales como el CICA 4, IR22 y Naylamp, deben rendir mejor que el IR8 debido a su superior calidad molinera. Los mismos investigadores observaron descensos muy fuertes en el rendimiento de una variedad muy susceptible al desgrane cuando se atrasó la cosecha. La época óptima de cosecha se puede especificar más exactamente en términos del contenido de humedad del grano, generalmente entre el 19 y 21 por ciento (Ten Have, 1967; Nangju y De Datta, 1970; Larrea y Sánchez, 1970) pero esta determinación no está al alcance de la mayoría de los agricultores de arroz en el trópico. Las diferencias ambientales pueden cambiar la época óptima de cosecha para la misma variedad. La época óptima para el IR8 es de aproximadamente 45 días después de la floración en los valles más frescos de Lambayeque y Jequetepeque en la Costa Peruana, pero desciende a 25 ó 30 días en las áreas más cálidas de la Selva Amazónica, Iquitos y Yurimaguas (Larrea y Sánchez, 1970; Vergara, 1971; Zumaeta y Barba, 1971; Nureña y Mesía, 1971).

EFECTOS COMBINADOS Y CONSIDERACIONES ECONOMICAS

Ejemplos de interacciones entre prácticas culturales. En las secciones anteriores se han discutido los efectos de prácticas culturales individuales en los diferentes tipos de planta de arroz. Sin embargo, la interacción entre estos factores no es evidente, con excepción de los efectos combinados de radiación solar con fertilización de nitrógeno en la Figura 2, distanciamientos con nitrógeno en el Cuadro 3, y sistemas de siembra con control de malezas en el Cuadro 4. En algunos casos, una práctica de

cultivo es más limitante que otra. La Figura 15 compara el comportamiento de la variedad IR8 sembrada en distintas fechas y trasplantada con plántulas de distintas edades. La interacción está presente, aunque los efectos perjudiciales de retrasar las fechas de siembra fueron preponderantes debido a que las bajas temperaturas produjeron esterilidad del grano. La Figura 15 también muestra que el conjunto de prácticas de cultivo con que se obtuvo 11 ton/ha con IR8, tuvo un efecto perjudicial cuando se aplicó a la variedad tradicional Minabir. Cuando el Minabir se cultivó con sus prácticas tradicionales (siembra temprana, época tardía de trasplante, distanciamientos amplios, 160 kg N/ha aplicados al macollaje y la fecha de cosecha 60 días después de la floración) su rendimiento fue de 6.90 ton/ha. Cuando las prácticas recomendadas para el IR8 (siembra más tardía, época de trasplante más temprana, distanciamientos más cercanos, 300 kg N/ha en varias aplicaciones y fecha de cosecha a los 45 días después de la floración) se aplicaron al Minabir, éste produjo 1.65 ton/ha.

Costos totales de producción e ingresos. * Los costos de producción de una chacra de tamaño promedio del Valle de Lambayeque, Perú, sembrada con la variedad Minabir y cultivada con prácticas tradicionales, se comparan con los costos promedios de un campo de 30 hectáreas cultivado con IR8 aplicando las prácticas de cultivo recomendadas a escala comercial (Hernández, 1971). El Cuadro 5 ilustra los costos de producción y los ingresos de las dos empresas. Los costos totales de producción por hectárea (excluyendo el arriendo de la tierra y el pago de los seguros sociales los cuales no se pudieron determinar) fueron un 32 por ciento más altos en el "paquete" de IR8 debido a la nivelación adicional de la tierra, el costo más alto de mano de obra para trasplantar plántulas más jóvenes a menor distanciamiento y costos más altos de nitrógeno.

* Se reconoce con gratitud, en la información contenida en esta sección, la ayuda del Ing. Carlos Pomareda, estudiante posgraduado del Departamento de Economía de la Universidad del Estado de Carolina del Norte.

Cuadro 5. — Costos comparativos de producción y rendimientos económicos por hectárea entre las variedades y prácticas tradicionales de cultivo y variedades de tallo corto con prácticas de cultivo recomendadas en Lambayeque, Perú. Fuente de información: Hernández, 1971. (a)

Componentes de los gastos del cultivo	Costos por unidad (soles)	Variedad Minabir y prácticas tradicionales de cultivo		Variedades de tallo corto y prácticas de cultivo recomendadas	
		Unidades	Costos (soles/ha)	Unidades	Costos (soles/ha)
Semilla certificada	8.7/kg	70	609	70	609
Nivelado de tierra con tractor	250/hr	0	0	4	1000
Arada y rastreada con tractor	240/hr	5	1200	5	1200
Reparación de zanjas y canales	60/dh (b)	12	720	12	720
Semillero y arranque	90/dh	20	1800	30	2700
Transplante	90/dh	36	3240	44	3960
Irrigación, aplicación de abono, control de malezas y pájaros	80/dh	35	2800	35	2800
Abono (Urea)	9.33/g N	140	1306	275	2565
Herbicida (Stam)	500/gal.	3	1500	3	1500
Cosecha a mano	90/dh	25	2250	30	2700
Trillado por contrato	0.21/kg	4830	1050	9660	2100
Transporte	0.07/kg	4830	370	9660	700
Intereses y administración	7% + 1000	—	2179	—	2578
Costos totales/ha (c)			19.024		25.132
Costo total/kg arroz			3.94		2.60
Rendimiento de grano kg/ha	4.70/g (d)	4830	22.701	9660	45.402
Precio/kg arroz					
Ingresos netos/ha (c)			3677		20.270
Ingresos netos/kg arroz			0.76		2.10

(a) Un sol (moneda nacional peruana) = U.S. $ 0.023.
(b) dh = hombre-días (tarea) promedio de 7 horas.
(c) Excluye arriendo de la tierra y contribuciones por contrapartidas: ambos factores son muy variables.
(d) No asume precios diferenciales entre variedades.

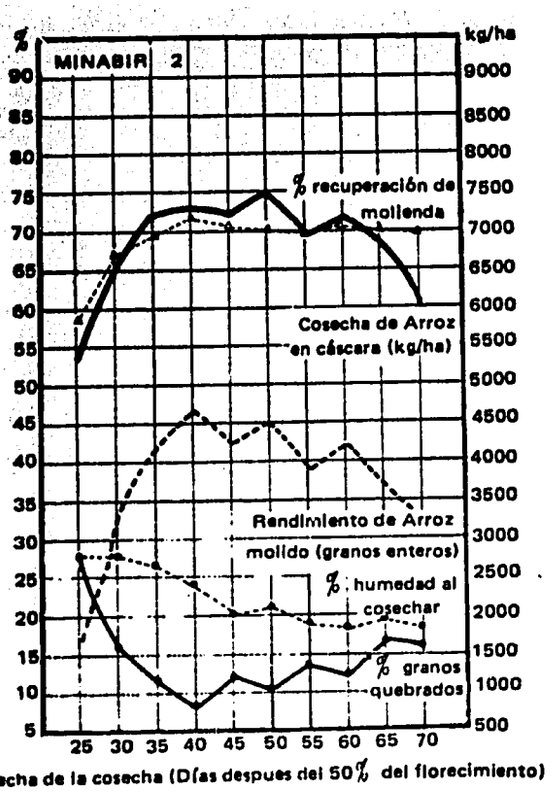

Figura 13. Efectos de la época de cosecha en el rendimiento de grano y calidad de molienda de la variedad Minabir 2. (Larrea y Sánchez. 1970).

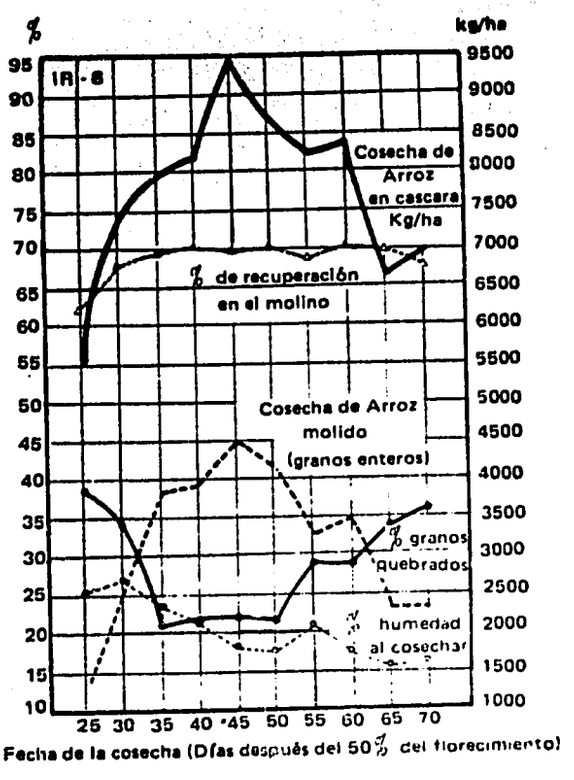

Figura 14. Efectos de la época de la cosecha en el rendimiento de grano y en la calidad de molienda de la variedad IR8. (Larrea y Sánchez, 1970).

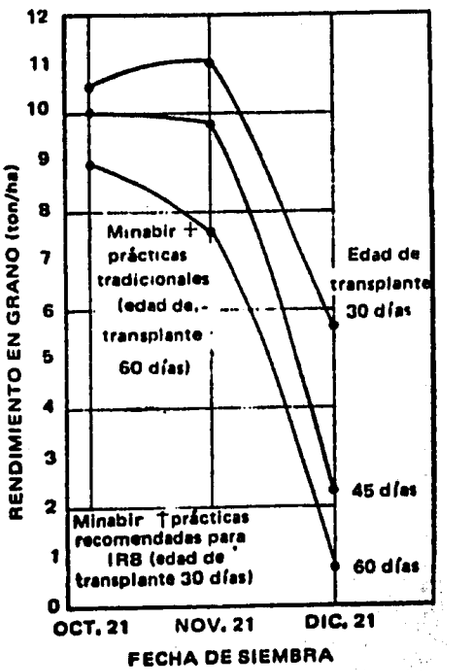

Figura 15. Efectos combinados de la fecha de siembra y la edad de transplante de las plántulas en el comportamiento de IR8 en Lambayeque, en comparación con Minabir bajo prácticas tradicionales de cultivo y las recomendadas para el IR8. (Larrea y Sánchez, 1971).

Sin embargo, los rendimientos se duplicaron. El costo de producción por kilo de arroz molido (granos enteros) se redujo de 3.94 a 2.60 soles (U. S. $ 90.62 a $ 59.80 por tonelada métrica) al cambiar de Minabir a IR8. Cuando no se aplicaron diferenciales de precio entre variedades, el precio de 4.70 soles/kg (U. S. $ 108/ton) produjo ingresos netos de 3.677 soles/ha para el conjunto tradicional y 20.270 soles/ha para el conjunto IR8. Esta relación se mantuvo hasta la campaña de 1969-1970 para la variedad IR8 en Perú y es aplicable a las nuevas variedades de alto rendimiento y alta calidad de grano, tales como el Naylamp, CICA 4 e IR22. Para la campaña 1970-1971, recientes reglamentaciones del comercio del arroz con deducciones para porcentaje de granos quebrados, han reducido marcadamente el precio del IR8 a 3.80 soles/kg (U. S. $ 87/ton). Al nivel de rendimientos y costos que aparecen en el Cuadro 5, los ingresos netos del IR8 se redujeron de 20.270 a 11.576 soles/ha (U. S. $ 486 a 266/ha) cifra que todavía compara favorablemente con el ingreso neto obtenido con las prácticas tradicionales, el cual es de 3.677 soles/ha (U. S. $ 84/ton).

El Cuadro 6 ilustra las proporciones totales y relativas de los distintos componentes. Los costos de cosecha (cosecha a mano, trillada por contrato y transporte) por kg de arroz molido (granos enteros) se redujo de 0.74 soles pagados por Minabir a 0.56 soles por IR8 debido al ahorro de mano de obra cuando el arroz que no se ha volcado se cosecha a mano. El requerimiento total de mano de obra aumentó de 128 a 161 jornales/ha para el conjunto IR8 pero la proporción de mano de obra, en los costos totales de producción, decreció de 57 a 51 por ciento.

Efectos del nivel de nitrógeno en los costos de producción e ingresos. El promedio de costos en experimentos conducidos con dos variedades de arroz y varios niveles de nitrógeno, en el valle de Lambayeque en 1971, se utilizó para establecer la siguiente comparación.* Cálculos de costos incluyeron gastos adicionales de fertilizantes y de cosecha. La Figura 16 muestra que se logran máximas ganancias con aproximadamente 160 kg N/ha para Minabir. Sin el diferencial de precios, las ganancias continúan aumentando con las aplicaciones de N en IR8. Con el diferencial de precios, el nivel óptimo para IR8 está entre 240 y 320 kg N/ha.

Los efectos de estas relaciones en los costos de producción unitarios aparecen en la Figura 17. El costo más bajo obtenido con Minabir fue de 3.5 soles/kg (U. S. $ 80/ton) a la dosis óptima de nitrógeno de 160 kg N/ha. El volcamiento ocasionó aumentos en los costos unitarios a dosis más altas. Con IR8, los costos mínimos fueron aproximadamente de 2.6 soles/kg (U. S. $ 60/ton) alcanzados desde el nivel de 240 kg N/ha. La necesidad de usar variedades con alta capacidad de rendimiento para lograr una reducción significativa del costo de producción unitario es obvia, según los datos presentados en esta figura.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

La respuesta de variedades de arroz con diferente tipo de planta a una serie de prácticas de cultivo se ha estudiado, principalmente bajo condiciones de Perú. La fecha apropiada

* IR8 rindió 4.32, 6.44, 8.14, 9.21, 9.68, 9.98 y 10.66 ton/ha y el Minabir 3.92, 4.93, 5.64 , 4.97, 3.40 y 3.10 ton/ha de 0 a 480 kg N/ha en intervalos de 80 kg.

Cuadro 6. — Componentes de los costos de producción absolutos y relativos comparando la producción comercial con variedades tradicionales y con variedades mejoradas cultivadas bajo las indicaciones de un "paquete" de prácticas culturales. Lambayeque, Perú, 1971.

Componentes del costo de cultivo	Variedad y prácticas culturales tradicionales		Variedad de tallo corto, bajo prácticas culturales mejoradas	
	soles/ha	%	soles/ha	%
Preparación mecánica de la tierra	1200	6.3	2200	8.8
Mano de obra para semillero y transplante	5040	26.5	6660	26.5
Mano de obra para otras prácticas	3520	18.5	3520	14.0
Fertilizantes	1306	6.9	2565	10.2
Semillas, herbicidas y otros insumos	2109	11.0	2109	8.4
Mano de obra en trillada y transporte	3670	19.3	5500	21.8
Intereses y gastos de administración	2179	11.4	2578	10.3
Costo total de producción	19.024	100.0	25.132	100.0
Mano de obra total (días-hombre)	128	56.8	161	51.2

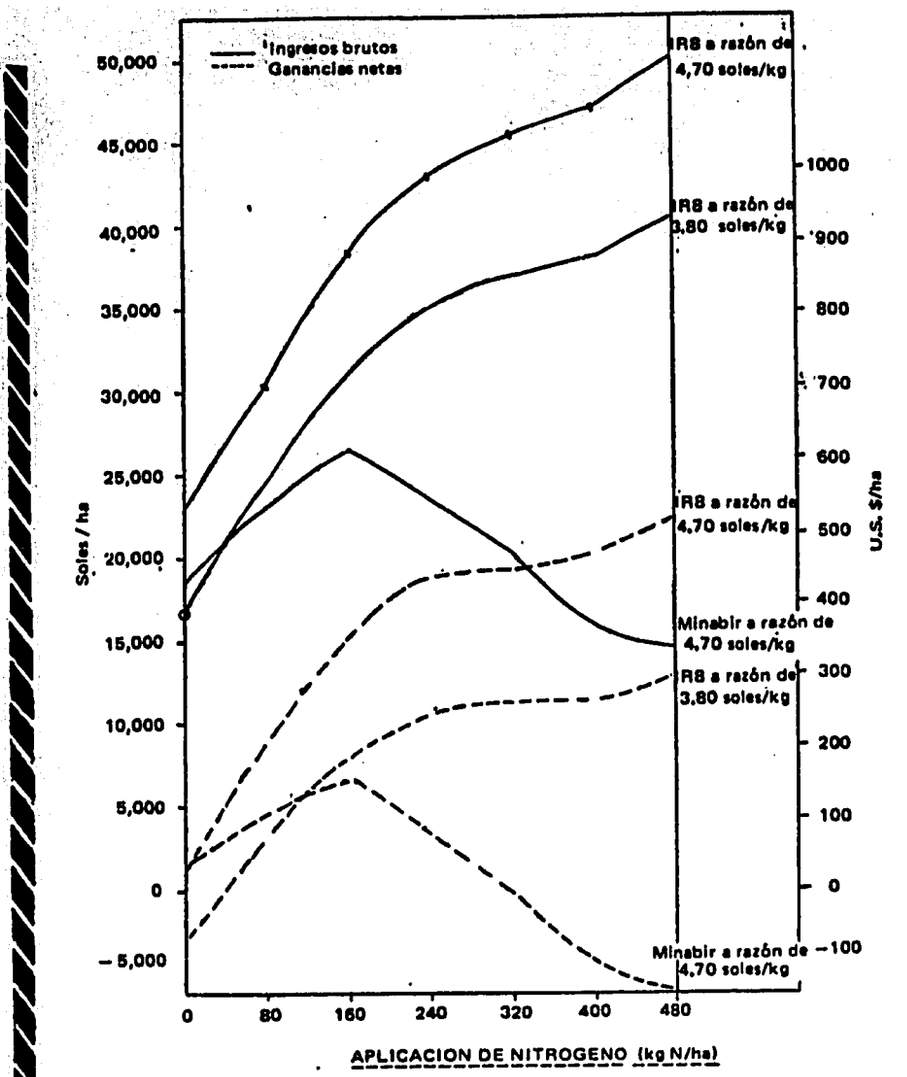

Figura 16. Ingresos brutos y utilidades obtenidas con Minabir 2 e IR8, con o sin precios diferenciales, y como función de los niveles de nitrógeno en Lambayeque, Perú. Rendimientos promedios en dos sitios (1971).

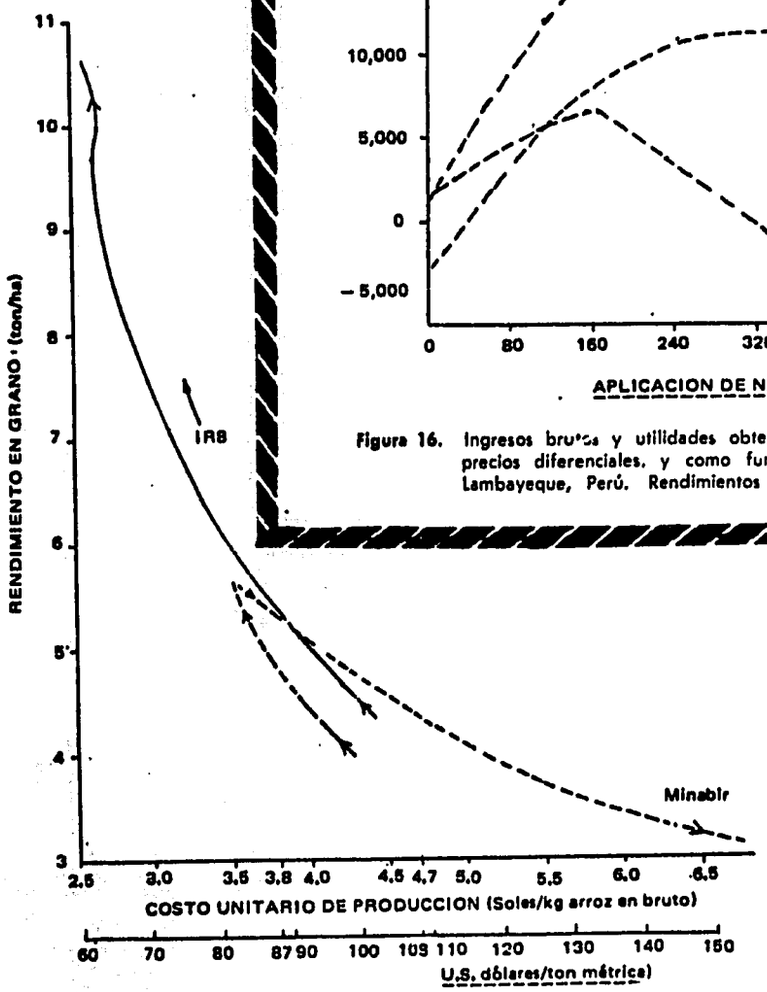

Figura 17. Costos unitarios de producción de IR8 y de Minabir como función del rendimiento en Lambayeque, 1971. Las flechas indican los niveles de aumento de rendimientos debidos a nitrógeno en aplicaciones de 0 a 480 kg N/ha.

de siembra bajo condiciones de lluvia incierta, los niveles de radiación solar y temperaturas mínimas, permitieron que los tipos de plantas de estatura corta aprovecharan en mayor grado las ventajas climáticas que las variedades tradicionales. Los rendimientos de arroz de secano, bajo cualquier régimen de lluvias, se duplicaron con el uso de una variedad de estatura corta, en la Selva de Perú. Sin tomar en cuenta el sistema de siembra empleado, las variedades de estatura baja rinden mejor sembradas a distanciamientos cortos. El trasplante de plántulas de poca edad contribuyó de manera significativa a obtener altos rendimientos y ganancias con la variedad IR8, a pesar de un aumento del 32 por ciento en los costos de mano de obra requeridos en esta operación. Bajo condiciones de buena nivelación de tierras, ausencia de salinidad en los suelos y buen control de malezas, los sistemas de siembra directa utilizando variedades de tallo corto debidamente distanciadas, pueden rendir tanto como los sistemas de transplante, con ahorros considerables en costos de producción.

Ninguna otra práctica de cultivo acentúa en mayor grado las diferencias en rendimientos entre los dos tipos de plantas, que la fertilización con nitrógeno. Sin embargo, existen variaciones locales en cuanto a dosis aplicadas de fertilizante y prácticas de manejo. El control químico de las malezas en las plantaciones de arroz irrigado es una práctica exitosa, pero la falta de resultados claros en relación con el cultivo de arroz de secano en América Latina representa un gran factor limitante. La época óptima de cosecha no solamente aumenta los rendimientos sino que mejora la calidad molinera de las variedades que tienen zonas tizosas de endosperma. Muchas de las prácticas específicas de cultivo que se han mencionado en este trabajo interactúan unas con otras y se necesita hacer más investigación para determinar con mayor precisión la magnitud de las interacciones entre variedades y prácticas culturales. El rendimiento económico de una combinación de variedades y prácticas de cultivo mejoradas fue comparado con las variedades y prácticas culturales tradicionales utilizando datos comerciales. Aunque los costos totales de producción aumentaron en un 32 por ciento cuando se aplicaron las prácticas recomendadas para IR8, los rendimientos de esta variedad se duplicaron en relación con los del conjunto tradicional, y los ingresos netos por hectárea aumentaron varias veces aun cuando el precio de IR8 bajó en un 19.1 por ciento. Los datos de Perú sugieren que algunas nuevas variedades de alto rendimiento y alta calidad de grano tienen un potencial agronómico similar al de IR8. Las posibilidades de aumentar los rendimientos por medio de diferentes sistemas de cultivo en América Latina, sin sacrificar la calidad del grano, parecen ser excelentes si se adoptan apropiadas prácticas de cultivo.

LITERATURA CONSULTADA

Adair, C. R., H. M. Beachell, N. E. Jodon y otros. 1942. Comparative yields of transplanted and direct-sown rice. J. Amer. Soc. Agron. 34 : 129 - 137.

Brown, F. B. 1969. Upland rice in Latin America. Int. Rice. Comm. Newsletter 18 (1) : 1 - 5.

Caballero, F. B. y J. Paredes. 1971. Resultados experimentales de agronomía en el Valle del Chira. Progr. Nac. Arroz. Inf. Tec. 53. 13 p.

Cardenas, J. 1970. Weed control of irrigated rice in Colombia. Trabajo presentado en : the International Rice Research Conference. IRRI. Los Baños, Filipinas. (Mimeografiado).

Carmen, M. L. 1968. Yield of rice as affected by fertilizer rates, soil and meteorological factors. Tesis Doctoral. Iowa State University. Ames, Iowa, 174 p.

Cheaney, R. 1971. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. (Información inédita).

De Datta, S. K. y P. M. Zarate. 1970. Environmental conditions affecting the growth characteristics, nitrogen response and grain yield of tropical rice. biometeorology 4 (1) : 71 - 89.

De Datta, S. K. y H. M. Beachell. 1971. Varietal response to some factors affecting production of upland rice. Rice Breeding Svmposium. International Rice Research Institute. Los Baños, Filipinas. (En prensa).

Food and Agricultural Organization of the United Nations. 1965. The economic relationships between grains and rice. FAO Commodity Bulletin Series 39. 125 p.

Gavidia O., A. y V. Saavedra. 1971. Distanciamiento y número de plantas por golpe al transplante. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú. (Información inédita).

Gavidia O., A. y C. Ventura. 1971. Edad de transplante y manejo de almácigos en el cultivo del arroz. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú. (Información inédita).

Gomes, A. G. y H. S. Miranda. 1963. Ensaios de espaçamamento e densidade de semeaçao de arroz do vale do Paraíba - período de 1954/55 a 1958/59. Bragantia 22 (55) : 685 - 697.

Hernández L., J. 1971. Programa Nacional de Arroz. Lambayeque, Perú. (Información inédita).

ICA. 1970. Informe Anual. Programa Nacional de Arroz. Instituto Colombiano Agropecuario. Palmira, Colombia. 170 p.

ICA. 1971. Control de malezas en arroz de riego. Instituto Colombiano Agropecuario. Departamento de Agronomía. Hoja Divulgativa 038. 4 p.

IRRI. 1966. Annual Report. The International Rice Research Institute. Los Baños, Filipinas.

Jana, R. K. y S. K. De Datta. 1971. Effects of solar energy and soil moisture tension on the nitrogen response of upland rice. Int. Symposium Soil Fert. Evaluation Proc. 1 : 487 - 498.

Kawano, K., P. A. Sánchez, M. A. Nureña y J. Vélez 1971. Upland rice in the Peruvian Selva. Rice Breeding Symposium. International Rice Research Institute. Los Baños, Filipinas. (En prensa).

Kawano, K. y H. Gonzáles. 1971. Programa Nacional de Arroz. Lambayeque, Perú. (Información inédita).

Lagos, R. E., Cárdenas y R. de la Cruz. 1970. Investigación en control químico de malezas en arroz de riego en Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario. 31 p.

Larrea, N. y P. A. Sánchez. 1970. Epocas óptimas de cosechar arroz para rendimientos y calidad molinera en La Costa de Perú, Progr. Nac. Arroz Inf. Tec. 44. 28 p.

Larrea, N. y P. A. Sánchez. 1971. Influencia de la edad de trasplante y manejo de almácigos en el cultivo del arroz en Lambayeque, Perú. Progr. Nac. Arroz Inf. Tec.51.

Larrea, N. y P. A. Sánchez. 1971. Programa Nacional de Arroz. Lambayeque, Perú. (Información inédita).

Lucena, J. M. 1971. Programa Nacional de Arroz. Lambayeque, Perú. (Información inédita).

Lucena, J. M. 1971. Programa Nacional de Arroz. Lambayeque, Perú. (Información inédita).

Miranda, H. S. y E. S. Freire. 1962. Efeitos de adubacao fosforada e potássica do arroz de sequeiro. Bragantia 21 (50) : 858 - 866.

Nangju, D. y S. K. De Datta. 1970. Effect of time of harvest and nitrogen level on yield and grain breakage of transplanted rice. Agronomy Jour. 62 : 468 - 474.

Nureña, M. A. 1971. Sistemas de siembra y distanciamientos óptimos para arroz de secano en la Selva Baja del Perú. Progr. Nac. Arroz. Inf. Tec. 58. 18 p.

Nureña, M. A. y R. Mesia. 1971. Subcentro Regional de Investigaciones Agropecuarias de Yurimaguas, Perú. (Información inédita).

Nureña, M. A., J. Vélez y K. Kawano. 1970. Características varietales relacionadas con altos rendimientos de arroz en condiciones primitivas de secano. Prog. Nac. Arroz. Inf. Tec. 43. 26 p.

Oliveira, A. 1964. Aplicacao de calcario na lavoura de agroz. Lav. Arroz 18 (212) : 31 - 33.

Oliveira D. de A., J. C. Montojo y T. Igue. 1964. Adubacao do arroz de sequeiro. I. Avaliacao da influencia de nitrogénio, fosforo a potassio sobre características de variedade precoce do arroz de sequeiro. Bragantia 23 (8) : 73 - 81.

Oliveira, D. de A., J. C. Montojo, T. Igue, H. Miranda y M. L. Freitas. 1965. Ensaios preliminares de adubacao do arroz de sequeiro. II. Cultivar Pratao. Bragantia 24 (33) : 437 - 446.

Oliveira, D. de A., J. Casado, T. Igue, H. Miranda y M. L. Freitas. 1966. Ensaios preliminares de adubacao de sequeiro. III. Cultivar Dourado Precoce. Bragantia 25 (1) : 1 - 8.

Owen, E. 1970. Fertilización de arroz en los Llanos Orientales. Programa Nacional de Arroz. Informe Anual. Instituto Colombiano Agropecuario. Palmira, Colombia. pp. 154 - 159.

Patella, J. F. 1962. Alguns resultados de adubacao fosfatada no solos de arroz irrigado. Lav. Arroz 16 (186) : 16 - 17.

Ramírez, G. E. y P. A. Sánchez. 1971. Factores que afectan la eficiencia de utilización de nitrógeno en el arroz bajo riego intermitente. Progr. Nac. Arroz. Inf. Tec. 59. 40 p.

Rosero, M. J. y P. Moreno. 1970. Resultados preliminares sobre fertilización del cultivo del arroz en Aracataca, Magdalena. Programa Nacional de Arroz. Instituto Colombiano Agropecuario. Palmira, Colombia. pp. 144 153.

Salhuana, A. y P. A. Sánchez. 1969. Sistemas de cultivo del arroz en el Perú. In : Programa Nacional de Arroz. Curso de Capacitación sobre el Cultivo del Arroz. Lambayeque, Perú. pp. 273 - 300.

Sánchez, P. A. 1969. Present status of rice research in Peru. North Carolina State University Agricultural Mission to Peru. Report No. 371. 20 p.

Sánchez, P. A. 1971. Fertilización y manejo del nitrógeno en el cultivo de arroz tropical. Trabajo presentado en el II Coloquio de Suelos sobre el Uso del Nitrógeno en el Trópico. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Palmira, Colombia. 43 p.

Sánchez, P. A. y M. A. Nureña. 1970. Upland rice improvement under shifting cultivation in the Amazon Basin of Peru. Progr. Nac. Arroz. Inf. Tec. 31. 26 p.

Sánchez, P. A. y M. V. Calderón. 1971. Timing of nitrogen applications of rice grown under intermittent flooding in the Coast of Perú. Int. Symposium Soil Fert. Evaluation Proc. 1 : 595 - 602.

Sánchez, P. A. y N. Larrea. 1971. Potencial de la siembra directa de arroz en la costa peruana. Progr. Nac. Arroz. Inf. Tec. 54. 21 p.

Spain, J. M. 1970. El problema de la acidez en suelos de los Llanos Orientales : posibles soluciones. Suelos Ecuatoriales 3 (1) : 206 - 209.

Stout, B. A. 1966. Equipo para la producción de arroz. FAO. Cuaderno de Fomento Agropecuario 84 : 125 - 129.

Ten Have, H. 1967. Research and breeding for mechanical culture of rice in Suriman. Centre for Agricultural Publications and Documentation. Wageningen, Holanda. pp. 197 - 231.

Vanconcelos, D. M. y L. M. de Almeida. 1966. Adubacao quimica do arroz do Nordeste. Pesquisa Agropec. (Brasil) 1 : 353 - 356.

Vélez, J. 1970. Centro Regional de Investigaciones Agropecuarias El Tulumayo. Tingo María, Perú. (Información inédita).

Vergara, R. 1971. Estudio sobre densidades de siembra en el transplante, manejo de almácigos y épocas óptimas de cosechas para rendimiento y calidad en el Valle de Jequetepeque. Progr. Nac. Arroz. Inf. Tec. 49. 13 p.

Zumaeta, R. E. y S. Barba. 1971. Investigaciones arroceras en sistemas de barrial en Iquitos. Progr. Nac. Arroz. Inf. Tec. 52. 22 p.