



Programa del CIAT para la Investigación en Arroz de Secano en América Latina


BIBLIOTECA
ADQUISICIONES - CANJE

30 NOV. 1983

55396

11679

Introducción

A finales de 1980, los gestores de políticas, los investigadores y otras personas involucradas en la investigación en arroz en América Central y del Sur, se reunieron en las instalaciones del CIAT en Palmira, Colombia, para discutir el naciente programa de investigación en arroz de secano del CIAT. El objetivo de la reunión fue la formulación y coordinación de la investigación y de las iniciativas sobre políticas relacionadas con el arroz de secano.

Alentados por el éxito en Colombia del arroz bajo riego, el CIAT propuso al Grupo Consultivo de Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) que se diera mayor énfasis a la investigación en arroz de secano en América Latina, donde hasta el momento no se han asignado fondos del CGIAR para tal fin. En la misma forma como el CIAT había facilitado la transferencia a América Latina de las variedades bajo riego mejoradas provenientes del IRRI¹, intentaba ahora coordinar y mejorar el intercambio de germoplasma de variedades de secano entre IITA², WARDA³, IRRI, CIAT y otras organizaciones regionales y nacionales (Figura 1). Además, el CIAT pretendía llevar a cabo investigación básica del arroz de secano en las áreas de fitomejoramiento, patología y economía, lo cual reforzaría los programas nacionales y aumentaría finalmente los rendimientos de este tipo de arroz en América Latina, donde se siembran anualmente más de cinco millones de hectáreas que representan el 72% del total del área sembrada en arroz.

El CIAT esperaba que la reunión permitiera la organización de su Investigación en arroz de secano de acuerdo con las necesidades de los programas nacionales de la región, necesidades que habían sido expresadas por primera vez durante la reunión sobre Desarrollo de Estrategias para Mejorar la Producción de Arroz en América Latina, celebrada en CIAT en 1977. Utilizando como punto de partida el éxito obtenido en Colombia por arroz bajo riego, se esperaba que el grupo identificara las prioridades nacionales de investigación y las prioridades políticas sobre arroz de secano en la región.

Objetivos de la Investigación del CIAT en Arroz de Secano

En diciembre de 1979 el CIAT presentó al Comité Técnico Asesor del CGIAR un trabajo sobre **Arroz de Secano en América Latina**, en el cual señalaba tanto el potencial como los impedimentos para aumentar la producción de arroz de secano en América Latina. Presentaba también una estrategia de acción en investigación del CIAT en arroz de secano. Hasta ese momento su investigación se había concentrado exclusivamente en el arroz bajo riego. La propuesta del CIAT involucraba la adición a su programa de arroz de tres científicos principales, dedicados exclusivamente a la investigación en arroz de secano: un fisiólogo, un fitomejorador, y un economista. Su trabajo en este campo se concentraría en tres problemas principales: 1) la baja tolerancia de las variedades mejoradas a los períodos cortos de sequía; 2) la poca adaptabilidad de las variedades mejoradas a las condiciones de suelos ácidos; y 3) piricularia⁴. Además el CIAT se proponía reunir y analizar la información sobre clima, suelos y factores socioeconómicos relacionados con la producción de arroz en América Latina para facilitar la formulación de estrategias efectivas de investigación.

El énfasis del CIAT sería el arroz de secano cultivado en condiciones favorecidas. Como tal se definió el arroz sin riego cultivado en campos sin surcos, planos o de poca pendiente, con una precipitación anual de 1.500 mm o más, por lo menos 250 mm de precipitación mensual promedio durante cada uno de los meses de crecimiento, y con períodos no mayores de 10 días sin lluvia du-

1/ Instituto Internacional de Investigación en Arroz, Los Baños, Filipinas.

2/ Instituto Internacional de Agricultura Tropical, Nigeria.

3/ Asociación de África Occidental para el Desarrollo del Arroz.

4/ Ver Nota Técnica: **Arroz de Secano: Características Morfo-Agronómicas y Limitantes a la Producción.**

rante las etapas de reproducción y maduración. En estas áreas con condiciones favorables la capacidad de retención del agua por parte del suelo va desde buena hasta excelente, y no se presentan problemas severos de fertilidad que no puedan ser corregidos con la aplicación de fertilizantes. Como arroz de secano no favorecido se definió aquel que se cultiva en campos sin surcos, de pendientes diversas, con una precipitación anual inferior a 1.500 mm, precipitación mensual promedio inferior a 150 mm durante cada uno de los meses de crecimiento, y con períodos de más de 10 días sin lluvia durante las etapas de reproducción y maduración. En tales áreas de condiciones desfavorables, la capacidad del suelo de retener agua va desde mala hasta muy mala, con problemas de fertilidad del suelo de diversos grados.

El fisiólogo en arroz de secano estudiaría las relaciones entre el suelo, la planta y el clima, las cuales se habían estudiado antes casi exclusivamente en relación con el arroz de riego. Los investigadores del CIAT creían que existía una alta probabilidad de que se necesitara un tipo de planta diferente para las condiciones de arroz de secano, específicamente en relación a la acidez del suelo, la toxicidad por aluminio, la sequía, y el desarrollo de las raíces.

El fitomejorador desarrollaría líneas de alto rendimiento que incorporaran las características deseadas y tuvieran resistencia a las enfermedades, especialmente a la piricularia, la cual es excepcionalmente severa bajo condiciones de secano. El fitomejorador de arroz del CIAT estimaba que las pérdidas en rendimiento debidas a la piricularia en cultivos de arroz bajo riego eran del 20% en promedio, mientras que las mismas en cultivos de arroz de secano podrían ser del 30 al 50%. Las variedades mejoradas que incorporaron resistencia horizontal, de acuerdo a las proyecciones del fitomejorador del CIAT, podrían experimentar pérdidas en rendimiento ocasionadas por la piricularia de 5 a 10% solamente. Asimismo estimaba que se necesitarían de 5 a 10 años para incorporar exitosamente la resistencia horizontal a las variedades de secano mejoradas. "Siendo realistas, podemos esperar que los rendimientos del arroz de secano en Brasil aumenten un 25%, de 1.2 a 1.5 toneladas por hectárea, pero no será una tarea fácil."

El economista estudiaría las áreas sembradas en arroz, en términos climáticos, edáficos y económicos; estudiaría los limitantes a la adopción rápida de tecnología mejorada en los diferentes niveles de producción, prestaría asistencia a los biólogos mediante el diseño de tecnologías, y verificaría las tendencias del mercado y los precios en relación con los costos de producción "para poder aconsejar a las directivas del CIAT en cuanto a las prioridades de la investigación y de la proyección hacia otras instituciones y/o países, así como para poner a disposición de los gobiernos interesados la información que le ayudara a adoptar políticas gubernamentales adecuadas."

El Arroz de Secano en América Latina

En 1978 el arroz de secano representaba el 49% de la producción total de arroz en América Latina; el mismo año se sembraron con arroz de secano 5.3 millones de hectáreas y se logró una producción total de 6.9 millones de toneladas, con un rendimiento promedio de 1.3 ton/ha. En el mismo año se sembraron en América Latina 2.1 millones de hectáreas con arroz de riego, logrando una producción de 7.1 millones de toneladas, lo cual implica un rendimiento promedio de 3.4 ton/ha (Cuadro 1). La tasa de crecimiento global de la demanda de arroz en esta región fue del 3.6% para el período 1963-1975, mientras que la tasa de crecimiento tanto de la producción de arroz como de la población humana durante el mismo período fue de aproximadamente 2.8%. Más o menos una tercera parte del incremento de la producción de arroz se debió al aumento de los rendimientos, mientras que las otras dos terceras partes se atribuyeron al aumento del área sembrada. En Brasil, Paraguay, Bolivia y Guatemala gran parte del aumento de la producción durante este período se debió a la expansión del área cultivada con arroz de secano.

"La conclusión general a partir de la información ahora disponible," afirmó Douglas Laing del CIAT, "sugiere marcadamente una tendencia negativa o de estancamiento en la producción de arroz de secano en casi todos los países de la región. Durante el mismo período se ha presentado un aumento definido en los rendimientos del arroz bajo riego en Colombia, Venezuela, Costa Rica, Panamá, Surinam, Guayana y Cuba. Aunque es imposible cuantificar las razones de esta situación, es claro que la falta de una red de investigación en arroz de secano en América Latina ha contribuido a la falta de progreso en este sector."

Las estadísticas de producción de 1978 para los sectores de arroz de secano y de riego se presentan en el Cuadro 2. Brasil produjo el 850/o del total de arroz de secano en América Latina en 1978. Sin embargo, el arroz de secano representó toda la producción nacional en Bolivia y Guatemala, y altos porcentajes de la producción nacional de Costa Rica, Ecuador, Honduras y Panamá. La Figura 2 presenta la producción de arroz de secano en Brasil durante el período 1969-1978; período durante el cual sus rendimientos han permanecido prácticamente estáticos.

En el Cuadro 3 aparecen las proyecciones del CIAT relativas a las tendencias y políticas de los países en cuanto al arroz de secano. El CIAT estima que México se convertirá en uno de los productores principales de arroz de secano en años venideros, debido en gran parte a las políticas gubernamentales de desarrollo de zonas de selva y de sabana, y por la fuerte competencia que hacen al arroz de riego los cultivos vegetales y hortícolas de alto valor cuya producción está orientada hacia la exportación. En América Central se espera una lenta expansión del arroz bajo riego, pero se anticipa que el sector de secano permanecerá relativamente estable, con una posible expansión en Guatemala debida a la migración hacia el Petén. En Venezuela el aumento de los costos de producción en el sector de riego ha promovido el interés en la expansión del sector de secano hacia el delta del Orinoco. Se espera un aumento de los sectores de riego y de secano en Brasil, donde la inestabilidad de la producción en secano ha sido un problema, pero donde se espera continuar con éste como cultivo pionero en áreas recién abiertas.

Sistemas de Producción de Arroz de Secano

Estos se podrían clasificar en tres tipos básicos: de subsistencia, de transición y comerciales.

El cultivo de subsistencia estuvo asociado con la agricultura migratoria en áreas de bosques primarios y secundarios. Se limpiaban y quemaban lotes hasta de dos hectáreas, y con la llegada de las lluvias, se sembraba directamente el arroz en el terreno cubierto de ceniza. Se hacía alguna limpieza de malezas cuando las plantas estaban jóvenes. El grano se cosechaba a mano, se secaba al sol y se trillaba manualmente. Se utilizaba la misma parcela durante dos o tres años, hasta que disminuía la fertilidad del suelo y la invasión de malezas y plantas leñosas se convertía en un problema serio. Entonces se limpiaba una nueva parcela. Esta agricultura de migración era muy común en la hoya del Amazonas en Brasil y en los países limítrofes.

La agricultura de transición comprendía períodos cortos de cultivo de tierras recién limpiadas antes de convertirlas en praderas. Después de dos o tres años, el cultivo de arroz de secano era seguido por el de maíz, soya o en la mayoría de los casos, por pastos para pastoreo, destinados éstos al desarrollo de nuevas tierras para la ganadería en gran escala. La limpieza de tierras y el cultivo de arroz de secano que precedían al establecimiento de pasturas los hacían los propietarios de las tierras, quienes generalmente utilizaban maquinaria e insumos y vendían el arroz de secano como un cultivo comercial, o los hacían pequeños agricultores quienes alquilaban la tierra, cultivaban el arroz de secano como cultivo de subsistencia, y después de sembrar los pastos y devolver la tierra a su propietario, continuaban moviéndose y ampliando el borde de la frontera agrícola.

El cultivo mecanizado en gran escala de arroz de secano se llevó a cabo en la parte surcentral del altiplano brasileño. Allí se empleaban fertilizantes, insecticidas y otros insumos en el cultivo, y este acompañaba otros productos comerciales tales como soya, maíz, caña de azúcar y frijol, según las demandas del mercado. Aunque los rendimientos del arroz de secano eran menos de la mitad de los obtenidos con arroz de riego en Brasil, se estimó su costo de producción en una tercera parte a la mitad del costo de producción del arroz de riego.

Programa de Investigación en arroz del CIAT

Este Programa funciona desde 1967 habiendo concentrado sus esfuerzos principalmente en el incremento de los rendimientos del arroz bajo riego en América Latina. El Programa tenía cuatro áreas principales de actividad: fitomejoramiento, agronomía, adiestramiento y el Programa Internacional de Pruebas de Arroz, (IRTP). Contaba con cuatro cargos a nivel de científico

principal: un fitomejorador, un agrónomo, un patólogo y un científico de enlace con el IRRI, pagado por éste.

Fitomejoramiento

El objetivo del programa de mejoramiento ICA-CIAT era el "desarrollo de variedades de alto rendimiento que presentaran estabilidad en la producción y requirieran menos insumos o insumos menos costosos". La estrategia que siguió el CIAT para conseguir este objetivo fue la de buscar resistencia genética a los principales limitantes de la producción de arroz: la piricularia (*Pyricularia oryzae*), el virus de la hoja blanca, sogata, (*Sogatodes oryzicola*), y el añublo de la vaina (*Corticium sasakii*).*

La búsqueda genética de resistencia estable a la piricularia, la principal limitante biológica al aumento de los rendimientos, había sido el objetivo principal de la sección de fitomejoramiento durante varios años. Se buscaba la resistencia estable a esta enfermedad mediante cuatro métodos: organización piramidal de genes mayores, multilíneas, organización piramidal de genes menores, y concentración de genes menores de resistencia. Aunque se habían identificado varias estrategias de fitomejoramiento y se habían efectuado miles de cruzamientos entre líneas progenitoras portadoras de factores de resistencia, no se había encontrado aún resistencia estable a la piricularia. La resistencia de los nuevos materiales desarrollados por la sección de fitomejoramiento fallaba continuamente con la mutación del organismo causante.

En la ausencia de variedades resistentes al añublo de la vaina (*Corticium, sasakii*) la sección de fitomejoramiento incorporaba genes tolerantes a diferentes variedades comerciales de alto rendimiento, populares en el mercado. La resistencia al añublo bacteriano de la hoja se buscaba cruzando CICA 4, CICA 9 y la línea 4440 con tres donantes resistentes. La resistencia a sogata (*Sogatodes oryzicola*) también se buscaba cruzando diez variedades resistentes diferentes con Bluebonnet 50, un control susceptible.

Además de los proyectos de fitomejoramiento que buscaban introducir resistencia a las enfermedades y a los insectos en líneas de arroz comerciales y de alto rendimiento, esta sección del CIAT llevó a cabo proyectos de mejoramiento que involucraban arroz precoz, mejoramiento de la variedad Bg 90-2 de adaptación amplia, rectificación del volcamiento del CICA-8 bajo condiciones de secano, evaluación del material proveniente de Sri Lanka, evaluación de líneas genéticas avanzadas y variedades obtenidas del IRRI, Ecuador, Perú, África, Japón y Surinam, y la introducción por medios químicos de esterilidad masculina en el arroz para facilitar el procedimiento de selección recurrente en el mejoramiento.

Agronomía

La investigación agronómica del Programa de Arroz incluyó investigación en sistemas de siembra, control de malezas, maquinaria, fertilización, entomología y multiplicación de semillas.

La investigación en sistemas de siembra estaba diseñada para determinar los siguientes aspectos: el sistema de siembra más eficiente para arroz de riego, las distancias y densidades de siembra apropiadas para arroz transplantado, y rendimientos de las diferentes variedades de la primera cosecha y del rebrote¹. La investigación en control de malezas buscaba la manera más efectiva de controlar la competencia de éstas. Se llevaron a cabo experimentos con métodos manuales y químicos de control de acuerdo con los diferentes sistemas de siembra.

Los experimentos con maquinaria incluían el desarrollo y ensayo de maquinaria capaz de preparar los suelos cultivando bajo el agua. El CIAT había desarrollado un sistema en dos etapas de preparación del suelo. En la primera se utilizaban tractores grandes para preparar semilleros hu-

* El añublo de la vaina aparece en CIAT Avances 1978 como causado por *Thanetophorus cucumeris*. (Nota del traductor).

1/ Es la práctica de dejar el arroz como rastrojo en el campo después de la cosecha, permitiendo que el sistema de raíces desarrolle nuevas plántulas.

medecidos pero no inundados. Posteriormente se utilizaban tractores más pequeños y livianos para nivelar los campos inundados.

Los experimentos sobre fertilización investigaban la influencia de la distancia de siembra y de los niveles de nitrógeno sobre la altura de planta y el rebrote. La sección de agronomía determinó que aunque un aumento de los niveles de fertilización no aumentaba la cantidad de rebrotes cuando las plantas estaban a 20 cm de distancia, sí los aumentaban cuando aquellas se espaciaban a 30 cm entre sí.

Los experimentos en entomología se centraron en *hydrellia*, sogata y hoja blanca. Se encontró que el mejor control del insecto *hydrellia* (común en los campos de arroz con riego) es el insecticida Diazinon en los casos en que el drenaje del campo para controlarlo sea imposible. Se empezó a trabajar sobre el insecto sogata y sobre la enfermedad hoja blanca cuando algunos científicos ecuatorianos dieron cuenta de su presencia en los campos de arroz de su país. Para ayudar a solucionar el problema, el CIAT estaba adiestrando investigadores ecuatorianos y había empezado un programa colaborativo de investigación para identificar y desarrollar resistencia al insecto y al virus.

Adiestramiento

Estas actividades incluyeron cursos de tres a cuatro meses en producción de arroz, llevados a cabo en el CIAT para 10 a 15 participantes de países de América Latina. En ocasiones se ofrecieron también cursos especiales de una a dos semanas de duración. Durante el segundo semestre de 1978, el CIAT ofreció un curso de dos semanas sobre "los Últimos Métodos de Producción de Arroz" en el cual participaron 25 agrónomos del ICA y de FEDEARROZ. El curso incluía preparación del campo por inundación, siembra de semilla pregerminada y transplante.

IRTP

El Programa de Pruebas Internacionales de Arroz para América Latina (IRTP) brindó a los programas nacionales de arroz el apoyo de la investigación regional e internacional. El IRTP ofrece seis valiosos servicios a los programas nacionales: 1) evaluación del germoplasma básico proveniente del IRRI, del CIAT y de los programas nacionales; 2) selección de introducciones para pruebas con base en los viveros específicos solicitados por los programas nacionales; 3) identificación de problemas y necesidades de la producción de arroz en América Latina; 4) identificación del personal para adiestramiento en el CIAT y en el IRRI; 5) recolección y organización de la información obtenida en los viveros más recientemente distribuidos; 6) distribución de semilla de variedades y líneas primarias a los programas nacionales de arroz. Para poder cumplir con los programas nacionales con estos servicios, el IRTP hizo anualmente uno o dos viajes de supervisión para observar de primera mano la producción de arroz y las actividades de investigación en toda América Latina. Los viajes de supervisión se organizaron con la participación de científicos en arroz de los programas nacionales.

El Exito en Colombia con el Arroz bajo Riego

En 1967 se incluyeron líneas enanas del IRRI en los esfuerzos conjuntos de fitomejoramiento entre el CIAT y el ICA. Al año siguiente se lanzó el IR-8, y en 1970 se recomendó el IR-22. El programa ICA-CIAT liberó su primera variedad, CICA-4, en 1971, seguida por CICA-6 en 1974.

En 1969 el 50/o de las plantaciones de arroz en Colombia eran de IR-8. Al año siguiente éste constituía el 29/o de las plantaciones, y en 1973 las tres variedades enanas, IR-8, IR-22 y CICA-4, representaban el 98/o de los cultivos de arroz del país (Cuadro 4). La adopción rápida y amplia de estas nuevas variedades adaptadas al cultivo bajo riego estuvo acompañada por una disminución continua de la producción de arroz de secano, la cual bajó de 338,600 ton (50/o de la producción nacional de arroz) en 1966, hasta 152,000 ton (9/o) en 1975. Desde 1965 hasta 1975 el área sembrada en arroz de secano disminuyó de 244,750 a 95,000 ha, en tanto que el área sembrada con arroz de riego se incrementó a más del doble, de 130,000 a 273,650 ha. En el mismo período los rendimientos de arroz de secano aumentaron de 1126 kg/ha a 1600 kg/ha, mientras que los del arroz bajo riego aumentaron de 3049 kg/ha a 5408 kg/ha (Cuadro 5).

FEDEARROZ (la Federación Nacional de Arroceros) jugó un papel importante en la adopción de las nuevas variedades. Sus actividades incluyeron asesoría, adiestramiento, publicación de boletines técnicos, servicios de recolección de datos, y colaboración con el Programa de Arroz del ICA en los ensayos regionales. FEDEARROZ también produjo y distribuyó semilla certificada de arroz y vendió fertilizantes, pesticidas, herbicidas y maquinaria agrícola.

La inversión del gobierno colombiano en sistemas de riego entre 1966 y 1975 se estimó en US\$320 millones. Durante este período el área en arroz de riego aumentó a 160,000 ha.

En pesos de 1964, los precios en finca promediaron \$1437/ton para el período 1965-1969 y \$1037/ton para 1970-1974 (Cuadro 6). El costo real de la producción de arroz bajo riego en pesos de 1964 fue de \$1401/ton para el período 1965-69 y \$976/ton para 1970-74. Durante este último período el precio al detal del arroz de primera bajó de \$3334/ton a \$2876/ton. Entre 1970 y 1974 el arroz rebajó de precio en relación con otros alimentos básicos. En 1965, por ejemplo, con un kilogramo de frijol se compraban 1.82 kilogramos de arroz y con un kilogramo de yuca se compraban 0.34 kilogramos de arroz; en 1974 con un kilogramo de frijol se compraban 3.47 kilogramos de arroz, y con un kilogramo de yuca se compraban 0.79 kilogramos de arroz.

Un economista concluyó que los beneficios netos al consumidor con la introducción a Colombia de las variedades de alto rendimiento fueron positivos para todos los niveles de ingreso, considerándolos como un porcentaje del ingreso familiar, "particularmente para los hogares de ingresos más bajos, tanto absoluta como relativamente". (Figura 9, p. 79 de Scobie y Posada). Los productores de arroz de secano de escasos ingresos, concluyó el mismo economista, fue el grupo que sufrió más el impacto de las variedades de alto rendimiento: "Para estos productores, el ingreso promedio anual perdido por los precios más bajos (y sin compensación por el cambio tecnológico) representó una alta proporción de su ingreso proyectado para 1970." (Figura 11, p. 81 de Scobie y Posada). Los productores de arroz de riego sufrieron también pérdidas de ingresos como resultado de los precios más bajos; sin embargo, el impacto absoluto de estas pérdidas pudo haberse mitigado por los menores costos de producción por tonelada y por el hecho de que tales productores pudieron haber obtenido ingresos por encima del promedio nacional de ingresos rurales.

En 1970 las fincas cultivadas en arroz de secano menores de 10 ha, o sea, aproximadamente el 450/o de todas las fincas en arroz de secano, rendían casi el 200/o del total de la producción de éste. En el mismo año las fincas de igual tamaño, cultivadas con arroz bajo riego, cerca del 200/o de todas las fincas con arroz bajo riego, rendían aproximadamente 1.50/o del total de la producción bajo riego (Cuadros 7 y 8). Se calculó en 1973 que la producción de arroz de secano utilizaba 96 horas-hombre por hectárea, mientras que la de arroz bajo riego utilizaba 35 horas-hombre por hectárea.

Durante el período en que se adoptaron las variedades enanas de alto rendimiento, las exportaciones de arroz de Colombia fueron insignificantes. Entre 1970 y 1974 se exportaron 29,000 ton de arroz. Un economista conjeturó que: "La ausencia de exportaciones se debió a las tasa de cambio poco atractivas ofrecidas a los exportadores potenciales de arroz, como resultado de la política de protección industrial." Durante ocho meses el gobierno prohibió las exportaciones, prohibición que se suspendió en mayo de 1974.

El descenso en los precios internos del arroz, la disminución del área cultivada en arroz de secano, y el aumento del área cultivada en arroz bajo riego plantean interrogantes sobre la distribución de los beneficios derivados de esta tecnología mejorada. Lógicamente los consumidores se beneficiaron con la rebaja de los precios del arroz. Asimismo, se puede suponer que los productores de secano se perjudicaron, en tanto que los productores con riego parecen haberse beneficiado. Un estudio detallado sobre la distribución de los beneficios (ver Scobie y Posada) muestra que los consumidores de bajos ingresos fueron los primeros beneficiarios, mientras que los efectos adversos recayeron principalmente en los agricultores de arroz de secano.

FIGURA 1

Figura 1; Esquema propuesto para la investigación en arroz de secano en América Latina

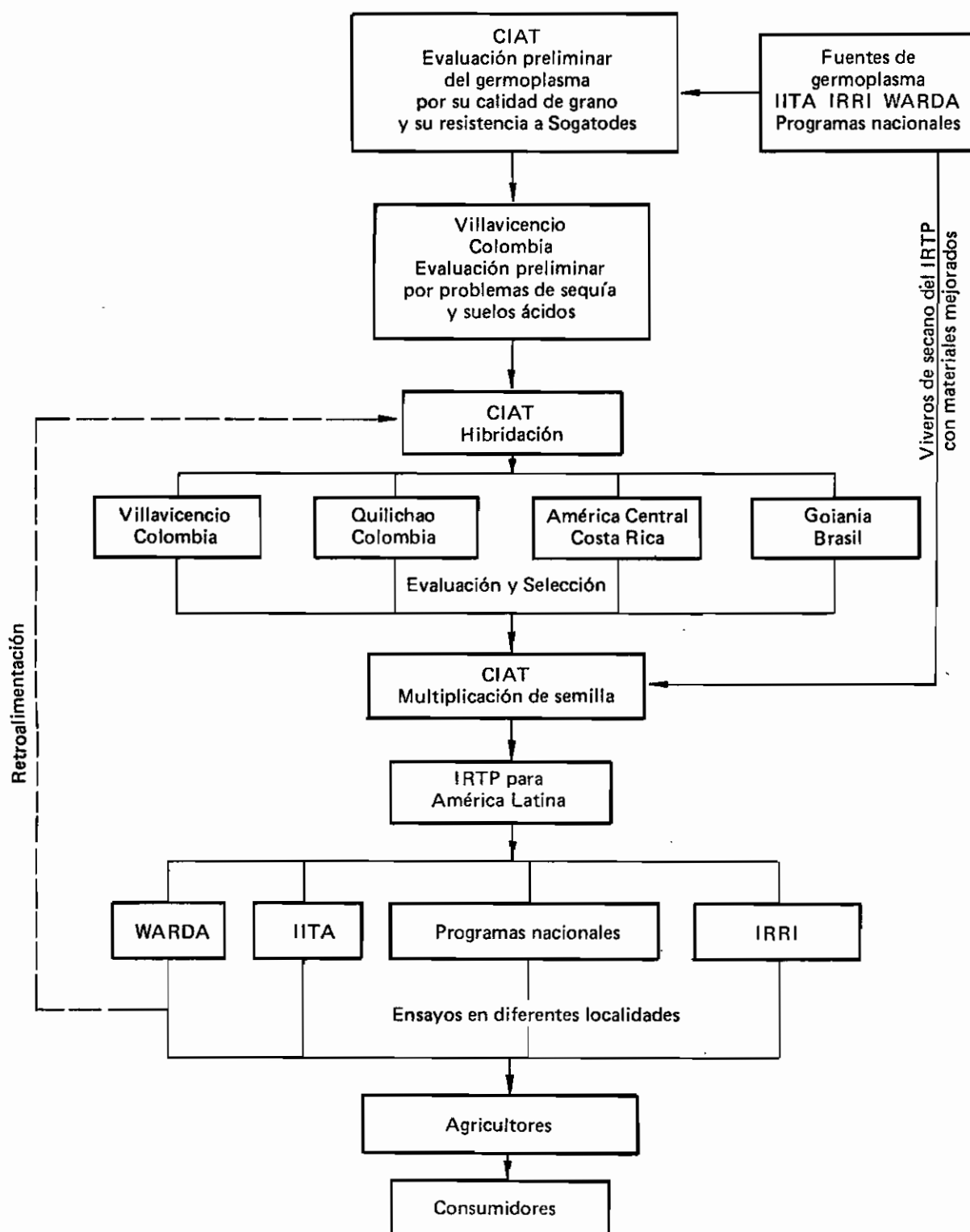
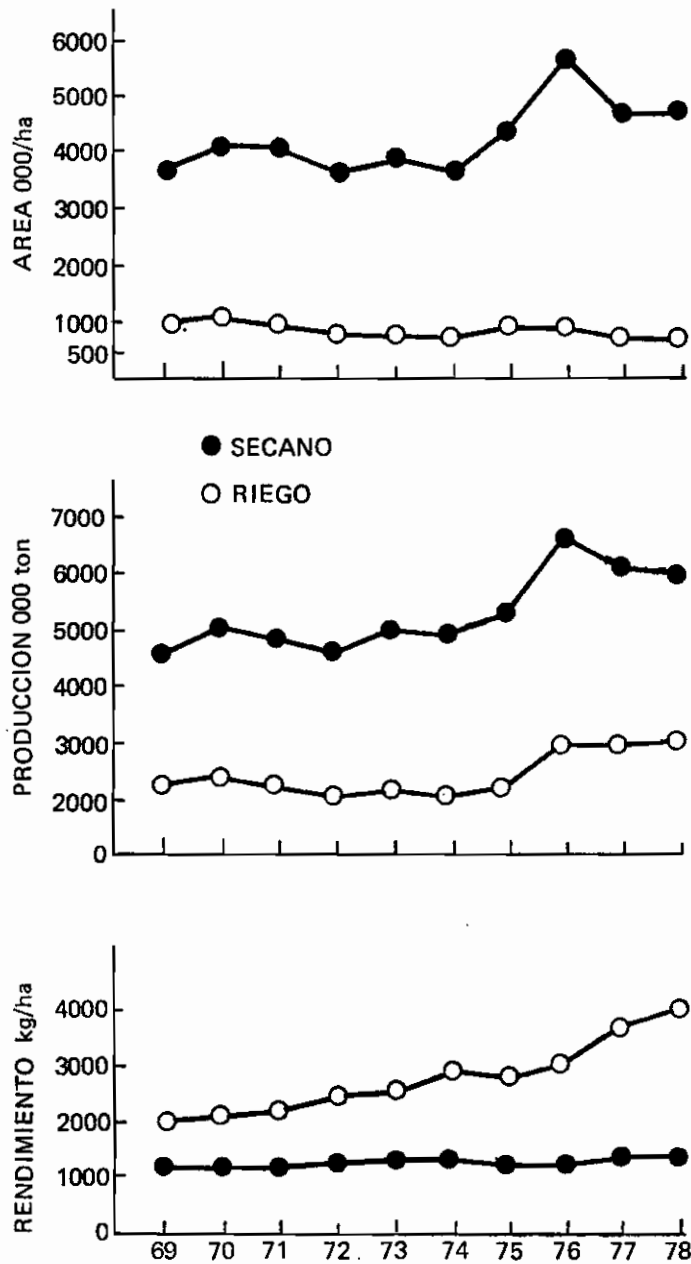


FIGURA 2

Estadísticas de Producción para Brasil, 1969-78



CUADRO 1

Producción de arroz en América Latina, 1978

	Area (millones ha)	Producción (millones ton)	Rendimiento ton/ha
Arroz de riego	2.1	7.1	3.4
Arroz de secano	5.3	6.9	1.3
Total	7.4	14.0	
Secano como % del total	72%	49%	

Fuente: Información provisional suministrada por los participantes en la tercera reunión del IRTP llevada a cabo en el CIAT, mayo-junio, 1979. Datos incompletos para algunos países pequeños.

CUADRO 2

Producción de arroz en América Latina por sectores, 1978

País	Area '000 ha		Producción '000 ton		Rendimiento ton/ha	
	Riego	Secano	Riego	Secano	Riego	Secano
Argentina	91.0	0	320	0	3.50	—
Belice	4.0	0	7	0	1.75	—
Bolivia	0.0	83.0	0	101	—	1.22
Brasil	756.0	4644.0	2995	5946	3.96	1.28
Colombia	261.2	79.8	1219	110	4.66	1.38
Costa Rica	3.3	59.7	11	119	3.24	2.00
Cuba	200.0	0.0	420	0	2.10	—
Chile	35.0	0.0	n	0	n	—
Ecuador	56.1	58.9	167	148	2.98	2.56
El Salvador	4.5	8.5	n	n	n	n
Guatemala	0.0	11.5	0	26	—	2.26
Guyana	95.8	39.2	249	51	2.60	1.29
Haití	36.0	12.0	83	17	2.31	1.39
Honduras	4.8	19.2	9	21	1.98	1.12
México	99.3	73.7	344	137	3.47	1.85
Nicaragua	11.6	3.4	41	4	3.56	1.09
Panamá	3.4	111.6	4	186	3.64	1.63
Paraguay	19.5	10.5	56	19	2.87	1.81
Perú	93.5	28.5	454	49	4.85	1.71
Rep. Dominicana	61.7	3.3	197	6	3.20	1.90
Surinam	49.0	1.0	n	n	n	n
Uruguay	58.3	0.0	228	0	3.91	—
Venezuela	111.3	36.7	442	65	3.97	1.78
Totales	2055.3	5284.5	7246	6999.4		

n = no disponible

Fuente: Datos suministrados por los participantes en la tercera conferencia del IRTP.

CUADRO 3

Tendencias esperadas de la producción de arroz en América Latina, 1980-1990

País	Sector de riego	Sector de secano
México	Menor énfasis debido al ACP* y la competencia de cultivos de vegetales.	Mayor énfasis debido al BCP** y a su excelente potencial.
América Central	Lento aumento del área pero carencia significativa de infraestructuras.	Mantener el área actual debido al BCP.
Venezuela y Guayana	Leve aumento pero limitado por el costo de la infraestructura.	Incremento esperado con énfasis en Orinoco debido al BCP.
Colombia y Ecuador	Aumento lento en las áreas bajas sujetas a inundación, posibilidades a largo plazo pero alto costo de infraestructura.	Menor énfasis debido a la falta de variedades estables de rendimientos más altos.
Surinam	Se espera aumento del área.	No hay arroz de secano.
Brasil	Se espera aumento del área para mejorar la estabilidad de la oferta, costos de producción altos, a cambio de estabilidad de la oferta.	Se espera aumento del área debido al BCP, afectadas pero por la inestabilidad de la oferta. Áreas nuevas en desarrollo en la hoya del Amazonas y en el Cerrado.
Bolivia	Se espera pequeño aumento.	Mayor énfasis por apertura de nuevas áreas.
Paraguay	Se espera pequeño aumento.	Disminución en el área debido a problemas de sequía.
Perú	Se mantiene el área actual y se desarrolla nueva infraestructura; mayor desarrollo limitado por la provisión de agua.	Se mantiene el área tradicional actual; se esperan nuevas áreas en el Amazonas debido a la migración.

* ACP = alto costo de producción/tonelada

** BCP = bajo costo de producción/tonelada.

CUADRO 4

Distribución porcentual de diferentes variedades en Colombia (1964-1974)

Año	Blue- bonnet-50 (o/o)	Napai (o/o)	Tapuripa (o/o)	ICA-10 (o/o)	IR-8 (o/o)	Enanas IR-22 (o/o)	CICA-4 (o/o)	Otras (o/o)
1964	87	5	—	—	—	—	—	8
1965	87	5	—	—	—	—	—	8
1966	90	—	—	—	—	—	—	10
1967	80	—	7	—	—	—	—	13
1968	53	—	42	—	—	—	—	5
1969	50	—	36	1	5	—	—	8
1970	36	—	26	—	29	—	—	9
1971	35	—	14	—	37	3	4	7
1972	12	—	—	—	27	30	30	1
1973	2	—	—	—	41	39	18	0
1974	1	—	—	—	31	33	27	8

Fuente: FEDEARROZ (1973 y 1975) De El Impacto de las Variedades de Alto Rendimiento en América Latina. G. Scobie y R. Posada, CIAT, 1977.

CUADRO 5

Area, producción y rendimientos del arroz en cáscara por sectores: Colombia (1954-1975)

Año	Sector Secano			Sector Riego			Total		Producción	
	Superf. (ha)	Produc. (t.m.)	Rend. (kg/ha)	Superf. (ha)	Produc. (t.m.)	Rend. (kg/ha)	Superf. (ha)	Produc. (t.m.)	Rend. (kg/ha)	Producción Riego (%)
1954	111.580	123.600	1.105	63.420	171.200	2.700	175.000	294.800	1.685	58
1955	103.920	124.328	1.196	84.070	195.872	2.330	188.000	320.200	1.703	61
1956	119.960	130.210	1.085	70.040	212.290	3.021	190.000	342.500	1.803	62
1957	110.250	130.042	1.180	79.750	220.158	2.761	190.000	350.200	1.843	63
1958	124.800	147.779	1.184	71.200	232.621	3.267	196.000	380.400	1.941	61
1959	153.610	180.366	1.174	52.190	241.734	4.632	205.800	422.100	2.051	57
1960	160.230	186.770	1.166	67.070	263.230	3.925	227.300	450.000	1.980	58
1961	132.100	200.150	1.515	105.000	273.450	2.604	237.100	473.600	1.997	58
1962	154.200	231.310	1.500	125.350	353.690	2.822	279.550	585.000	2.093	60
1963	138.600	206.000	1.486	115.400	344.000	2.981	254.000	550.000	2.165	62
1964	178.300	215.000	1.206	124.200	385.000	3.100	302.500	600.000	1.983	64
1965	244.750	275.600	1.126	130.000	396.400	3.049	374.750	672.000	1.793	59
1966	236.000	338.600	1.435	114.000	341.400	2.995	350.000	680.000	1.943	50
1967	180.850	280.500	1.551	109.850	381.000	3.468	290.700	661.500	2.276	58
1968	150.200	250.600	1.668	126.925	535.000	4.221	277.125	786.300	2.837	68
1969	134.570	220.275	1.637	115.890	474.225	4.092	250.460	694.500	2.773	68
1970	121.113	198.248	1.637	112.100	554.347	4.945	233.213	752.595	3.220	74
1971	109.130	173.696	1.590	144.380	730.652	5.061	253.510	904.348	3.567	81
1972	103.220	160.524	1.555	170.620	882.724	5.174	273.840	1.043.284	3.810	85
1973	98.840	154.769	1.556	192.020	1.021.102	5.318	290.860	1.175.871	4.043	87
1974	95.600	149.830	1.570	272.950	1.420.110	5.200	368.550	1.569.940	4.260	90
1975	95.000	152.000	1.600	273.650	1.480.100	5.408	368.650	1.632.100	4.427	91

* Los datos para dividir entre los sectores de riego y de secano para el período 1955-1962 se estimaron con base en datos departamentales. Para los años restantes los datos son de FEDECARROZ, excepto para 1975, en que son estimativos de la Oficina de Planeación del Sector Agropecuario, Ministerio de Agricultura.

Fuente: El Impacto de las Variedades de Arroz de Alto Rendimiento en América Latina. G. Scobie y R. Posada, CIAT, 1977.

CUADRO 6

Precios del arroz en Colombia (1950-1974)

Año	Precios Nominales			Precios Reales*			Índice de Precios**
	Productor***	Mayorista****	Al Detal****	Productor.	Mayorista	Al Detal	
	(\$/t.m.)			(\$/t.m.)			
1950	350	976	1,020	1,207	3,360	3,517	29
1951	465	944	1,060	1,453	2,950	3,313	32
1952	345	728	920	1,113	2,348	2,967	31
1953	400	1,128	1,240	1,176	3,318	3,647	34
1954	470	1,032	1,160	1,270	2,789	3,135	37
1955	475	928	1,160	1,284	2,508	3,135	37
1956	485	1,048	1,180	1,244	2,687	3,026	39
1957	615	1,472	1,700	1,337	3,200	3,696	46
1958	750	1,480	1,800	1,471	2,902	3,529	51
1959	770	1,456	1,720	1,375	2,600	3,071	56
1960	883	1,936	2,180	1,497	3,281	3,695	59
1961	954	1,864	2,360	1,490	2,913	3,688	64
1962	919	1,728	2,360	1,372	2,579	3,522	67
1963	1,040	2,232	2,569	1,321	2,626	3,012	85
1964	1,347	2,928	3,480	1,347	2,928	3,480	100
1965	1,703	3,616	4,120	1,592	3,379	3,850	107
1966	1,884	3,824	4,460	1,507	3,059	3,568	125
1967	1,914	3,848	4,400	1,418	2,850	3,259	135
1968	2,106	4,032	4,520	1,452	2,780	3,117	145
1969	1,887	3,744	4,460	1,217	2,415	2,877	155
1970	1,850	4,200	4,500	1,121	2,545	2,727	165
1971	1,931	4,272	5,060	1,044	2,309	2,735	185
1972	1,884	4,408	5,260	893	2,089	2,493	211
1973	2,514	7,080	8,000	978	2,755	3,113	257
1974	3,694	8,960	10,660	1,151	2,783	3,311	322

1 Corregidos por el índice de precios de la última columna.

2 Basado en el índice de precios al trabajador para 1954-1974 y ligado al índice total de precios para 1950-1953.

3 Precios de arroz en cáscara obtenidos del Boletín Mensual de Estadística No. 277, DANE, p. 53.

4 Fuente: Precio en diciembre para arroz de primera en Bogotá, Banco de la República (Información sin publicar).

Fuente: El Impacto de las Variedades de Arroz de Alto Rendimiento en América Latina. G. Scobie y R. Posada, CIAT, 1977.

CUADRO 7

Distribución estimada de la producción de arroz de acuerdo con el tamaño de la finca: sector de secano (1970)

Tamaño de finca	No. de fincas	Superficie	Producción*
(ha)	(No.)	(ha)	(t.m.)
0 - 1	2,180	719	1,177
1 - 2	3,402	486	4,069
2 - 3	2,707	3,280	5,368
3 - 4	1,825	3,193	5,226
4 - 5	1,458	3,025	4,951
5 - 10	4,255	9,821	16,076
10 - 20	4,374	12,342	20,202
20 - 30	2,563	7,355	12,039
30 - 40	1,916	5,855	9,583
40 - 50	1,652	5,265	8,618
50 - 100	4,743	18,543	30,354
100 - 200	2,485	16,338	26,745
200 - 500	2,036	15,444	25,281
500 - 1,000	380	8,491	13,899
1,000 - 2,500	131	4,861	7,957
2,500 +	67	4,095	6,703
Totales	36,174**	121,113***	198,248***

* Asumiendo un rendimiento promedio constante de 1.637 kg/ha (Cuadro 11).

** De la Figura 4.

*** Del Cuadro 11.

Fuente: El Impacto de las Variedades de Arroz de Alto Rendimiento en América Latina.
G. Scobie y R. Posada, CIAT, 1977.

CUADRO 8

Distribución estimada de la producción de arroz de acuerdo con el tamaño de la finca: sector de riego (1970)

Tamaño de finca	No. de fincas	Superficie	Producción*
(ha)	(No.)	(ha)	(t.m.)
0 - 1	162	32	158
1 - 2	498	164	811
2 - 3	427	133	658
3 - 4	265	151	747
4 - 5	293	266	1,315
5 - 10	885	908	4,490
10 - 20	1,362	2,336	11,553
20 - 30	920	1,934	9,565
30 - 40	816	2,100	10,386
40 - 50	721	2,147	10,618
50 - 100	2,060	8,262	40,857
100 - 200	2,560	21,071	104,197
200 - 500	1,065	22,569	111,605
500 - 1,000	351	16,049	79,363
1,000 - 2,500	276	16,747	82,815
2,500 +	138	17,231	85,209
Totales	12,799**	112,100***	554,347***

* Asumiendo un rendimiento promedio constante de 4.945 kg/ha (Cuadro 11).

** De la Figura 4.

*** Del Cuadro 11.

Fuente: **El Impacto de las Variedades de Arroz de Alto Rendimiento en América Latina.**
G. Scobie y R. Posada, CIAT, 1977.

NOTA PARA DISCUSION

PROGRAMA DEL CIAT PARA INVESTIGACION EN ARROZ DE SECANO EN AMERICA LATINA

Sinopsis

Algunos gestores de políticas en América Latina se reunieron en el CIAT para discutir el nuevo programa de este Centro sobre investigación en arroz de secano. Dichas personas tienen a su cargo la formulación de políticas nacionales y la determinación de las prioridades de investigación que complementarán el trabajo de investigación del CIAT en arroz de secano.

Antecedentes y Objetivos de la Discusión

Este caso se preparó para ser utilizado en un seminario de la región andina a realizarse en el CIAT. El programa del CIAT para investigación en arroz de secano había sido aprobado al momento de escribir el caso pero el CGIAR no le había asignado los fondos respectivos. Por tanto se pretende que el caso sea "vivo" en el sentido de que el objetivo de la decisión aún esté vigente y presenta una situación de manejo real en la cual los mismos participantes están involucrados.

El objetivo principal de este caso es actualizar a los gestores de política en la región andina con lo que respecta a los esfuerzos de investigación del CIAT en arroz de secano y facilitar el diálogo entre el CIAT y aquellos. La coordinación entre los programas regionales y nacionales y entre las políticas y la investigación nacionales es necesaria para dar un apoyo efectivo a los esfuerzos del CIAT.

Principales temas de discusión

Los principales temas de discusión de este caso van paralelos al proceso de toma e implementación de decisiones.

Primer tema: En un panorama de recursos limitados para la investigación, deben destinarse más recursos de investigación para el arroz de secano o para el arroz bajo riego?

Segundo tema: Suponiendo que se ha tomado la decisión de asignar recursos adicionales a la investigación en arroz de secano, cuáles problemas deben ser objeto de los esfuerzos regionales y/o internacionales?

Tercer tema: Una vez iniciada la investigación en arroz de secano, cómo afectarán las políticas nacionales existentes la difusión de las nuevas tecnologías en arroz de secano, y qué nuevas iniciativas políticas se podrían considerar?

Primer tema

El CIAT ha argumentado que en vista de que el arroz de secano representa el 490/o de la producción total de arroz en América Latina, es esencial que la comunidad internacional de investigación agrícola asigne recursos a la investigación en arroz de secano en esta área. La investigación en arroz se ha orientado tradicionalmente hacia el sector de riego, y se argumenta lo siguiente en favor de la investigación en arroz de secano en América Latina:

1. Más del 700/o del área sembrada en arroz en América Latina corresponde a arroz de secano y sus rendimientos promedian 1.3 ton/ha, en comparación con 3.4 ton/ha del arroz bajo riego.
2. Los principales limitantes de la producción de arroz de secano son la sequía y la piricularia, los cuales, según algunos fitomejoradores, pueden reducirse significativamente por medio de la ingeniería genética en la estructura de las raíces de la planta, de resistencia a las enfermedades, de tolerancia a la sequía, y de otras características. El objetivo fundamental del programa de mejoramiento del CIAT en arroz de secano sería incorporar el potencial de alto rendimiento de las variedades de poca estatura y de tallos firmes desarrolladas por el IRRI a los cultivares tradicionales de secano, los cuales, por medio

de un proceso de selección natural, han desarrollado cierto grado de tolerancia a la sequía, a la toxicidad del suelo y a la piricularia.

3. Aunque la escasez de información lleva a conclusiones un poco tentativas, se reconoce ampliamente que la mayoría de los productores de arroz de secano son productores de subsistencia o semicomerciales que cultivan el arroz en parcelas relativamente pequeñas sin el empleo de insumos.

Hasta ahora la investigación en el sector de riego ha beneficiado relativamente más a los productores grandes y comerciales de arroz de riego que a los productores de secano. La sección correspondiente titula *El Exito en Colombia con el Arroz bajo Riego* ilustra la expansión del sector colombiano de riego y la decadencia del sector de secano durante los años en que se introdujeron al país y ampliamente adoptadas las variedades de alto rendimiento del IRRI.

4. Los costos crecientes de adecuación y de irrigación, así como de los insumos, harán que sea cada vez más elevado el costo unitario del área irrigada para la producción de arroz. Los costos de la producción de arroz de riego tenderán a subir a un ritmo más rápido que los de producción de arroz de secano. Sin embargo, la investigación en arroz de riego ha dado significativos rendimientos en el pasado, mientras que los retornos de la investigación en arroz de secano son más inciertos. Existen problemas metodológicos en la selección por resistencia horizontal (ver Nota Técnica) y problemas de difusión asociados con los recursos limitados del productor de secano y de la distancia de sus cultivos al mercado. Por ejemplo, un economista ha manifestado lo siguiente: varias décadas de investigación en el Africa occidental no condujeron a aumentos significativos en la producción de arroz de secano.

Segundo tema: cuál es el papel del CIAT?

Este será el manejo del flujo internacional de germoplasma (ver el Cuadro 1 del caso) y el mejoramiento por las principales características mencionadas anteriormente. Los esfuerzos del CIAT, sin embargo, no obviarán la necesidad del mejoramiento a nivel nacional; las necesidades específicas de los programas nacionales serán discutidas por los participantes en el seminario, haciendo referencia específica a las condiciones propias de sus respectivos países.

Tercer tema

Haciendo un análisis del impacto de la adopción en Colombia de las variedades bajo riego podemos discutir en forma general la relación entre las políticas nacionales y la difusión de las tecnologías agrícolas. El papel de la inversión gubernamental en irrigación, las políticas de intercambio del gobierno, el papel de las asociaciones privadas de productores, y las políticas de precios incrementaron los aumentos de la producción de arroz en Colombia y determinaron la distribución de los beneficios entre los consumidores, los productores de riego y los productores de secano. Entre 1966 y 1975, el gobierno de Colombia invirtió US\$320 millones en irrigación, limitó las exportaciones de arroz, y permitió que el precio real en el mercado libre del arroz declinara en un 280/o. (Para una discusión detallada de distribución de los beneficios de la investigación en arroz en Colombia, ver *El Impacto de las Variedades de Arroz de Alto Rendimiento en América Latina*, G. Scobie y R. Posada, CIAT, 1977).

Referencias

1. *El Impacto de las Variedades de Arroz de Alto Rendimiento en América Latina*, G. Scobie y R. Posada, CIAT, 1977.
2. *Major Research in Upland Rice*, The International Rice Research Institute, Los Banos, Phillippines, 1975.
3. *Rainfed Lowland Rice: Selected Papers From the 1978 International Rice Research Conference*, IRRI, 1979.

NOTA TECNICA¹

Arroz de Secano: Características Morfoagronómicas y Limitantes a la Producción

El término "arroz de secano" se utiliza para denotar cualquier variedad de arroz *Oryza sativa* u *Oryza glaberrima* que se adapte bien al cultivo de secano. Aunque no existen características morfológicas claras que distingan al arroz de secano de las variedades tropicales de arroz bajo riego, la selección durante muchos años bajo condiciones específicas de clima, suelo y prácticas culturales, ha resultado en una variabilidad pronunciada en las variedades de arroz de secano. Cualquier variedad de arroz se puede cultivar bajo riego o en secano, pero su crecimiento y rendimiento pueden ser marcadamente diferentes.

¹Esta Nota Técnica se recopiló a partir de las siguientes fuentes: "Varietal diversity and morpho-agronomic characteristics of upland rice" por Te Tzu Chang y Benito S. Vergara, "Factors that limit the growth and yields of upland rice" por Shouklic Yoshida ambos aparecidos en *Mayor Research in Upland Rice*, International Rice Research Institute, Los Baños, Filipinas 1975. Como fuentes sin publicar se incluyen las entrevistas con el Dr. Hector Weeraratne, fitomejorador de arroz del CIAT, y con el Dr. Douglas Laing, director de Investigación en Cultivos del CIAT, abril de 1980.

La mayoría de las variedades tradicionales adaptadas a las condiciones culturales de secano tienen alturas de planta desde medianas hasta altas y hojas relativamente largas y de color verde claro. Otras características son: habilidad para el macollamiento (baja a mediana), panículas largas y bien exertas, maduración buena desde 105 hasta 135 días, buena resistencia a la piricularia y tolerancia a la sequía.

Debido a que las variedades de secano han sido sometidas a selección durante siglos bajo condiciones culturales de secano, se encuentran barreras a la recombinación genética (tales como la esterilidad en la generación F₁) cuando se hibridizan con variedades de riego de la misma región geográfica.

Para permitirles competir exitosamente con las malezas, las variedades de secano generalmente emergen del suelo poco tiempo después de la siembra directa y sus plántulas experimentan un crecimiento vigoroso. Bajo condiciones de secano favorecido, las variedades de secano parecen crecer con el mismo vigor que las variedades bajo riego.

Las variedades tradicionales de secano generalmente producen menos tallos que las variedades de riego. Esta baja capacidad de macollamiento limita su rendimiento aún en las condiciones culturales más favorables. Los experimentos del IRRI han demostrado que mientras el tope de rendimiento para las variedades de secano más tradicionales es de aproximadamente 4 ton/ha, las variedades de alto rendimiento del IRRI han logrado rendimientos de casi 7 ton/ha, con la aplicación de tasas altas de nitrógeno. La estatura alta de la planta, la precocidad y los tallos relativamente altos de las variedades de secano aumentan su susceptibilidad al volcamiento en condiciones de alta fertilidad y limitan su respuesta al nitrógeno.

Limitantes a la producción

Normalmente el arroz de secano tiene menores rendimientos de grano que el arroz de riego. La planta de arroz cultivada bajo condiciones de secano, y por tanto sujeta a los diferentes grados de estrés por sequía, generalmente es más corta, con menos tallos y menor área foliar. El arroz de secano tiene una floración más tardía que el arroz de riego, produce menos materia seca, y produce una proporción menor de grano en relación a la cantidad de paja, además de mostrar tasas altas de esterilidad cuando sufre estrés por sequía.

Competencia de malezas

Las condiciones de fangueo bajo las cuales se cultiva el arroz de riego controlan efectivamente el crecimiento de malezas. Las condiciones ambientales del cultivo de arroz de secano permiten la proliferación de malezas las cuales compiten con el arroz por agua, luz y nutrientes. Sin embar-

go, las malezas no son el principal factor limitante de los rendimientos del arroz de secano, pues se ha demostrado que aún en los casos donde se ha eliminado tal competencia, los rendimientos del arroz son más altos bajo riego que bajo condiciones de secano.

Estrés por sequía

El estrés por sequía parece ser el principal factor limitante del rendimiento y crecimiento del arroz de secano. La planta de arroz parece ser más sensitiva a la sequía desde la etapa de división celular hasta la floración. A partir de los 11 días hasta tres días antes de la formación de la panícula la sequía puede reducir los rendimientos al causar una alta incidencia de esterilidad (Cuadro. . .). Cuando la humedad es adecuada, el nitrógeno tiende a ser el factor más limitante.

El estrés por humedad interna en la planta de arroz se presenta cuando ésta pierde más agua de la que absorbe a través de sus raíces. Las variedades de arroz de raíces más largas y mejor desarrolladas son capaces de absorber el agua más efectivamente y tienen mayores posibilidades de evitar el estrés por sequía bajo condiciones de secano. Durante los períodos secos, las mayores fuentes de agua para la planta son la humedad por lluvias anteriores retenida en el suelo y el agua subterránea. La humedad del suelo aumenta a medida que aumenta su profundidad.

El grado en que el agua subterránea sirve como fuente de humedad depende de la profundidad a que ésta se encuentre y dé la capacidad de retención de agua del suelo, la cual varía bastante. Los suelos de textura arcillosa tienen una capacidad de almacenamiento 9 a 18 veces mayor que la de un suelo fino arenoso. El agua puede ascender más a través de suelos de textura fina que a través de suelos de textura gruesa.

El estrés por humedad también se relaciona con la radiación solar, y con la temperatura y humedad del aire. En una serie de experimentos de sombrero llevados a cabo por el IRRI, la sombra disminuyó los rendimientos cuando la provisión de agua era adecuada, pero ayudó a la conservación del agua, reducción del estrés por sequía y contribuyó a aumentar los rendimientos bajo condiciones de secano.

(Cuadro . . .) En uno de los experimentos del IRRI, las plantas de arroz mostraron signos visibles de estrés por sequía en un día nublado solamente cuando la humedad del campo se redujo al 350/o de su capacidad. En días soleados, sin embargo, las plantas presentaron el mismo grado de estrés por sequía cuando la humedad del campo se encontraba en el 700/o de su capacidad.

La transpiración es la pérdida de vapor de agua de una planta. La tasa de transpiración es el número de gramos de agua que se transpiran por cada gramo de materia seca producida. La tasa de transpiración de la planta de arroz generalmente varía entre 250 y 350 g/g dependiendo de la humedad del suelo, la variación del clima y el estado de crecimiento de la planta. La tasa de transpiración del arroz es aproximadamente el doble de la del sorgo, lo que indica que el sorgo utiliza el agua con más o menos el doble de eficiencia que el arroz.

Necesidades de nutrición mineral del arroz de secano

El arroz de secano demanda más en términos de nutrición mineral que el arroz de riego. Se necesita aplicar más fósforo al arroz de secano, en parte porque hay menos disponibilidad de fósforo bajo condiciones aeróbicas y ácidas y en parte debido a la alta fijación de fósforo, característica de los suelos de secano. El nitrógeno, que comunmente se encuentra en la forma de amonio en los suelos bajos, se encuentra como un nitrato en los suelos de secano. Puesto que el nitrato se filtra en el suelo más rápidamente que el amonio, una aplicación de nitrógeno en varias dosis es más importante para el arroz de secano que para el de riego. El hierro y manganeso se encuentran con mayor facilidad en los suelos sumergidos que en los suelos de secano, lo cual implica deficiencias de estos metales. Por el contrario, hay más disponibilidad de zinc en los suelos de secano que en los suelos sumergidos.

Toxicidad por aluminio

Gran parte del área sembrada con arroz de secano en América Latina se caracteriza por tener suelos con alta toxicidad de aluminio.

Un nivel alto de saturación de aluminio restringe el crecimiento de las raíces en el subsuelo aunque haya agua "disponible". Por tanto en un suelo con un rango estrecho de capacidad de retención de agua, una determinada cantidad de ésta puede no estar disponible debido al poco crecimiento de las raíces. El enclavamiento permite un crecimiento excelente de las raíces en la primera capa del suelo pero no soluciona el problema. Estos factores se combinan y ocasionan a la planta en crecimiento el estrés por sequía cuando se presentan períodos sin lluvia de 6 a 8 días. El grado de severidad de estas condiciones depende en gran parte de la condición de saturación de Al en el subsuelo.

Piricularia

Las enfermedades básicas del arroz de secano son similares a las que padece el arroz de riego. La ausencia de agua de inundación, sin embargo, crea un microclima alrededor de las plantas que favorece el desarrollo de ciertas enfermedades, particularmente debido a la mayor acumulación de rocío cuando no se practica el fangueo, el cual tiende a amortiguar las diferencias de temperatura entre el día y la noche.

Pyricularia oryzae es la enfermedad que ocasiona las mayores pérdidas de rendimientos del arroz a nivel mundial. En el arroz de secano, *P. oryzae* es una enfermedad de mayor gravedad que bajo condiciones de riego, y las epidemias a grande escala son comunes en América Latina. La mayoría de las variedades comerciales de alto rendimiento de riego y de secano no tienen prácticamente ninguna resistencia efectiva a esta enfermedad.

Hasta la fecha, la estrategia de mejoramiento utilizada para superar la piricularia ha sido la incorporación de un gene simple con resistencia a los cultivares de alto rendimiento. Como el patógeno es capaz de mutar continuamente, esta resistencia de un solo gene ha fallado con el tiempo, dejando las plantas nuevamente susceptibles.

Ha llamado la atención de los científicos especialistas en arroz, que muchas variedades tradicionales de secano coexisten en aparente equilibrio genético con el patógeno de piricularia debido al desarrollo de una forma de "resistencia de campo" conocida también como resistencia horizontal o "ataque lento". Esta resistencia es estable a través del tiempo y limita la dispersión de la piricularia y el alcance de la pérdida. Dada la complejidad de la estructura genética de la resistencia horizontal al añublo, la transferencia de este tipo de resistencia genética a variedades modernas de alto rendimiento es un proceso difícil y lento. Uno de los obstáculos es la falta de una técnica práctica para identificar la resistencia genética al ataque lento, en las poblaciones F₂. Otra dificultad ha sido la calidad inaceptable del grano que ha caracterizado los materiales retardadores de piricularia, cruzados hasta la fecha.