



## DIALOGO XXXIII

# MEJORAMIENTO DE ARROZ

CA  
SUR#36  
ALOGO  
XXIII  
1991

---

PROGRAMA COOPERATIVO PARA EL DESARROLLO  
TECNOLOGICO AGROPECUARIO DEL CONO SUR



PROGRAMA COOPERATIVO PARA EL DESARROLLO TECNOLÓGICO AGROPECUARIO DEL CONO SUR  
PROCISUR

## DIALOGO XXXIII

# MEJORAMIENTO DE ARROZ

Reunión sobre Mejoramiento de Arroz en el Cono Sur

Goiânia, GO, Brasil

17 - 21 julio 1989

EDITOR: *Dr. Juan P. Puignau*

IICA  
Montevideo, Uruguay  
1991



Reunión sobre Mejoramiento de Arroz en el Cono Sur

(1989 jul. 17 - 21 : Goiânia, Brasil)

/ Trabajos / Reunión sobre mejoramiento de arroz en el Cono Sur. -- ed. por  
Juan P. Puignau. -- Montevideo : IICA - PROCISUR, 1991.

150 p. -- (Diálogo / IICA - PROCISUR ; no. 33)

ISBN 92-9039-179-0

/ARROZ/ /ORYZA/ /FITOMEJORAMIENTO/ /ARROZ IRRIGADO/ /URUGUAY/  
/CHILE/ /ARGENTINA/ /BOLIVIA/ /BRASIL/ /PARAGUAY/  
AGRIS F30

CDD 631.53

*Las ideas y planteamientos contenidos en los artículos firmados son propios del autor y no representan necesariamente el criterio del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.*

IICA  
PROCISUR  
# 36  
DIALOGO  
XXXIII  
1997

Este DIALOGO reproduce los trabajos presentados en la Reunión sobre Mejoramiento de Arroz en el Cono Sur, realizada en Goiânia, GO, Brasil del 17 al 21 de julio de 1989.

Dicha Reunión se desarrolló con los aportes del BID en el marco del Convenio IICA/BID/PROCISUR (ATN-TF-2434-RE).

El Ing. Agr. Adelqui Damilano tuvo a su cargo la coordinación general de la actividad.

El Dr. Ariel Aldrovandi colaboró en la labor editorial.

This One



7NCX-17F-FP7K

Digitized by Google



## Presentación

**E**ste DIALOGO es el resultado del primer encuentro de investigadores de arroz en el ámbito del PROCISUR.

*El Programa Cooperativo incluía actividades de arroz dentro del Subprograma Cultivos de Verano, pero dada la importancia de este producto, a partir de abril de 1990, se formalizó un Proyecto específico.*

*Fue muy oportuno que se empezase justamente por el tema de mejoramiento genético, pues esta disciplina se vincula a todas las demás áreas de la investigación de un cultivo.*

*Las disertaciones aquí integradas son útiles no sólo a los mejoradores, sino a cualquier investigador de arroz. Además de informar detalladamente sobre algunos temas específicos del mejoramiento genético del arroz, las exposiciones nos presentan un panorama general de la producción y de la investigación que cada país hace en ese cultivo.*

*Este será, seguramente, apenas el primero de una serie de DIALOGOS sobre diferentes aspectos del cultivo de este cereal tan importante - social y/o económicamente-, para los países del Cono Sur.*

**Amélio Dail'Agnol**  
*Secretario Ejecutivo PROCISUR*





---

---

# Índice

-	Presentación, por Amélio Dall'Agnol .....	I
-	Índice .....	III
-	Introducción, por A. Damilano .....	1

## Informes de los países

-	Mejoramiento de arroz en la Argentina, por A. Carcaño y A. Livore .....	5
-	Mejoramiento de arroz en Santa Cruz - Bolivia, por N. Reyes y R. Candia .....	19
-	Melhoramento genético de arroz irrigado no Brasil, por R. de Paula Ferreira, P. H. Nakano Rangel, E. da Maia de Castro, S. Teixeira, V. dos Anjos Cutrim e R. de Paula Ferreira .....	29
-	Melhoramento de arroz irrigado na região sul do Brasil, por P. Carmona .....	37
-	Melhoramento do arroz para cultivo em condições de sequeiro no Brasil, por E. Pacheco Sant'Ana e O. Peixoto de Moraes .....	41
-	Mejoramiento de arroz en Chile, por J. R. Alvarado .....	51
-	Mejoramiento genético de arroz en el Paraguay, por J. Rodas González y J.R. Aldama .....	63
-	Mejoramiento de arroz en Uruguay, por N. Chebataroff .....	65

## Trabajos presentados

-	Avaliação e seleção no melhoramento de arroz visando resistência a brusone e mancha parda, por A. Sitarama Prabhu e R. de Paula Ferreira.....	75
-	Melhoramento para toxidez por ferro, por R. Bacha .....	87
-	Melhoramento de arroz irrigado para tolerância ao frio no Rio Grande do Sul - Brasil, por A. Laerte Terres .....	91
-	Mejoramiento del arroz en Chile por tolerancia a frío, por J. R. Alvarado y P. Grau .....	105
-	Programa arroz híbrido no CNPAF, por P. de Carvalho F. Neves e J. Taillebois ..	115

- Programa de seleção recorrente em arroz no CNPAF, por P. de Carvalho F. Neves e J. Taillebois .....	<b>119</b>
- A técnica da cultura de anteras no melhoramento de arroz irrigado do CPATB/EMBRAPA, por A. Laerte Terres .....	<b>123</b>
- Biotecnologia nos programas de melhoramento de arroz, por A. de Barros Freire e I. Reiffers .....	<b>133</b>
- Banco ativo de germoplasma de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.), por M. Silva Freire .....	<b>139</b>
- Fitopatología en arroz en Uruguay - Líneas de investigación, por S. Avila.....	<b>143</b>
- Lista de participantes .....	<b>147</b>
- Nota del editor .....	<b>149</b>

## Introducción

Para el cultivo de Arroz en el Cono Sur de América Latina, pueden distinguirse dos tipos de países, por una parte la Argentina, Uruguay y el Sur de Brasil, que producen arroces de grano largo y alta calidad, y por el otro lado el resto de los países del Area, que producen y consumen arroces de baja calidad, debiendo recurrir frecuentemente a la importación para cubrir su déficit.

En el Centro Nacional de Pesquisa de Arroz en Goiânia Brasil, entre los días 17-21 de julio de 1989, se realizó una reunión sobre Mejoramiento Genético de este cultivo. Su objetivo fue analizar los problemas relacionados con dicho tema en los distintos países del área en el marco del Convenio IICA/BID/PROCISUR.

La mecánica de la reunión consistió en que cada país realizaba una presentación general sobre la situación del mejoramiento en su medio, teniendo en cuenta: material genético, procedencia, métodos de mejoramiento utilizados, evaluación etc; ya sea material de secano o de riego.

Ello motivó un profundo cambio de ideas y experiencias, que contribuirán en forma importante en nuevas metodologías de trabajo en sus respectivos países. Por otro lado se señala la importancia de reuniones periódicas, de este tipo, a los efectos de uniformar criterios y metodologías de trabajos de investigación.

*Ing. Agr. Adelqui L. Damilano  
Coordinador Internacional del  
Proyecto Arroz*





***Informes de los países***



# Mejoramiento del arroz en la Argentina

por Arturo David Carcaño \* y Alberto Livore \*\*

## CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

La República Argentina tiene un territorio de 2.777.000 km<sup>2</sup>., con una población de 31.030.000 de habitantes (año 1986).

Administrativamente está conformada por un gobierno central y gobiernos provinciales. La ciudad capital es Buenos Aires.

En la parte oeste del territorio continental se destaca la Cordillera de los Andes, cuya altura alcanza a casi 7.000 m. Desde allí el territorio se extiende hacia el este hasta el Océano Atlántico formando una amplísima planicie que la caracteriza.

Las precipitaciones son abundantes, especialmente en la zona noreste del país, disminuyendo hacia el este.

El clima es muy variado, observándose desde climas subtropicales en el norte (cálido en verano y templado en invierno), hasta climas fríos al sur.

Teniendo en cuenta la clasificación realizada por De Aparicio y Difrieri (1958), existen en nuestro país cuatro categorías principales (cálidos, templados, áridos y fríos) y dieciséis tipos. (Figura N° 1).

La producción de arroz de la República Argentina, de acuerdo con esta clasificación climática, está

localizada principalmente en dos de las categorías principales (climas cálidos y climas templados) y dentro de las categorías a los tipos: a) subtropical sin estación seca y b) templado pampeano.

El clima subtropical sin estación seca, se caracteriza tanto por la escasa oscilación anual de la temperatura, como por las precipitaciones que no faltan en ningún mes del año.

Los límites de esta región son al oeste de la isohieta de 1.000 mm. anuales y hacia el sur la isoterma media anual de 20°C.; como límite sur más preciso, puede tomarse el paralelo de 31° de latitud sur. Dicha región se extiende entre los paralelos de 25° y 31° de latitud sur con una altura sobre el nivel del mar que en ningún caso llega a los cien metros.

Los climas templados se encuentran en el sector de mayor significación demográfica dentro del país. El templado pampeano está localizado en el centro de Santa Fe, centro sur de Entre Ríos, este de Córdoba, nordeste de La Pampa, el territorio de la Provincia de Buenos Aires, excluida de la zona litoral atlántico.

La producción de arroz de la República Argentina se encuentra en la Región del Litoral Argentino (R.L.A.) y si consideramos la clasificación climática precedente, se puede dividir a la región en dos grandes áreas: a) Subregión Litoral Norte (S.L.N.) a la coincidente con el tipo de clima subtropical sin estación seca y b) Subregión Litoral Sur (S.L.S.) a la concordante con el templado pampeano.

La zona más productiva del país se encuentra en la parte central del territorio, en la Pampa Húmeda, donde se cultivan el trigo, el maíz, el girasol, el sorgo, la soja, frutales, y numerosas especies de ganado.

\* M. Sc. Coordinador del Proyecto Arroz EEA Corrientes/INTA, Corrientes, Argentina.

\*\* Ph. D. EEA Concepción del Uruguay/INTA, Concepción del Uruguay, Entre Ríos, Argentina.

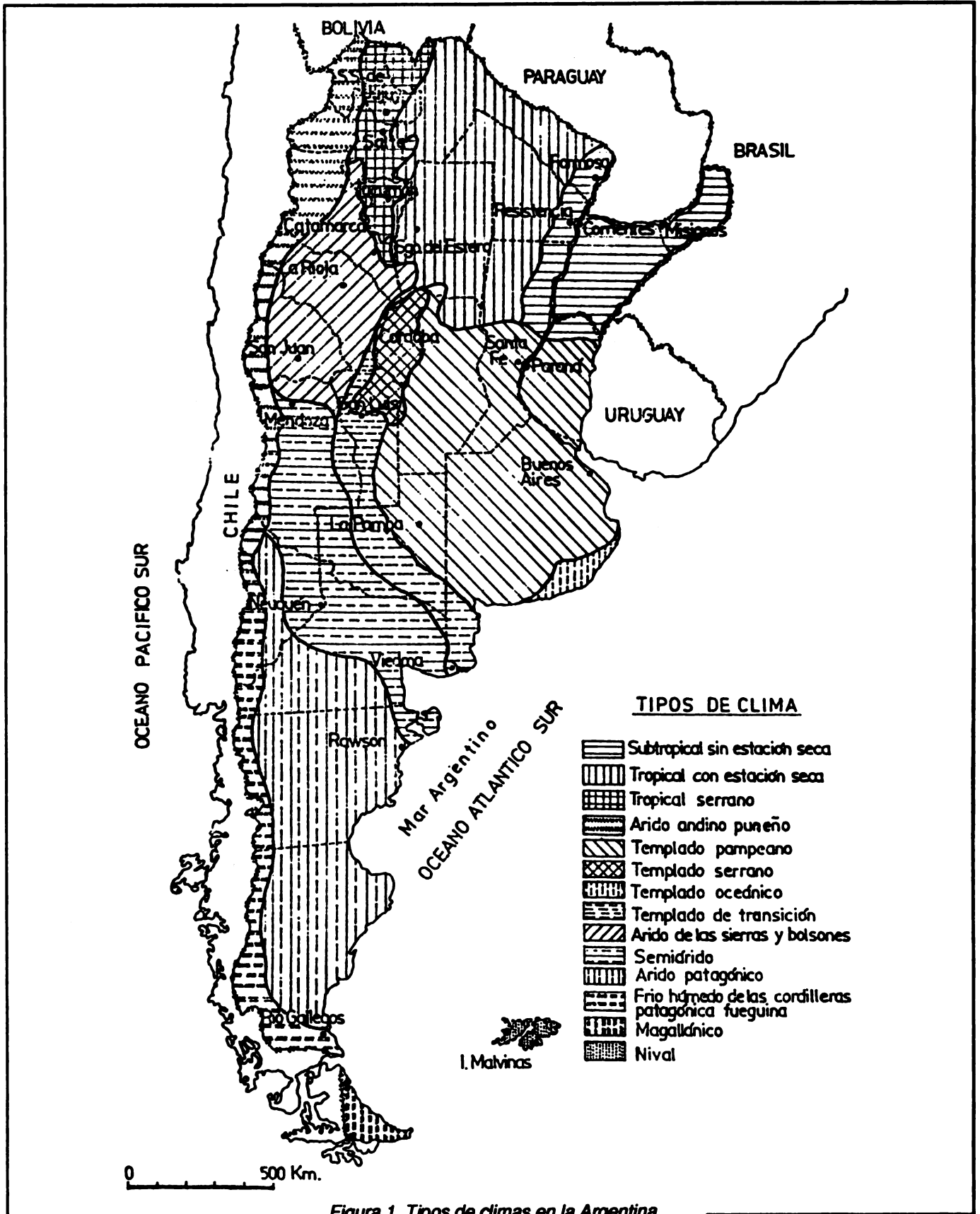


Figura 1. Tipos de climas en la Argentina



El área total destinada a las actividades agropecuarias era de 175 millones de ha. en 1937, cifra que ascendió a unos 200 millones de ha. en 1952, para disminuir luego a unos 175 millones de ha. en 1960. Luego se incrementó nuevamente, estimándose que, actualmente, es de unos 210 millones de ha. en 1937, estimándose que dicha cifra no se ha modificado sustancialmente.

Según cifras del censo del año 1914, las explotaciones agropecuarias de más de 10.000 ha. representaban un 33,3 por ciento del total, según el censo del año 1974 dicho porcentaje ha sido del 33,2 por ciento.

#### CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PROVINCIA DE CORRIENTES

La provincia de Corrientes, localizada en el noreste de la República Argentina, ocupa una superficie de 88.199 km<sup>2</sup>, abarcando el 2,3 por ciento del territorio nacional.

La provincia tiene una población de 661.000 habitantes y una densidad demográfica de 7,5 hab./km<sup>2</sup>. Dicha población se encuentra distribuida de la

siguiente manera: el 27 por ciento (180.000 habitantes) en la ciudad de Corrientes, capital de la Provincia; el 7,1 por ciento (47.000 habitantes) en la ciudad de Goya; el 3,7 por ciento (25.000 habitantes) en

Curuzú Cuatiá y el 3,6 por ciento (24.000 habitantes) en Paso de los Libres. La población urbana asciende a 64 por ciento y la rural al 36 por ciento.

El 74,4 por ciento del territorio de la provincia está ocupado por tierras cultivadas y pasturas naturales, y el 11,4 por ciento por montes y bosques naturales sobre una superficie considerada de 7.380.000 ha.

De las 316.000 ha. de tierras cultivadas, el 17,4 por ciento está destinado a arrozales y el 8,1 por ciento al cultivo de naranjas. Entre los demás renglones cultivados se destacan el tabaco, la yerba mate, la mandarina, el té y otros cultivos.

Se cuenta con 7.551.000 cabezas de ganado, de las cuales el 58,4 por ciento es bovino, el 29,1 por ciento es ovino, el 12,0 por ciento es equino y el 0,5 por ciento es porcino.

En el Cuadro 1 se presentan datos climáticos de la provincia de Corrientes.

Cuadro 1: Registros meteorológicos de la provincia de Corrientes

	Temperatura Media Mensual (°C)	Precipitación Media Mensual (mm.)	Hemorfanía efectiva Media	Fotoperíodo H/T/A.
Enero	25,5	164,23	8,9	13,7
Febrero	25,8	116,69	8,4	13,0
Marzo	24,0	156,67	7,7	12,2
Abril	20,5	136,35	6,5	11,4
Mayo	18,6	82,81	6,4	10,7
Junio	14,1	53,34	4,9	10,4
Julio	15,0	39,40	5,7	10,5
Agosto	16,4	50,97	5,8	11,1
Septiembre	17,6	62,06	6,9	11,9
Octubre	21,5	121,92	7,3	12,8
Noviembre	22,7	133,81	7,6	13,5
Diciembre	25,4	106,17	9,2	13,9

### Suelos de la provincia de Corrientes

La diversidad de factores pedo-genéticos concurrentes y el grado de incidencia de cada uno de ellos, reflejados en la morfogénesis de los individuos-suelos, hace que esta provincia como pocas en nuestro país, exhiba un verdadero mosaico de suelos.

Dentro de su territorio se encuentra hasta hoy, siete de los diez órdenes del Soil Taxonomy.

Predominan los Alfisoles y Entisoles, le siguen en ese orden los Molisoles, Ultisoles, Ventisoles, Inceptisoles e Histosoles.

Los Ultisoles y Ventisoles, solamente se los encuentra en la región oriental (NE y SW respectivamente).

La gran mayoría de los suelos presentan régimen ácuico (drenaje deficiente, relieve plano); un porcentaje no despreciable es údico, todos bajo régimen hipotérmico.

Las tierras de acuerdo a su potencial de uso se distribuyen de la siguiente manera:

- 1.800.000 ha., de uso agrícola y forestal (20%)
- 1.400.000 ha., afectadas por exceso de humedad, aptos para el cultivo del arroz (16%).
- 4.000.000 ha., como campo natural de pastoreo, que sufren anegamientos periódicos de exceso de humedad (45%).
- 1.700.000 ha., ocupadas por agua permanente o semipermanente, con aptitud para la recreación o conservación de la fauna silvestre (19%).

El Cuadro 2, muestra la distribución de las tierras, de acuerdo a los suelos de aptitud arrocera de la Provincia, del cual surge la potencialidad de uso de casi dos millones de hectáreas aptas para el cultivo de arroz.

Cuadro 2: Distribución de las tierras por aptitud arrocera

Familias de Suelos	Aptitud de las Tierras	Superficie total (Ha.)	% Superficie total	Superficie para arroz por Clase ha.	% total por Clase
Gobernador Martínez	Clase I	158.000	100	-	-
Carolina	Clase I	266.000	100	-	-
Gobernador Martínez	Clase I	15.000	100	489.000	24,5
Paso de los Libres	Clase I	500.000	10	-	-
Timbauva	Clase I/II	1.400.000	15	20.000	1
Peruggorria	Clase II/III	1.860.000	10	186.000	9
Sta. Lucía	Clase II/III	1.000.000	30	100.000	5
Malezal	Clase III/IV	2.000.000	50	1.000.000	5
Iberá	Clase III/IV	1.000.000	20	200.000	60
<b>Total</b>				<b>1.995.000</b>	<b>99,5</b>

## SITUACIÓN DEL CULTIVO DEL ARROZ EN LA ARGENTINA

### Breve reseña histórica

Los primeros conocimientos sobre este cereal en nuestro país, fueron dados por el Comisionado Español en Paraguay, Don Félix de Azara, en el siglo XVIII, quien en sus relatos señala que fue introducido por los Jesuitas, desde Brasil a las Misiones Jesuíticas. También informa de la existencia del cultivo de arroz en la provincia de Tucumán, indicando como posible la introducción desde Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.

El cultivo fue incipiente hasta el año 1931, siendo la superficie sembrada de 3.500 ha., y el 80 por ciento del consumo interno provenía de la importación.

En el año 1932 comienza la producción arrocería Argentina a escala comercial; ésto se debió a la creación del impuesto a la importación de arroz con cáscara y elaborado respectivamente, continuando hasta el presente de manera ininterrumpida.

Por la razón anteriormente señalada, en la década del 30 se inició la expansión del cultivo de arroz, alcanzando la superficie sembrada a 33.000 ha., y en la década posterior continúa el incremento del área sembrada hasta las 50.000 ha. El aumento de la superficie es constante a través de los años, registrándose la máxima superficie sembrada en la campaña agrícola 1983/84, con 135.000 ha.

Hasta el año 1930 el cultivo del arroz, se encontraba en la provincia de Misiones y en las del noreste argentino, Salta, Tucumán y Jujuy.

A partir de ese año, se localiza en la Mesopotamia, comenzando por Corrientes, expandiéndose luego por Entre Ríos y Santa Fe, hasta que en la década del 70 comenzó a desarrollarse también en las provincias de Chaco y Formosa.

La primer tentativa de cultivar arroz en la provincia de Corrientes se remonta al año 1913, año en el cual, el novelista español Vicente Blasco Ibáñez, en la Colonia fundada por él y denominada "Nueva Valencia", hizo sembrar una pequeña parcela con semilla traída

desde Valencia, España. Dicha colonia está ubicada en la localidad hoy llamada Riachuelo.

### Mejoramiento genético del arroz en la Argentina

El mejoramiento genético del arroz en la Argentina se inició en la década del 30, con la creación de las Estaciones Experimentales de Guemes (Salta) y de La Plata (Buenos Aires), ambas dependientes del Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Nación.

Merece destacarse la labor realizada por el Ingeniero Agrónomo Erbio Bragadin, Técnico del Ministerio de Agricultura y Ganadería, que desempeñó sus actividades en la Estación Experimental de Salta, cuyos logros fueron el registro de las variedades: "Blue Rose sel. M.A.", "Japonés Gigante sel. M.A." y "Yamaní sel. M.A.", obtenidas por medio de la introducción de cultivares y posteriores selecciones.

La variedad "Blue Rose" del M.A., por sus cualidades agronómicas y su excelente calidad industrial, alcanzó una amplia difusión en la provincia de Corrientes. Su grano es clasificado comercialmente como tipo Carolina y fue con esta variedad con la que se inició la exportación al mercado europeo dada su gran calidad comercial. Fue cultivada hasta los primeros años de la década del 60.

Otra variedad que tuvo gran difusión fue "Yamaní sel. M.A.", siendo su grano clasificado como tipo corto o Japonés, y sirvió de base para la exportación al Japón hasta el año 1955.

En el año 1932, el Ingeniero Agrónomo Julio Hirshhorn inicia los trabajos de mejoramiento genético en la Estación Experimental de Arroz, de la Facultad de Agronomía de La Plata, la que hoy lleva su nombre.

Como fruto de la técnica de la hibridación, en el año 1947 se inscribieron las primeras variedades obtenidas por cruzamiento dirigido, las mismas fueron: "Victoria F.A.", "Cumé man F.A." y "Chacarero F.A."

Entre éstas variedades se destacó "Chacarero F.A.", la que permitió la incorporación de la Provincia de Entre Ríos a la producción arrocería. Dicha variedad

sobresalió por su rusticidad y adaptabilidad a las condiciones ecológicas de Entre Ríos, brindando además buenos rendimientos aunque mediana calidad de grano.

El Ingeniero Agrónomo Julio Hirschhorn, utilizó germoplasma de origen italiano, tratando de incorporar a su material la característica de mayor precocidad.

Posteriormente se continuó el mejoramiento de las características de rendimiento y calidad comercial y culinaria.

En esta etapa es destacable la labor desarrollada por los Ingenieros Agrónomos Claudio Court y Julio Hirschhorn, quienes marcaron un hito en la difusión del cultivo.

En el año 1963 se inscribieron las variedades "L.P. Gualayán F.A." y "L.P. Itapé F. A.", y en 1965 "L.P. Ayuí F.A.". Las dos primeras poseen un grano que se clasifica comercialmente como grano mediano Carolina, y la última como grano corto Japonés. Estas variedades fueron el logro de la labor desarrollada por la Estación Experimental de La Plata.

La variedad "L.P. Itapé F.A.", se difundió rápidamente en la Provincia de Entre Ríos, por sus cualidades tanto agronómicas como industriales, pero tiene el inconveniente de ser susceptible a la enfermedad denominada "quemadura del Arroz", provocada por un hongo; no obstante, a pesar de esto, hasta 1980 cubría el 60 por ciento de la superficie cultivada de dicha provincia.

Con la creación del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), se intensifica y coordina el trabajo de investigación y mejoramiento del cultivo del arroz en el ámbito nacional, mediante el Programa Nacional de Arroz del INTA, en el que participan la Estación Experimental Regional Agropecuaria de Corrientes, la Estación Experimental Agropecuaria de Concepción del Uruguay (Entre Ríos) y la Estación Experimental de Arroz de la Facultad de Agronomía de La Plata (Buenos Aires), a través del Convenio INTA -Facultad de Agronomía de La Plata.

A mediados de la década del 60, ocurrieron dos hechos fundamentales, que hicieron que el mejoramiento genético iniciara planes para nuevos objetivos. Uno de ellos tiene relevancia a nivel nacional, que coincide con el deseo de los productores de cultivar variedades de arroz cuyo grano posea el tipo comercial Doble Carolina. El otro hecho tiene implicancia a nivel internacional, el mercado externo principalmente el europeo, cambia de preferencia en el consumo, inclinándose hacia tipos de arroz de grano Largo Fino.

La Estación Experimental "El Sombrerito" del INTA en Corrientes, trabajó en la selección de formas superiores, a partir de materiales introducidos desde el Brasil y los Estados Unidos, los cuales presentaban cierto grado de variabilidad.

En 1967, la citada Experimental inscribió la variedad "Fortuna INTA", la cual satisfizo los requerimientos del mercado interno. En el año 1971, registró la variedad "Bluebonnet 50 INTA", cuya calidad de grano es acreditada internacionalmente. Esta última variedad, por la característica mencionada, es utilizada como patrón en la tipificación comercial de nuestros arroces de grano Largo Fino. Ambas variedades todavía están en cultivo.

La Estación Experimental de Concepción del Uruguay, Entre Ríos, ha tenido una fecunda labor en la obtención de variedades, entre las que pueden mencionarse por su difusión en el gran cultivo las siguientes: Yerúa, Arroyo Grande, Montiel, Lucas, Palmar, San Miguel, Villaguay, Guayquiraró.

#### **Tipos comerciales de arroz**

La producción nacional de los distintos tipos comerciales de arroz, en base a los elementos disponibles en materia estadística de los últimos años, muestra un cambio en la producción relativa de los distintos tipos comerciales. Esto puede verse en el Cuadro 3.

En el año 1974 la participación de los diferentes tipos comerciales, era la siguiente: dentro del tipo comercial Grano Largo, los dos subtipos presentaban

Cuadro 3. Producción nacional de los distintos tipos comerciales de arroz

Tipo comercial		73/74 %	83/84 %
Grano largo	Subtipo Doble Carolina	26,4	27
	Subtipo Largo - Fino	31,0	65
Grano mediano o Carolina		39,3	8
Grano corto o Japonés		3,3	

una producción relativa de 26,4 y 31 por ciento para el Largo Ancho y el Largo Fino, respectivamente. El tipo comercial Grano Mediano o Carolina era el de mayor participación relativa con el 39,3 por ciento.

A partir de 1975/76, surgió un cambio en las preferencias de los mercados, marcando una tendencia preferencial hacia el tipo comercial Grano Largo, subtipo Largo-Fino. La Argentina reduce la producción del tipo de grano Mediano o Carolina, que del 39,3 por ciento pasa a un ocho por ciento, valor éste que se alcanza en la campaña 80/81, manteniéndose dicho nivel relativo de producción para la campaña 83/84. Este cambio se produce principalmente en Entre Ríos, que era la provincia productora de grano Mediano.

El subtipo Largo-Fino incrementa su participación relativa pasando del 31 al 65 por ciento. El subtipo Doble Carolinà mantuvo su participación relativa con valores prácticamente estables, que oscilaron entre el 26 y 27 por ciento; mientras que el tipo de Grano Corto o Japonés muestra una tendencia declinante, siendo prácticamente nula su producción.

Del análisis del Cuadro 3, surge claramente el marcado cambio en el tipo comercial de arroz producido en la Argentina y la evolución y tendencias que han tenido los diferentes tipos comerciales

En resumen, el país pasó a ser un productor de arroz principalmente del tipo comercial Largo, subtipo Fino, evidentemente influenciado por la preferencia manifiesta de la demanda y que se refleja también en los precios diferenciales pagados por los distintos tipos comerciales.

#### Cultivo y producción

Considerando la década de 1977 a 1986, se cultivaron en la Argentina, 107.000 hectáreas anuales de promedio, con un rendimiento para el período considerado, de 3.530 kg/ha. de arroz cáscara; siendo la producción anual promedio del decenio, de 340.000 toneladas de arroz cáscara. En el Cuadro 4, se detallan datos de área sembrada, rendimiento y producción.

Cuadro 4. Datos de arroz del último decenio de la República Argentina (Rendimiento y Producción)

Campañas	Area Sembrada (miles de ha.)	Rendimiento* (kg/ha)	Producción* (Miles de Ton.)
1977/1978	100,0	3.263	310,0
1978/1979	115,7	3.047	312,0
1979/1980	87,8	3.236	266,0
1980/1981	84,8	3.500	286,3
1981/1982	117,3	3.849	437,2
1982/1983	108,8	3.422	277,2
1983/1984	131,0	3.679	476,0
1984/1985	110,8	3.601	379,0
1985/1986	117,0	3.786	378,2
1986/1987	98,3	3.915	351,6
Promedio	107,1	3.529,8	347,3

*Datos de Rendimiento y Producción base "Arroz cáscara"*

En el Cuadro 5, se pueden observar las variaciones ocurridas en la última campaña, con relación a la anterior, al quinquenio 81/85 y al decenio 77/86, con relación a la superficie sembrada, rendimiento y producción.

Cuadro 5. Variación porcentual entre la campaña 1986/87 y el año o período comparado.

ARROZ	1986/87	1985/86	%	1981/82 1985/86	%	1976/77 1985/86	%
<b>Area sembrada (en miles de ha.)</b>							
TOTAL	98,3	117,0	-16,0	117,0	-16,0	106,9	-8,0
Corrientes	45,2	60,0	-24,7	62,4	-27,6	54,7	-17,4
Entre Ríos	37,1	42,1	-11,9	37,9	-2,1	33,6	+10,4
Santa Fé	9,4	9,0	+4,4	8,6	+9,9	8,5	+10,6
Otras	6,6	5,9	+11,9	8,1	-18,5	10,1	-34,6
<b>Rendimiento (kg./ha.)</b>							
TOTAL	3.915	3.786	+3,4	3.681	+6,3	3.509	+11,6
Corrientes	3.435	2.900	+18,4	3.222	+6,6	3.092	+11,1
Entre Ríos	3.909	5.014	-2,1	4.671	+5,1	4.448	+10,4
Santa Fé	2.393	2.424	-4,0	2.587	-7,5	2.683	-10,8
Otras	3.127	3.472	-9,9	3.210	-2,6	3.177	-1,6
<b>Producción (en miles de ton.)</b>							
TOTAL	351,6	378,2	-7,0	389,5	-9,7	344,2	+2,1
Corrientes	127,1	130,5	-2,6	171,1	-25,7	150,6	-15,6
Entre Ríos	182,3	211,1	-13,6	173,3	+5,2	141,9	+28,5
Santa Fé	22,5	18,2	+23,6	20,7	+8,7	21,2	+6,1
Otras	19,7	18,4	+7,1	24,4	-19,3	30,5	-25,4

### ***Comentarios generales sobre aspectos del cultivo y producción***

En esta campaña agrícola se alcanzó la menor superficie sembrada de los últimos cinco años, se sembraron solamente 98.300 hectáreas, que significa una reducción del orden del 16 por ciento comparada al año anterior, correspondiendo el mismo valor para el promedio quinquenal y del ocho por ciento para la media del último decenio.

La provincia de Corrientes al cultivar sólo 45.200 ha., experimentó una reducción del 24,7 por ciento con relación al período 1985/86 y 27,6 por ciento y 17,4 por ciento respecto a los períodos señalados anteriormente.

La otra provincia de relevancia, Entre Ríos, acusó una disminución del orden del 11,9 por ciento y del 2,1 por ciento en relación a la siembra pasada y promedio de siembra quinquenal, mientras que para el decenio fue superior a un 10,4 por ciento.

El área cosechada fue del 91,3 por ciento de la superficie sembrada, superior a la última cosecha (85,3%), mientras que para el quinquenio y decenio no se registró variación.

El rendimiento promedio por hectárea fue de 3.915 kg, superior en un 3,4 por ciento al que se obtuvo en la última cosecha. El valor alcanzado en esta campaña es uno de los mejores de los últimos años en cuanto a productividad física. Los rendimientos fueron superiores en un 6,3 por ciento y 11,6 por ciento para los niveles medios quinquenales y decenales respectivamente.

La producción nacional disminuyó en un siete por ciento con relación al año anterior, y la disminución para el quinquenio y decenio fue del orden del 9,7 por ciento y un 2,1 por ciento respectivamente.

## **PROGRAMA DE MEJORAMIENTO**

### **Objetivo general del programa arroz**

El objetivo del Programa Arroz del INTA es desarrollar y promover la adopción de tecnologías adaptadas a

las distintas condiciones agroecológicas y sistemas de producción, que permitan al sector arrocero, incrementar la producción con mayor eficiencia económica.

Para el cumplimiento del objetivo se desarrollarán las áreas del mejoramiento genético, manejo y técnicas culturales, protección del cultivo, economía y transferencia de tecnología.

Acorde con el objetivo señalado, la institución enfatizará el uso y manejo racional de los recursos naturales, preservando el equilibrio ecológico.

El logro del objetivo planteado se concretará mediante:

- A. El incremento del rendimiento unitario promedio del país, promoviendo:
  1. Desarrollo de técnicas culturales y manejos que incrementen la eficiencia de la producción;
  2. Empleo de variedades con mayor potencial de rendimiento;
  3. Desarrollo del control integrado de plagas y malezas, asegurando la conservación del medio ecológico.
- B. La obtención de un producto de alta calidad que satisfaga los requerimientos del mercado nacional e internacional.

### **Objetivo específico para el ecosistema: riego-trópico (Subtropical sin estación seca)**

Desarrollar variedades que aseguren una producción máxima y estable con granos de alta calidad, para el mercado interno y los mercados internacionales de altos precios.

El Programa de mejoramiento de Arroz que actualmente se está conduciendo en la Estación Experimental Agropecuaria de Corrientes, realiza las siguientes tareas de investigación para el cumplimiento de los objetivos.

### ***Creación y Diversificación de la Variedad Genética***

#### ***Introducción de Germoplasma***

Se evalúan y caracterizan cultivares y líneas introducidas de otros centros de investigación como el IRRI-CIAT-U.S.A. etc.

El mayor aporte, históricamente, lo efectuó el CIAT y el IRRI con más de 3.500 líneas, muchas de las cuales aún están evaluándose y otras fueron incluídas en el programa de cruzamientos.

De los materiales que presentan características agronómicas promisorias y buena adaptación se pueden mencionar: IR 52; IR1529; P796; P 2015 y P 3293.

#### ***Hibridación***

A partir de 1983 se inició el programa de cruzamientos manuales y dirigidos (controlados), en el que los diseños de apareamientos varían según los objetivos específicos.

El bloque de cruzamientos está integrado por líneas y cultivares de diferentes orígenes de las que se busca transferir a los cultivares locales de buena adaptabilidad, especialmente productividad, precocidad, resistencia a enfermedades y calidad.

Se realizan 50 cruzamientos por año.

#### ***Avance de generaciones de materiales híbridos y segregantes durante el Invierno.***

#### ***Invernaderos***

Se está utilizando lo que se denomina casas de plástico, para lograr el objetivo de obtener dos generaciones por año y así acortar el tiempo necesario para alcanzar la homocigosis práctica.

#### ***Áreas tropicales***

Se está recién explorando la posibilidad de incursionar en zonas del país con condiciones adecuadas para este propósito.

### ***Métodos de Selección***

Los métodos de selección que se están llevando a cabo son: a) Selección Individual y b) Selección Masal.

#### ***Ensayos de Evaluación***

Ensayos preliminares de Rendimiento.  
Ensayos comparativos de Rendimiento.  
Ensayos de Adaptabilidad o Regionales.

#### ***Pruebas de Características específicas***

Respuestas de Genotipos a los fertilizantes.  
Tolerancia a enfermedades (*Oryzicularia oryzae*; *Helminthosporium sigmoideum*, *Rhynchosporium oryzae*).  
Toxicidad al Hierro.  
Vaneo fisiológico.

#### ***Pruebas de Calidad***

Todo el material segregante es evaluado por calidad de grano, tipo de grano, transparencia de endosperma, amilosa y otras características.

Los tests se efectúan tanto con arroz descascarado como molinado, además se evalúa la calidad de cocción (prueba de mesa).

#### ***Investigación Agronómica***

Época de siembra óptima.  
Densidad y espaciamento.  
Dosis, momentos y formas de aplicación de fertilizantes químicos

**Objetivo específico para el ecosistema:**  
riego templado (Templado-Pampeano)

#### ***Finalidad***

Obtener un ideotipo de planta adaptada a las condiciones definidas como de "riego templado" para maximizar su retorno.



**Objetivos Específicos**

- Resistencia a bajas temperaturas durante germinación, meiosis y floración.
- Ciclo de germinación a floración menor a 90 días.
- Energía germinativa y vigor de plántula.
- Estatura: 95-105 cm.
- Rendimiento agrícola: superior a los 9.000 kg. en ensayos comparativos de rendimiento.
- Rendimiento industrial: según tipo de grano comercial se selecciona por:
  - Transparencia de grano.
  - Rendimiento grano entero y total.
  - Reducción del componente cáscara.
- Tipo de planta.
- Trillado fácil sin desgrane.
- Calidad físico-química del grano.
  - Contenido de amilosa
    - Rutina ● Temperatura de gelatinización.
    - Aroma
  - Merc. ● Capacidad diastásica.
  - Espec. ● Lípidos y lipasas.
    - Maltodextrina
- Resistencia a *Pyricularia oryzae* y *Helminthosporium sigmoideum*.

**Metodología**

- Banco de germoplasma activo, formado por introducciones anuales de material genético de reciente creación provenientes de las diferentes regiones del mundo con riego templado: Corea, Japón, Australia, Hungría, Italia, España, EE.UU., Chile, Uruguay y Sur del Brasil. Se evalúan y se utilizan como progenitores en los planes de cruzamientos del Programa de mejoramiento.
- Plan de cruzamientos: se utilizan las técnicas de emasculación manual y polinización por lluvia de pólen. Se realizan aproximadamente 100 cruzamientos por año.
- Generación  $F_1$ : crecimiento y desarrollo de la filial  $F_1$  en invernáculo con tres destinos:

- Producción  $F_2$  para ser conducida a ensayo bajo selección masal.
- Producción  $F_2$  para ser conducida por el método Single Seed Descent (SSD)
- Producción de líneas dihaploides por el método de Cultivo de anteras.
- Generación  $F_3, F_4$ :
  - Segunda y tercera generación de selección masal.
  - Segunda y tercera generación de SSD sin selección.
- Generación  $F_5$ :
  - Selección de líneas en parcelas individuales (posible ensayo de líneas promisorias).
- Generación  $F_6$ :
  - Selección de líneas en parcelas individuales (ensayo comparativo de rendimiento agrícola e industrial).
- Generación  $F_7$ :
  - Selección de líneas en parcelas individuales (ECR interno y externo).

**Estudios Básicos**

- Herencia de contenido en amilosa.
- Transformación de *Oryza sativa*.
- Inducción de embriogénesis del grano de polen.

**CARACTERES DE INVESTIGACIÓN ESTÁNDAR**

Para los ensayos Preliminares y Comparativos de Rendimiento y de Adaptabilidad que se conducen en la EEA. Corrientes/INTA.

**Antes de cosecha**

1. Habilidad macolladora
2. Tipo de planta
3. Color de hoja
4. Panojamiento (50 %)
5. Madurez (80 %)

6. Altura de planta
7. Longitud de panoja
8. Observaciones sobre enfermedades, insectos, vuelco, desgrane y otras características agronómicas.

#### Después de cosecha

1. Número de granos/panoja
2. Número de panojas
3. Rendimiento de arroz cáscara
4. Habilidad molinera
5. Peso de 1000 granos
6. Calidad del grano
7. Centro blanco
8. Panza blanca
9. Arroz yesoso
10. Transparencia
11. Color del endosperma
12. Forma del grano (Relación largo/ancho)
13. Medidas del grano (largo, ancho, espesor)
14. Evaluación de cocción

#### GUÍA TÉCNICA DE MEJORAMIENTO DE ARROZ EEA - INTA - CORRIENTES

- \* Evaluación de variedades de arroz
- \* Diversificación de la variabilidad genética
  - = Introducción de Germoplasma
  - = Hibridaciones
- \* Avances de Generaciones de materiales híbridos y segregantes durante el invierno
  - = Invernaderos
  - = Areas tropicales
- \* Métodos de Selección
  - = Masal
  - = Individual
- \* Ensayos de Rendimiento
  - = Preliminares
  - = Comparativos
  - = Adaptabilidad

#### \* Pruebas de Características Específicas

- = Respuesta de Genotipos a altas dosis de fertilizantes
- = Tolerancia a enfermedades
  - + *Pyricularia oryzae* (Piricularia)
  - + *Helmintosporium sigmoideum* (podredumbre del tallo)
  - + *Rhynchosporium oryzae* (añublo de la vaina)
- = Toxicidad al Hierro
- = Vaneo fisiológico

#### \* Pruebas de calidad

- = Contenido de Amilosa
- = Evaluación de cocción

#### \* Investigaciones Agronómicas

- = Epocas de Siembra
- = Densidad y espaciamento
- = Dosis, momentos y formas de aplicación de fertilizantes

#### ESQUEMA DE CONDUCCIÓN DEL MATERIAL DE CRIANZA . EEA CORRIENTES/INTA

CRUZAMIENTOS: 50 por año

Generación F<sub>1</sub>

- \* 50 combinaciones
- Nº de plantas/combinación 8-12
- Distancia entre plantas: 0,30 m
- Distancia entre surcos: 0,30 m
- Siembra de progenitores entre combinaciones.

Generación F<sub>2</sub>

MASAL

- \* 3000 individuos/combinación
- Tamaño de la parcela:
  - a) Cultivadas en casa plástica: 2.4 m<sup>2</sup> (1,2 x 2 m)
  - b) Cultivadas a campo: 2,5 m<sup>2</sup> (0,5 x 5 m)

Generación F<sub>2</sub>

GENEALÓGICO/SELECCIÓN INDIVIDUAL

- \* 2000 individuos/combinación

Tamaño de la parcela: 100 m<sup>2</sup> (5 x 20 m)

Nº de plantas/surco: 33

Distancia entre plantas: 0,15 m

Distancia entre surcos: 0,30 m

Nº de surcos/combinación: 60

Generación F<sub>3</sub>-F<sub>4</sub>

#### GENEALÓGICO/SELECCIÓN INDIVIDUAL

\* 500 individuos/combinación

Tamaño de la parcela: 22,5 m<sup>2</sup> (4,5 x 5 m)

Nº de plantas/surco: 33

Distancia entre plantas: 0,15 m

Distancia entre surcos: 0,30 m

Nº de surcos/combinación: 15

Generación F<sub>3</sub>-F<sub>4</sub>

#### GENEALÓGICO/SELECCIÓN DE LÍNEAS

\* 66 individuos/combinación

Tamaño de la parcela: 1,5 m<sup>2</sup> (0,30 m x 5 m)

Nº de plantas/surco: 33

Distancia entre plantas: 0,15 m

Distancia entre surcos: 0,30 m

Nº de surcos/combinación: 2

Generación F<sub>5</sub>

#### GENEALÓGICO/SELECCIÓN INDIVIDUAL O LÍNEA

\* 1800 individuos/combinación

Nº de plantas/surco: 600

Distancia entre plantas: chorrillo

Distancia entre surcos: 0,30 m

Nº de surcos/combinación: 3

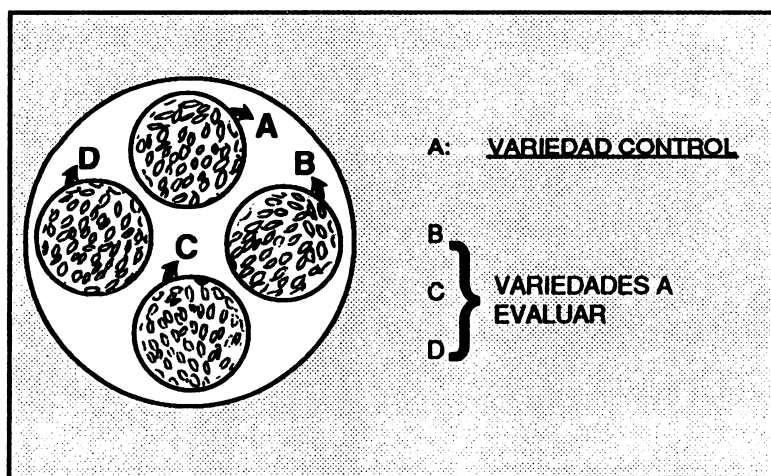
Tamaño de la parcela: 0,9 m<sup>2</sup> (3 x 0,30 m)

#### Evaluación de cocción

##### Pasos a desarrollar

1. *Muestreo*: Arroz pulido (elaborado), 3 medidas/variedad.
2. *Lavado*: Lavar 3 veces para eliminar completamente el afrecho/o salvado (enérgicamente).
3. *Cantidad de agua*: Relación Arroz/Agua: 1 : 1,1 ~ 1,05
4. *Remojo*: dejar en remojo 40-60 minutos, antes de conectar las hervidoras.
5. *Encendido*: Conectar al mismo tiempo todas las hervidoras.
6. *Vapor*: Dejar 15 minutos, luego de desconectar, sin abrir las hervidoras.
7. *Evaluación del aroma*: Abrir la hervidora y percibir el aroma
8. *Mezcla y distribución*: Colocar pequeñas cantidades de arroz en los platos, como lo muestra la Figura 2; revolver el arroz cocido en la hervidora antes de servir.
9. *Puntuación del gusto* (sabor): ver formulario adjunto.

Figura 2.  
Presentación del arroz  
para evaluación de  
cocción.



## Formulario para la evaluación del sabor

Nombre del evaluador:

Fecha:

Variedad a evaluar:

Vs. variedad control:

Caracteres	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	Puntuación
1. Apariencia 2. Aroma 3. Gusto 4. Pegajosidad 5. Dureza 6. Apreciación general										
<u>Variedad a evaluar</u>	<u>Vs. variedad control:</u>									
1. Apariencia 2. Aroma 3. Gusto 4. Pegajosidad 5. Dureza 6. Apreciación general										
<u>Variedad a evaluar</u>	<u>Vs. variedad control:</u>									
1. Apariencia 2. Aroma 3. Gusto 4. Pegajosidad 5. Dureza 6. Apreciación general										

# Mejoramiento de arroz en Santa Cruz - Bolivia

por Nelson Reyes R. \* y Raúl Candia J. \*

## INTRODUCCION

Más del 95 por ciento de la producción de arroz de Bolivia, se realiza bajo condiciones de secano. Su cultivo se extiende en toda el área integrada del departamento de Santa Cruz, que está influenciada por 3 importantes ríos: Yapacaní, Grande y Piraí. (Figura 1)

La superficie total sembrada en Santa Cruz durante la última gestión, fue de 65.000 ha, cuya producción significa algo más del 80 por ciento del requerimiento anual.

Considerando la gran importancia socio-económica de este rubro, la investigación del arroz está mayormente concentrada en el Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT), con base en la Estación Experimental Agrícola de Saavedra (E.E.A. Saavedra), ubicada al norte de la ciudad de Santa Cruz.

## SITUACION DEL MEJORAMIENTO DE ARROZ

### Breve reseña Histórica

En Diciembre de 1947, la Corporación Boliviana de Fomento (CBF) en Santa Cruz, recibió del Dr. Leonard, Ex-Director del Servicio Agrícola Interamericano (SAI) en Bolivia, dos lotes de semillas de arroz denominados "Colecciones de arroz de diferentes procedencias".

Este material fue a su vez entregado a la Estación Experimental Agrícola de los Llanos, hoy, Estación

Experimental Agrícola de Saavedra, dependiente del Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT) - Bolivia. Se estima que de esta manera se dio inicio oficial a la investigación del cultivo de arroz.

Aunque se desconoce los nombres de aquellas variedades, se puede afirmar que en esos tiempos se conocían dos grupos que son:

- a) Variedades criollas
- b) Variedades importadas

Actualmente, a las primeras se las conoce como variedades locales o tradicionales y a las otras como introducidas y/o mejoradas.

Años después, en Diciembre de 1954, fue sembrada la "Colección Mundial de Arroz", cuyo número y procedencia se detalla en el Cuadro 1.

Actualmente y desde aquellos tiempos, la investigación del cultivo del arroz, así como su difusión tecnológica para beneficio de los agricultores arroceros, es uno de los principales objetivos del Programa Arroz del Centro de Investigación Agrícola Tropical.

Estudios posteriores respecto al mejoramiento de este cultivo, demostraron una gran diferencia adaptativa entre las variedades locales y las introducidas, aquellas que eran superiores en algunas características importantes, como ser: rendimiento y resistencia al acame.

Por esta razón, por muchos años las tradicionales tuvieron gran aceptación entre los productores, habiéndose destacado algunas como Cateto, Mojito, Palo Morado, Dorado, 90 días Colorado, éste último aceptado hasta hoy como Bluebelle por su ventajosa

\* *Fitomejorador y Fitopatólogo de Arroz, CIAT, Bolivia.*

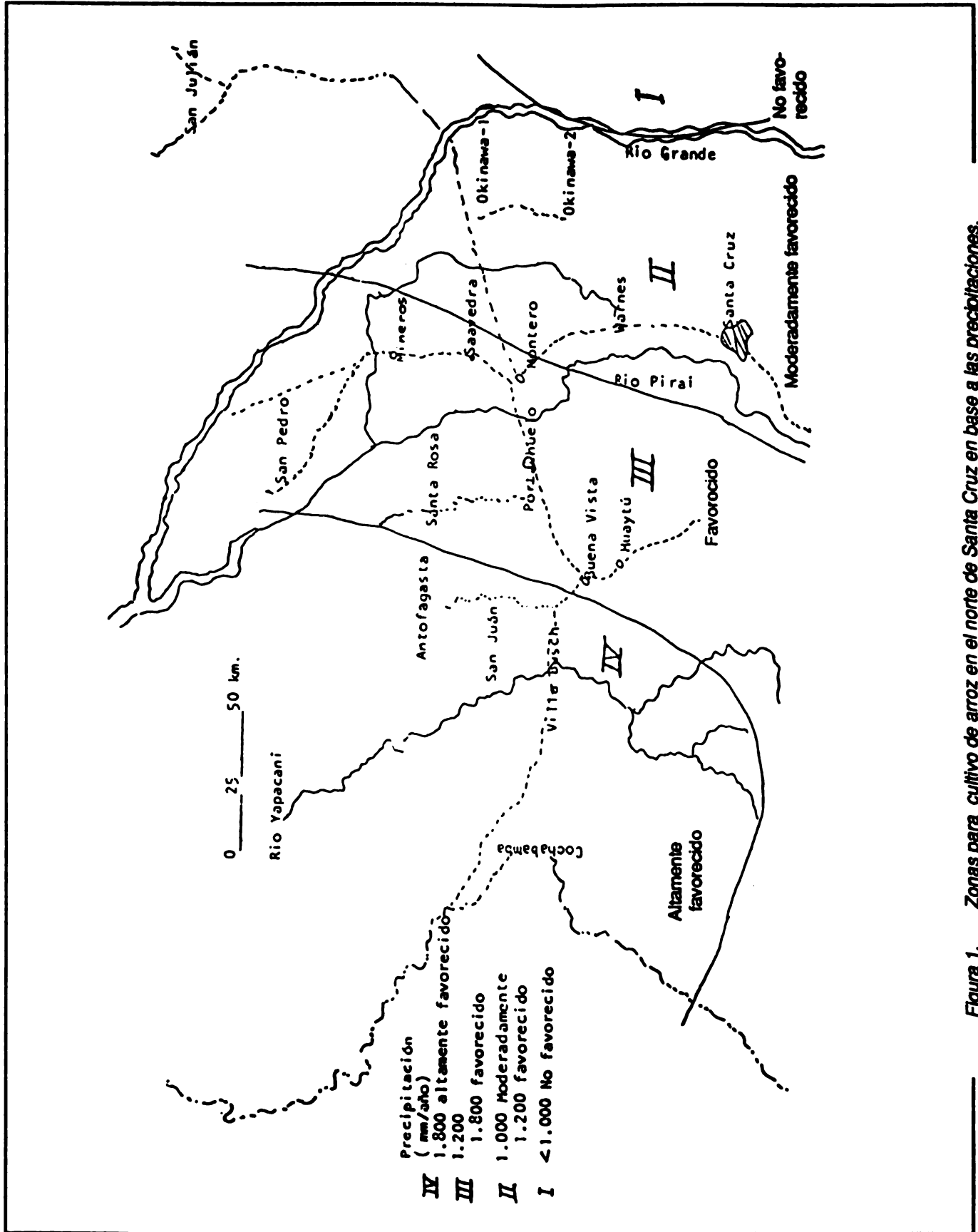


Figura 1. Zonas para cultivo de arroz en el norte de Santa Cruz en base a las precipitaciones.

Cuadro 1. Variedades de arroz plantadas en 1954.

<b>País</b>	<b>Nº de variedades</b>	<b>País</b>	<b>Nº de variedades</b>
Egipto	7	Puerto Rico	8
Argentina	2	Rep. dominicana	2
Brasil	9	Venezuela	12
Colombia	2	Burma	4
Costa Rica	2	Corea	93
Ecuador	1	China	166
EEUU	240	Filipinas	15
Guayana	2	Formosa	77
Haití	10	Hawai	2
Honduras	1	Judea	20
México	1	Judea Holand	1
Perú	12	Judo China	1
Irán	6	Italia	4
Japón	69	Portugal	11
Java	4	Rusia	1
Siam	1	Yugoslavia	4
Turquía	9	Dudosos	3
Austria	1	Sin Identif.	5
España	2	<b>TOTAL</b>	<b>812</b>

*FUENTE: Informe Anual 1954/55. Estación Experimental Agrícola de los Llanos.*

característica de ser precoz. Sin embargo, es a partir de la década del 70 cuando las variedades introducidas comienzan a ser aceptadas por los agricultores, quienes empezaron a volver sus preferencias hacia las variedades Bluebonnet y Dawn-Sel, por sus ventajosas características de tener mayor rendimiento y mejor calidad de grano que las tradicionales.

Paralelamente a esta situación, se introdujeron algunas variedades mejoradas como CICA 4 e IR 22, que aunque no contaron con una amplia aceptación de los agricultores arroceros, fueron algunas de las primeras que llegaron gracias a la cooperación del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT-Colombia).

#### Situación Actual

Considerando al arroz como un cultivo anual con exigencias en cuanto a condiciones pluviales, y la diversidad de las zonas productoras de arroz en el departamento de Santa Cruz, la investigación en la búsqueda de variedades está basada en la introducción de materiales de otros países, seleccionando a través de evaluaciones en ciclos sucesivos aquellas que tengan alto rendimiento, buena calidad durante el procesamiento y sobre todo resistencia a las principales enfermedades.

Obviamente, otras características deseables, como resistencia al acame, ciclo vegetativo adecuado para

cada zona, etc., son tomadas en consideración cuando se procede a la selección.

Tomando como punto de referencia a la ciudad de Santa Cruz, al norte la cantidad de precipitación pluvial es mayor que al sur. Aunque no existe una delimitación clara entre una zona y otra debido a que el cambio es gradual; el Programa Arroz del CIAT -Bolivia zonificó toda el área arroceras del departamento, tomando como base la precipitación pluvial. Esta zonificación fue hecha con fines de investigación y recomendación del cultivo del arroz (Figura 1). La mencionada zonificación es la siguiente:

### **Zona 1**

Comprende a todas aquellas áreas donde la precipitación pluvial está entre 800 y 1000 mm. Zonas con esta cantidad de lluvia parecen poseer la característica de tener un período lluvioso relativamente corto, lo que sumado a la posible mala distribución de las lluvias, las hace considerar como un área no favorecida para el cultivo del arroz. Por esta razón, la recomendación varietal en estas zonas es muy limitada y sólo se puede sugerir como alternativas el cultivo de variedades precoces como ser Bluebelle y Pico Negro. En casos muy excepcionales, podría extenderse hasta la Dourado, esta última por su característica de tener una amplia flexibilidad para adaptarse y por una moderada resistencia a condiciones de sequía.

### **Zona 2**

Denominada también zona poco favorecida para el cultivo de arroz. Están dentro de esta área, las localidades de San Julián, Okinawa 1 y 2, Warnes, Cotoca y naturalmente la ciudad de Santa Cruz y alrededores.

La cantidad de precipitación pluvial caída en estas zonas varía desde 1000 a 1200 mm anual.

En suelos con contenido de materia orgánica menor a 2,0 por ciento no hay variedades recomendadas para cultivar en esta zona, esta conclusión incluye el sistema chaqueado y también el mecanizado. Sin embargo, por el mismo concepto mencionado en la Zona 1, se puede sugerir (con cierto riesgo por supuesto) el cultivo de Bluebelle, Pico Negro y Dourado.

En esta misma zona, pero en suelos con contenido de materia orgánica mayor a 2,1 por ciento, se recomienda la siembra de Bluebelle en ambos sistemas de cultivo; asimismo, las variedades de ciclo vegetativo mediano como Dourado, Embarrenado (tradicionales) e IR 1529, además de la tardía CICA-8, pueden ser sugeridas como alternativas, si son implantadas en suelos de topografía donde haya posibilidades de acumular el agua de lluvia.

### **Zona 3**

Santa Rosa, San Pedro, Saavedra, Minero, Portachuelo, Haytú, Buena Vista, etc., son algunas de las áreas arroceras incluidas en esta zona, caracterizada por tener una precipitación anual de 1200 a 1800 mm.

En el caso de suelos con materia orgánica menor a 2,0 por ciento, las sugerencias son similares, sin embargo, las épocas de siembra varían radicalmente de una zona a otra.

Variedades precoces como Bluebelle y tardías como CICA 8 son recomendadas en esta zona. Esta última tiene un excelente comportamiento en terrenos arados y que tengan un contenido de materia orgánica superior al 2,1 por ciento. Si el factor agua no fuera limitante para la germinación y el posterior estado de plántula, esta variedad puede ser sembrada, inclusive a partir del 15 de Setiembre.

Otra variedad de buen comportamiento en esta zona y bajo condiciones de suelo mecanizado con buen contenido de materia orgánica es la IR 1529. Esta además de CICA-8, posee entre otras características resistencia al acame, lo que favorece grandemente la labor de cosecha, mediante el uso de combinadas.

Como alternativas varietales para esta zona, se puede sugerir el cultivo de CICA-6 e IR Dominicano, ambas de porte enano, grano largo y alta capacidad de rendimiento. Aunque en forma general el arroz tiene mejor comportamiento en condiciones de suelos inundados, es necesario recalcar, que en el caso de las variedades mencionadas anteriormente, es mejor buscar terrenos bajos que tengan capacidad de rete-



ner el agua de lluvia, ya que debido a su lento desarrollo inicial, las hace malas competidoras de las malezas, especialmente de la rogelia. En este caso actúa en forma eficiente como control de malezas.

En estas mismas zonas, la variedad Bluebonnet que es de ciclo vegetativo largo, puede ser cultivada en el sistema chaqueado, ya que sus ventajosas características agronómicas como ser: altura de planta, moderada resistencia a las principales enfermedades y la particular facilidad para la cosecha manual espiga por espiga, la hacen ver con preferencia por algunos agricultores. Otras características ventajosas en esta variedad es la calidad del grano, ya que éste es largo, translúcido y de buena aceptación en el mercado del interior del país.

#### **Zona 4**

Yapacaní, Antofagasta, San Carlos, Colonia San Juan etc., son las principales áreas arroceras comprendidas en esta zona, cuya característica en cuanto a precipitación pluvial, es que sobrepasa los 1800 mm anuales.

Bajo estas condiciones de precipitación, y en suelos con contenido de materia orgánica superior a 2,1 por ciento, las variedades recomendadas son las tardías CICA-8 y Bluebonnet, aunque ésta última no es la mejor alternativa en arado, sino en chaqueado.

CICA-8 en condiciones de arado y chaqueado, tiene excelente comportamiento en estas zonas, especialmente en chaqueado de primer año puede llegar muchas veces a más de cinco ton/ha en rendimiento, por lo que la recomendación de ella, incluye ambos sistemas de cultivo.

En zonas bajas e inundables, es aconsejable sembrar algo temprano, ya que las posteriores lluvias pueden imposibilitar esta labor. Si las condiciones de humedad del suelo son buenas para permitir una germinación uniforme y aceptable, estas variedades tardías pueden ser sembradas, inclusive desde la primer quincena de Septiembre. Es importante, sin embargo, hacer hincapié en que, en el caso de sembrar temprano en zonas bajas e inundables, la cosecha significará un probable

problema, ya que en ese momento tan importante como es esta labor pueden estar las lluvias. El problema sería más grave aún si el agricultor no puede disponer oportunamente de una cosechadora.

Es importante, que antes de tomar una determinación, haya un análisis y una discusión al respecto entre el agricultor y el extensionista.

Otra variedad recomendada para estas zonas, es la IR 1529, de ciclo vegetativo mediano, que posee similares características agronómicas que CICA-8.

CICA-6 e IR Dominicano, pueden ser consideradas como buenas alternativas en terreno arado con 2,1 por ciento o más de materia orgánica; y Dourado y Embarrenado en suelo chaqueado, con las mismas características de materia orgánica. Estas variedades, además de Pico Negro no están recomendadas para ninguna zona, pero sí se las sugiere como interesantes alternativas en terrenos chaqueados, por la facilidad con que se las puede cosechar manualmente, espiga por espiga, por ser buenas competidoras con las malezas y por su tipo de grano glutinoso ideal para comidas típicas de la gente oriental, especialmente del campesino.

Bluebelle, debido a su precocidad en estas zonas, tiene la principal ventaja de poder ser sembrada durante cuatro meses, ya que si las condiciones de humedad son buenas para la germinación, se puede sembrar desde el 1º de Septiembre, pudiendo extenderse, debido a imprevistos hasta el 15 de Enero.

Gracias a su precocidad, puede ser posible que la cosecha coincida con la época de lluvia en la zona, por lo que es más recomendable el cultivo de esta variedad en sistema chaqueado para poder cosechar manualmente espiga por espiga.

#### **Resultados del mejoramiento**

Las variedades introducidas desde la gestión 1977/78 hasta 1988/89, suman algo más de 1600, en su mayoría procedentes del CIAT-Colombia, gracias al programa cooperativo del Internacional Rice Terting Program. (IRTP).

Eventualmente, en casos aislados, fueron también introducidos algunos materiales de otros países, como ser de Filipinas, China, Sri Lanka, Corea, Japón, Rusia y Brasil (Cuadro 2).

El material procedente del CIAT-Colombia, que llega en forma de viveros con características específicas, es nuestra principal fuente de germoplasma y la metodología utilizada desde la introducción hasta la liberación de una variedad es la siguiente:

En el primer año, se realiza la introducción a nuestra Estación Experimental, donde se da al material

las condiciones óptimas para que manifieste sus características agronómicas y su máximo potencial de rendimiento. Después de la evaluación del mejor material, pasa a la etapa de comparación de variedades. (Figura 2)

Algunas veces, la comparación de variedades se realiza durante dos años en la Estación Experimental. De aquí se pasa a la etapa de adaptación regional de variedades. Todo el material seleccionado, es evaluado a nivel regional, en cada zona arrocerá, donde normalmente transcurren entre dos y tres años antes de ser liberado un nuevo cultivar.

CUADRO 2. Registro anual de variedades introducidas de arroz a través del IRTP.

Año	Nº var.	Vivero o característica	Repetición	Total o parcela
77/78	16	Resist. Diatraea	4	64
	14	VIRAL-Secano	2	28
	476	Resist. Pyricularia	1	476
	10	Resist. Sequía	1	10
78/79	59	VIOAL	1	59
	19	VIRAL-Secano	3	57
79/80	24	VIRAL-Secano	3	72
	23	VIRAL-Precoces	3	69
	14	VIRAL	3	42
80/81	15	VIRAL-Precoces	3	45
	25	VIRAL-Secano	3	75
80/82	103	Introd. Filipinas China, Sri Lanka Corea, Japón, Rusia Brasil		
	20	VIRAL-Precoces		
82/83	24	VIRAL-Tempranas		
	261	VIOAL	1	261
83/84	27	VIRAL-Tempranas	3	81
	30	VIRAL-Tempranas	3	90
84/85	23	VIRAL-Tempranas	-	23
85/86	114	VIOAL-Secano favorecido	1	114
86/87	240	VIOAL	1	240
88/89	49	VIOAL-Suelos ácidos	2	98
	56	VIOAL-Resist. enfermedades	2	112

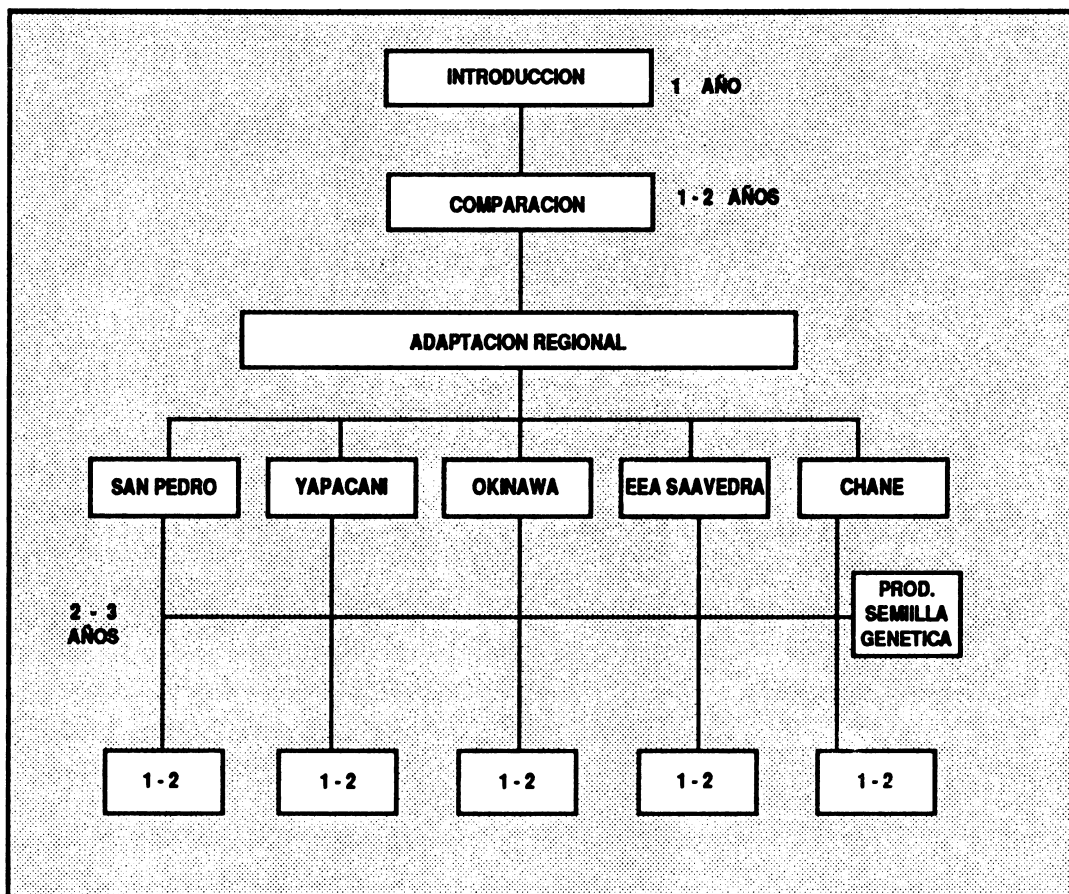


Figura 2. Esquema del mejoramiento del cultivo de arroz a través de la introducción en el departamento de Santa Cruz.

Paralelamente, después del primer año de la adaptación regional, se procede a la producción de semilla genética (planta por surco, bajo riego), de las variedades promisorias, de tal manera que al llegar el momento de la recomendación de una nueva variedad, ya haya un stock de semilla de alta pureza física y genética.

La mayoría de las variedades recomendadas en las distintas zonas arroceras, tuvieron este proceso de mejoramiento varietal.

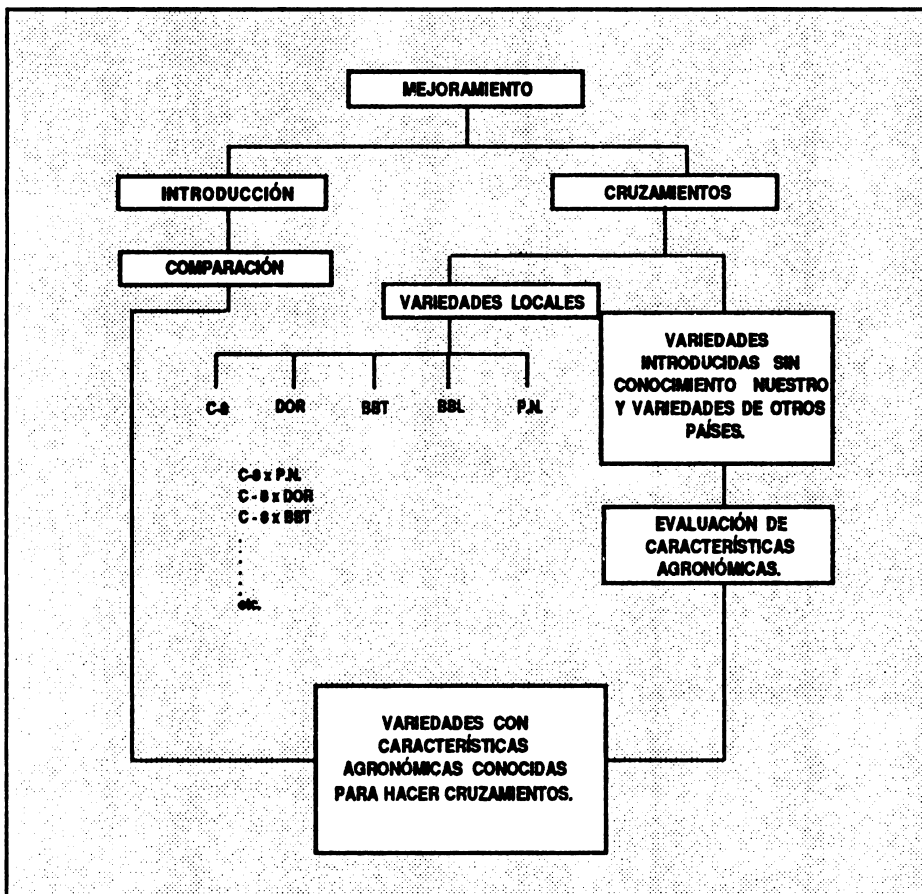
**Trabajos futuros**

El mejoramiento del arroz, continuará con el clásico método de la introducción y por otra parte, a partir de

esta campaña, se realizará el mejoramiento a través de los cruzamientos.

Una estrategia establecida respecto a los cruzamientos, se puede ver en la Figura 3 donde por un lado, se usarán inmediatamente como progenitores todas aquellas variedades que están siendo recomendadas para cultivo comercial en nuestro medio, como ser CICA-8 (C-8), Pico Negro (P.N.), Dorado (DOR), Bluebonnet (BBT) etc., tratando de obtener las mayores combinaciones posibles.

En forma independiente, se hizo una visita previa para sondear todas las zonas arroceras, donde se encontraron muchas variedades desconocidas, pero que sin embargo, tenían interesantes características agronómicas y fitosanitarias, aunque no había



Figuras 3. Estrategia para implementar el trabajo de mejoramiento a través de la introducción y el cruzamiento varietal.

información sobre ellas. Además, la procedencia de ese material es desconocida. Por esta razón, dichas variedades serán introducidas a la Estación Experimental para que luego de evaluadas sus características agronómicas se puedan utilizar también como progenitores.

En toda la parte de mejoramiento tendrá mucha importancia el trabajo de Fitopatología, cuya principal estrategia se resume a continuación:

### Patología en arroz

Las enfermedades que desfavorecen el cultivo de arroz en Santa Cruz son causadas por hongos,

principalmente Piricularia, Mancha marrón, Escaldado de la hoja, Mancha ojiva y otras de menor incidencia.

La incidencia de éstas, se debe a varios factores como ser: grado de resistencia o susceptibilidad varietal, suelos (fertilización física y química) y principalmente condiciones del medio ambiente (humedad, temperatura, vientos, nubosidad, etc.). Actualmente la principal medida de control en nuestro medio consiste en buscar variedades con resistencia a estas enfermedades.

Las variedades introducidas a la EEA Saavedra (CIAT) de afuera y dentro del país, son evaluadas en su comportamiento frente a diversas patologías, durante el primer año en parcelas de observación (bajo sistema convencional de la región y condiciones de secano).

Las parcelas de observación se ajustan al siguiente detalle:

- 6 surcos
- 5 m de largo
- 0,3 m entre surco
- 60 kg/ha de semilla

Se evalúa la incidencia de enfermedades con dos tomas de lecturas como lo recomienda el "Sistema de evaluación estándar para arroz".

Estos resultados son utilizados como un parámetro más por el Programa de Fitomejoramiento para seleccionar variedades con características deseadas.

En el segundo año, las variedades seleccionadas que presentan características favorables de resistencia

y/o tolerancia a enfermedades que son sometidas a alta presión de infestación de patógenos. La campaña pasada 1988/89 en la EEA Saavedra se evaluaron en vivero de enfermedades de arroz, 49 variedades entre las introducidas variedades locales y testigos.

Fue utilizada la siguiente metodología:

- Diseño:

Lattice triple con 49 entradas

Cada parcela consta de tres surcos x 0,2 m x un m

Se siembran 4 g por parcela (66 kg/ha)

A la derecha de cada parcela - tratamiento. Se siembran parcelas - borduras de igual tamaño, con la variedad ORIZICA-1 (Susceptible)

Se contornean las replicaciones con seis surcos - borduras con ORIZICA-1.

Las escalas usadas para los registros de enfermedades son: de 0 - 9 para los estados de desarrollo de la planta y de 1 - 9 para enfermedades, ambas tomadas del "Sistema de evaluación estándar para arroz".

Los resultados de este trabajo serán publicados en el Informe Anual del Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT).

Igualmente, será importante la evaluación fitopatológica con el material resultante de los cruzamientos.



# Melhoramento genético de arroz irrigado no Brasil

por Reinaldo de Paula Ferreira\*, Paulo Hideo Nakano Rangel\*, Emilio da Maia de Castro\*, Sônia Milagres Teixeira\*, Veridiano dos Anjos Cutrim\*, e Roberto de Paula Ferreira\*\*

## INTRODUÇÃO

Dentre as culturas anuais do Brasil, o arroz ocupa uma posição de destaque do ponto de vista econômico e social. Atualmente é cultivado em uma área próxima a seis milhões de hectares, com uma produção anual em torno de 11 milhões de toneladas. É um dos alimentos tradicionais da dieta da população brasileira, sendo sua principal fonte de energia alimentar, estando seu consumo "per capita" ao redor de 75 kg/habitante/ano do produto em casca (Teixeira, no prelo).

Nos últimos anos, o Brasil tem sido capaz de aumentar a produção de arroz, de maneira a atender ao crescimento da demanda interna. Porém, essa produção tem sido bastante instável de um ano para outro, em virtude de sua alta dependência da cultura de sequeiro que, por sua vez, depende, em grande parte, das condições climáticas. Esta instabilidade faz com que o nível de tecnologia aplicado na lavoura seja extremamente baixo, o que resulta na obtenção de um produto de baixa qualidade (Teixeira, no prelo).

Diminuir a dependência da cultura de sequeiro e aproveitar racionalmente o imenso potencial de várzeas existente no Brasil, nos parece ser uma solução lógica para estabilizar a produção agrícola no país. O Brasil possui um potencial de várzeas estimado em cerca de 30 milhões de hectares e, atualmente, utilizamos apenas 1.300.000 ha com arroz. Com uma maior utilização dessas áreas teríamos um aumento de produção e, com certeza, excedentes, que poderiam

servir para formar estoques reguladores, aumentar o consumo "per capita" e iniciar um programa de exportação (EMBRAPA, 1981).

Para atender a esse crescimento de cultivo com arroz irrigado no país é necessário que a pesquisa dê suporte técnico requerido para garantir altas produtividades e sanar problemas que surgirão naturalmente com o decorrer dos anos. Basicamente, os principais problemas existentes entre as cultivares de arroz irrigado atualmente recomendadas no Brasil são:

### Ciclo

No momento, tem-se no país uma grande demanda, principalmente, por cultivares precoces de arroz irrigado. Entretanto, a obtenção de cultivares que apresentem a precocidade associada a altos rendimentos e características agrônomicas desejáveis, constitui-se em tarefa difícil dentro do programa de melhoramento genético de arroz irrigado já que, nessas condições, a planta tem um pequeno período vegetativo para poder desenvolver área foliar e propiciar altos rendimentos (Jennings et al., 1985). Além do fator produtividade, os materiais precoces de que se dispõem são muito susceptíveis à brusone.

Já as cultivares de ciclo longo e médio, recomendadas no Brasil, têm apresentado boa produtividade e razoável tolerância às doenças prevaescentes no país. Normalmente, cultivares de ciclo longo são recomendadas para o norte do país, onde o plantio deve ser efetuado antes de intensificação das chuvas e, a colheita, após a redução de sua intensidade.

\*Pesquisador do CNPAF/EMBRAPA, Goiânia, Go Brasil

\*\*Pesquisador da EMGOPA, Goiânia, Go, Brasil

### Doenças

As cultivares de arroz irrigado recomendadas no Brasil devem apresentar tolerância satisfatória à brusone, mancha parda o escaudadura. A brusone é a principal doença do arroz irrigado, muito embora tenha, nos últimos anos, aumentando a incidência de mancha parda devido ao plantio de cultivares altamente susceptíveis, como IR 841 e IAC 899 (Prabhu, 1984). A ocorrência de escaudadura tem sido constatada principalmente nas regiões Norte e Central do Brasil, quando se cultiva arroz sob o sistema de várzea úmida. Entretanto, não há informações quanto aos prejuízos causados por essa doença.

### Ferro

A principal mudança química que ocorre sob condições de solo submerso, é a redução do ferro trivalentemente ( $Fe^{3+}$ ) para bivalente ( $Fe^{2+}$ ) que, em níveis elevados, pode causar problemas de toxidez à planta de arroz. Entretanto, as cultivares de arroz irrigado diferem-se quanto à tolerância à toxidez de ferro e, para as áreas que têm esse problema, essa característica se reveste de grande importância (Bacha & Ishiy, 1987).

### Qualidade de Grãos

Normalmente o consumidor brasileiro é extremamente exigente em termos de qualidade de grãos. A obtenção de cultivares com grãos longos e finos, bom rendimento de engenho, endosperma translúcido, adequado teor de amilose e temperatura de gelatinização, constitui-se em meta prioritária no programa de melhoramento de arroz irrigado (Rangel, 1984).

### Frio

No Rio Grande do Sul, especialmente nas áreas de terras baixas do sul do Estado, é comum a ocorrência de baixas temperaturas, principalmente na época em que a maioria das cultivares de arroz irrigado encontra-se na fase reprodutiva. Isso torna-se mais grave

principalmente quando ocorre na etapa de pré-floração, acarretando queda na produtividade em função de se aumentar o percentual de espiguetas estéreis nestas condições (Terres et al., 1985).

Em termos de melhoramento as instituições do Sul, principalmente CPATB, IRGA e EMPASC, procuram contornar esse problema, buscando cultivares tolerantes ao frio ou passíveis de escape em função do ciclo, recorrendo aos materiais mais precoces.

### METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do programa de melhoramento de arroz irrigado, a equipe multidisciplinar do CNPAF adota a seguinte estratégia de ação:

#### Avaliação de Germoplasma Introduzido

A introdução de germoplasmas de instituições internacionais é feita principalmente do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, Colômbia) e do International Rice Research Institute (IRRI, Filipinas). Essa estratégia é de grande importância, já que permite a identificação de germoplasmas promissores, que poderão ser submetidos a testes de rendimento, ou a identificação de germoplasmas com elevado potencial genético, que serão usados como fontes de genes no programa de cruzamentos.

Esses materiais são avaliados em um ensaio denominado Campo de Avaliação Multidisciplinar (CAM). Não há delineamento experimental e as parcelas são constituídas de duas fileiras de cinco m de comprimento, espaçadas de 30 cm, com densidade de semeadura de 80 sementes/m linear. A cada 10 entradas são intercaladas testemunhas.

O plantio é feito entre "spreaders" para propiciar uma maior infestação de doenças às entradas, principalmente brusone nas folhas e nas panículas. Esse ensaio e as gerações segregantes do programa são conduzidos em condições de várzea úmida, onde tem-se maior pressão de doenças.

A seleção dos materiais é feita baseando-se, principalmente, no vigor vegetativo, ciclo, altura,



arquitetura, tolerância às doenças e à toxidez de ferro e tipo e qualidade do grão.

### **Criação de Novas Linhagens**

No programa de geração de novas linhagens destinadas ao cultivo de arroz irrigado adotam-se os seguintes passos:

#### ***Cruzamentos***

Com cruzamentos entre progenitores que se completam mutuamente, procura-se gerar populações segregantes que forneçam, na medida do possível, genótipos com características desejáveis, face aos fatores do arroz irrigado.

A escolha dos progenitores, etapa fundamental do programa, é feita baseando-se nos materiais que se destacaram nos ensaios comparativos e nas avaliações feitas pelas demais áreas que interagem com o melhoramento, de modo que, cada progenitor, é bem caracterizado antes de ser incluído nas hibridações.

Para a realização dos cruzamentos, utiliza-se a metodologia de emasculação à vácuo, com polinização por meio de chuva de pólen. Para melhor coincidência de data de floração dos progenitores plantam-se em duas épocas, espaçando-as em 10 dias. Os plantios são realizados em dois períodos do ano, o primeiro em janeiro-fevereiro com os cruzamentos sendo executados em abril-maio e, o segundo, em julho-agosto, e os cruzamentos sendo feitos em outubro-novembro. Como economia de espaço na casa-de-vegetação e maior garantia para execução das hibridações, os progenitores masculinos e femininos são plantados no campo e levados à casa-de-vegetação para os cruzamentos na floração.

#### ***Geração F<sub>1</sub>***

Nessa geração as combinações são levadas a campo para produção de sementes F<sub>2</sub>, sob condições de cultivo irrigado. Inicialmente as sementes F<sub>1</sub> são semeadas dentro de cilindros metálicos colocados

sobre o solo e, após a germinação, faz-se o transplante para o local definitivo.

Os cruzamentos são colocados em uma área experimental protegidos contra pássaros, através de um telado, onde ficam até completar o ciclo e produzir um mínimo de 5.000 sementes F<sub>2</sub>. Nessa etapa procura-se identificar possíveis auto-fecundações, baseando-se nas características recessivas dos progenitores femininos.

Como a maioria das combinações são triplas, o processo de seleção inicia-se na geração F<sub>1</sub>. Os critérios para essa seleção são tipo de planta e grão e esterilidade.

#### ***Geração F<sub>2</sub>***

Cada população F<sub>2</sub>, obtida de plantas selecionadas individualmente em F<sub>1</sub>, é composta de aproximadamente dez linhas de cinco m de comprimento, espaçadas de 30 cm, com densidade de semeadura de 20 sementes/m linear. Cerca de 20 dias após a emergência é feito um desbaste, deixando-se ao redor de dez plantas/m linear. Essa geração é conduzida em condições de várzea úmida, para propiciar maior infestação de doenças às populações em teste, principalmente brusone.

Perpendicularmente às populações F<sub>2</sub> são plantadas cinco linhas de "spreaders", no espaçamento de 20 cm, constituído de uma mistura de materiais susceptíveis principalmente à brusone nas folhas e nas panículas. A finalidade dos "spreaders" é aumentar a fonte de inóculo dessas doenças e, com isto, aumentar a pressão de seleção.

Os critérios para seleção são ciclo, tipo de planta e grão e tolerância à brusone. O método de seleção utilizado é preferencialmente o genealógico, e a intensidade de seleção varia em função da variabilidade genética apresentada pela população.

#### ***Geração F<sub>3</sub>***

Essa geração é conduzida na área experimental da Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária

(EMGOPA), no Projeto Rio Formoso, possibilitando, assim, o plantio na entressafra do programa (maio a setembro). Objetiva-se, nessa fase, avançar geração para chegar mais rapidamente à homozigose e, com isso, acelerar o processo de criação de cultivares.

As condições de cultivo são similares as de várzea, ou seja, a umidade está sempre presente pela elevação do nível do lençol freático.

As progênies  $F_3$  são plantadas em dois sulcos de cinco m de comprimento, espaçadas de 30 cm, com densidade de semeadura de 20 sementes/m linear, intercalando, a cada dez entradas, testemunhas. Cerca de 20 dias após a emergência é feito um desbaste, deixando-se ao redor de dez plantas/m linear. O método de seleção utilizado é preferencialmente o genealógico, com seleção entre e dentro das melhores progênies baseando-se, principalmente, no ciclo, tipo de planta e grão, centro-branco e tolerância à brusone. São selecionadas de uma a seis plantas dentro da melhor progênie.

Não se utilizam "spreaders", já que multiplicam-se sementes para outras instituições brasileiras nessa área para composição de ensaios regionais.

#### *Geração $F_4$*

As plantas selecionadas em  $F_3$  vão a campo em parcelas de duas linhas de cinco m de comprimento, em condições de várzea úmida, espaçadas de 30 cm, com densidade de semeadura de 20 sementes/m linear. Cerca de 20 dias após a emergência é feito um desbaste, deixando-se ao redor de dez plantas/m linear. A cada dez entradas são intercaladas testemunhas, objetivando avaliar as condições de solo e de infestação de brusone dos materiais em teste. Como em  $F_2$ , perpendicularmente às progênies  $F_3$ , uma mistura de sementes de cultivares susceptíveis à brusone é plantada para servir como fonte disseminadora de inóculo.

Nessa geração, o método de seleção utilizado é preferencialmente o genealógico, com seleção entre e dentro das melhores progênies baseando-se, principalmente, no ciclo, tipo de planta e grão, centro

branco, temperatura de gelatinização e tolerância à brusone. Selecionam-se de uma a seis plantas dentro da melhor progênie.

#### *Geração $F_5$*

Essa geração é conduzida no Projeto Rio Formoso, no período de maio a setembro, objetivando obter duas gerações por ano, em condições de várzea úmida.

As progênies  $F_5$  são plantadas em dois sulcos de cinco m de comprimento, espaçadas de 30 cm, com densidade de semeadura de 20 sementes/m linear, incluindo a cada dez entradas testemunhas intercalares. Cerca de 20 dias após a emergência é feito um desbaste, deixando-se ao redor de dez plantas por m/linear. Não se utilizam "spreaders" nessa área pelos motivos expostos anteriormente.

Normalmente nessa geração as linhas já estão homogêneas, fazendo-se uma seleção somente entre os melhores materiais e colhendo-os em "Bulk" para formar o Ensaio de Observação. Essa seleção baseia-se, principalmente, no ciclo, tipo de planta e grão, centro-branco, temperatura de gelatinização, teor de amilose e tolerância à brusone.

Em casos onde a variação dentro das linhas seja ainda marcante, faz-se seleção de uma a cinco plantas por progênie, procurando não exceder ao total de dez plantas por família.

#### *Avaliação das Linhagens*

Os materiais promissores oriundos de outros países, bem como as linhagens avançadas criadas pelo "Programa de Melhoramento de Arroz Irrigado" do CNPAF e das instituições estaduais de pesquisa, são avaliados para rendimento em ensaios específicos em vários estados brasileiros. Para a execução desse programa criaram-se, por iniciativa do CNPAF, em 1982, as Comissões Técnicas de Arroz (CTArroz), considerando-se três regiões no País:

Região I: RS e SC

Região II: PR, SP, RJ, ES, BA, MG, GO, TO MT e MS

Região III: PA, AM, AC, RO, RR, AP, MA, PI, PE, RN, PB, CE, AL e SE

Anualmente cada CTArroz se reúne para uma avaliação conjunta dos trabalhos desenvolvidos, quando algumas linhagens podem ser indicadas para o cultivo, quando algumas linhagens podem ser indicadas para o cultivo. Nesta oportunidade, nova programação é estabelecida para o ano agrícola seguinte. Um dos grandes benefícios desse trabalho cooperativo é a avaliação das linhagens obtidas (criadas ou introduzidas) em diversos locais dentro de cada região, conseguindo-se, com isso, maior rapidez no estudo de sua amplitude de adaptação, além de se promover um melhor aproveitamento dos recursos dispendidos em cada instituição de pesquisa, uma vez que seus resultados experimentais passam também a ser melhor utilizados por outras Unidades.

Dentro da programação de CTArroz, têm-se os seguintes tipos de ensaios:

#### ***Ensaio de Observação***

Uma vez os materiais fixados, tem-se início a avaliação multilocal através do Ensaio de Observação, objetivando identificar germoplasmas promissores que serão submetidos a teste de rendimento no Ensaio Comparativo Preliminar. Participam desse ensaio materiais oriundos do Programa de Melhoramento de Arroz Irrigado da EMBRAPA (CNPAF e CPATB), das instituições estaduais de pesquisa (IRGA, IAC, EPAMIG, IAPAR e EMPASC) e do exterior que se mostrarem promissores no "Campo de Avaliação Multidisciplinar" (CAM).

Normalmente esse ensaio é constituído por aproximadamente 200 linhagens, não utilizando-se delineamento estatístico e usando-se testemunhas intercalares a cada dez entradas. As avaliações previstas são floração, doenças, toxidez de ferro, tipo e qualidade de grão e aceitação fenotípica.

Para avaliação de doenças a estratégia utilizada pelo CNPAF é plantar os materiais em condições de várzea úmida para avaliação de brusone nas folhas e nas panículas e, em condições irrigadas, para avaliação de mancha dos grãos, instalando-se o ensaio em janeiro, por haver maior pressão dessa doença.

#### ***Ensaio Comparativo Preliminar***

Nessa etapa é feita a primeira avaliação de rendimento das linhagens que se comportaram bem no Ensaio de Observação. Esse ensaio é composto por 25 a 36 entradas, no delineamento experimental de blocos ao acaso, com três repetições, havendo desdobramento de ensaios de ciclo médio e precoce, sempre que for possível. As parcelas são de quatro linhas de cinco m de comprimento, espaçadas de 20 cm, com densidade de semeadura de 80 sementes/m linear. Colhem-se as duas fileiras centrais, eliminando-se 0,5m de cada extremidade.

A escolha das linhagens que compõem o Ensaio Comparativo Preliminar é feita por ocasião das reuniões das CTArroz. As instituições de pesquisa que conduzem o Ensaio de Observação apresentam os resultados obtidos e, em conjunto, as melhores linhagens são selecionadas para compor o Ensaio Comparativo Preliminar. As avaliações previstas para esse ensaio são as mesmas do Ensaio de Observação, acrescidas de produção de grãos.

Paralelamente, esse mesmo ensaio é avaliado para brusone através do Viveiro Nacional de Brusone (VNB), com o objetivo de testar a estabilidade dos materiais em relação à essa doença.

Nessa fase, inicia-se também o processo de multiplicação de semente genética, com a multiplicação, em panícula por fileira, das linhagens que compõem o ensaio Comparativo Avançado nos diferentes estados.

#### ***Ensaio Comparativo Avançado***

Esse ensaio destina-se a avaliar o comportamento das linhagens selecionadas no Ensaio Comparativo Preliminar. É composto por aproximadamente 20

entradas, no delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições, havendo desdobramento de ensaios de ciclo médio e precoce, sempre que for possível. As parcelas são de seis linhas de cinco m de comprimento, espaçadas de 20 cm, com densidade de semeadura de 80 sementes/m linear. Colhem-se as quatro fileiras centrais, eliminando-se 0,5 m de cada extremidade.

Nesse ensaio, procura-se manter as entradas por três anos, período em que é avaliado o potencial dos materiais e tomada a decisão em relação ao lançamento

comercial ou não da linhagem. As avaliações a serem feitas são as mesmas do Ensaio Comparativo Preliminar, acrescentando-se outras de menor importância na seleção, mas que possam descrever melhor a linhagem.

No Quadro 1, encontra-se o número de ensaios de arroz irrigado enviados às diversas instituições de pesquisa do Brasil, no ano agrícola 1988/89, e, no Quadro 2, as cultivares lançadas comercialmente após a criação das Comissões Técnicas, com suas respectivas áreas de recomendação.

Quadro 1. Número de ensaios de arroz irrigado enviados às diversas instituições de pesquisa do Brasil, no ano agrícola 1988/89.

Instituição de Pesquisa	Estado	EOB*	ECP*	ECA*	Total
CNPAF	GO	2	2	2	6
EPAMIG	MG	1	1	-	2
EMCAPA	ES	1	1	-	2
UEPAE/DOURADOS	MS	1	1	-	2
EMGOPA	GO	-	1	2	3
IAPAR	PR	1	1	-	2
PESAGRO	RJ	1	1	-	2
EMPA	MT	-	2	6	8
IAC	SP	1	1	-	2
EMPASC	SC	1	-	-	1
UEPAE/BELEM	PA	1	1	1	3
UEPAE/BOA VISTA	RR	1	1	1	3
UEPAE/TERESINA	PI	1	1	2	4
CNPAI	PI	-	1	1	2
EMAPA	MA	1	1	1	3
IPA	PE	-	1	2	3
EMEPA	PB	-	-	1	1
EPACE	CE	-	1	1	2
EPEAL	AL	1	1	1	3
EMPARN	RN	-	-	2	2
<b>Total</b>	-	<b>14</b>	<b>19</b>	<b>23</b>	<b>56</b>

\*EOB - Ensaio de Observação.  
 ECP - Ensaio Comparativo Preliminar.  
 ECA - Ensaio Comparativo Avançado.

Quadro 2. Cultivares de arroz irrigado lançadas comercialmente no Brasil após a criação das Comissões Técnicas, com suas respectivas áreas de recomendação.

Cultivares	Progenitores	Áreas de recomendação
Metica 1	F <sub>1</sub> P 738/P 881/F <sub>1</sub> P 738/P 868	GO, DF, MT, RJ, MA e PI
MG 1	P 1217/P 1232	MG e PI
MG 2	BG 66/IR 26	MG
EPEAL 101	IR 665-25//IR 665-33/TETEP	AL e SE
EPEAL 102	P 1219/P 1249	AL e SE
PESAGRO 101	IR 3265-193-3//IR 2061-213-1-6	RJ
PESAGRO 102	IR 1461-131//IR 1364//IR 1366//IR 1539	RJ
PESAGRO 103	NSW//IR 648	RJ
PESAGRO 104	---	RJ
PESAGRO 105	MRI//IR 22	RJ
EMPASC 104	IR 262-43-8-11/KDM 105	SC
EMPASC 105	---	SC
BR IRGA 411	DAWN//IRGA 407	RS
BR IRGA 412	IR 665//IR 930-2	RS
BR IRGA 413	IR 665//IR 930-2	RS
BR IRGA 414	IR 930-2//IR 665-31-7-4	RS
FRANCISCANO	CICA 7//4440//PELITA 1/1	ES
BR MS 1	CICA 9//BR IRGA 409	MS
BR MS 2	KAOSIUNG SEN 12//IR 22	MS

#### LITERATURA CITADA

- BACHA, R.E. & ISHIY, T. 1987. Seleção de genótipos de arroz irrigado para resistência à toxidez de ferro. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 16., Balneário Camboriú, SC, 1987. Anais Florianópolis, EMPASC, p. 85-113.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Departamento Técnico-científico, 1981. Programa Nacional de Pesquisa de Arroz, EMBRAPA-DID Brasília. 69 p.
- JENNINGS, P. R.; COFFMAN, W.R. de KAUFMAN, H.E. 1979 Rice improvement. International Rice Research Institute. Los Baños, Philippines. 186 p.
- PRABHU, A.S. 1984. Doenças de importância econômica do arroz. In: CURSO DE PRODUÇÃO DE ARROZ, 1., EMBRAPA-CNPAF, Goiânia, Go. p. 1-10.
- RANGEL, P.H.N. 1984. Melhoramento do arroz para condições de várzea úmida. In: MELHORAMENTO GENÉTICO DO ARROZ. EMBRAPA-CNPAF, Goiânia, Go. P. 89-112.
- TEIXEIRA, S.M. Aspectos da conjuntura econômica do arroz. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 3., EMBRAPA/CNPAF, Anais (no prelo). Goiânia, Go.
- TERRES, A.L.S.; GALLI, J.; RIBEIRO, A.S.; PETERS, J.A.; LISBOA, J.A.; SILVA, S.A. & GASTAL, F.L.C. 1985. Melhoramento genético de arroz irrigado para tolerância ao frio no CPATB. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 14., Anais. EMBRAPA-CPATB, Pelotas. p. 38-47.



# Melhoramento de arroz irrigado na região sul do Brasil

por Paulo Sergio Carmona\*

O arroz irrigado no Brasil está concentrado nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, onde atualmente se produz mais de 4.000.000 t de arroz em casca.

A área ocupada com essa cultura é, aproximadamente, 780.000 ha no Rio Grande do Sul e 100.000 ha em Santa Catarina, com produtividades médias de 5,0 e 4,5 t/ha, respectivamente.

Após longo período com a produtividade estagnada em torno de 3,0 t/ha; nos últimos anos têm-se verificado um aumento quase linear da mesma, como consequência de mudanças nas cultivares e no manejo da cultura.

## IMPACTO DAS NOVAS CULTIVARES

Até o começo da década de 70 todas as cultivares que se utilizavam no Rio Grande do Sul eram de porte alto e possuíam grãos de má qualidade. Essas cultivares embora adaptadas as condições de manejo utilizados, eram suscetíveis a doenças e acamavam com facilidade. Além das baixas produções obtidas nas lavouras, o arroz Gaúcho era discriminado nos mercados consumidores do centro do País por possuir, na época, qualidade inferior ao arroz de sequeiro produzido nos outros Estados.

Contudo, em processo que teve início na safra 1971/72 e se acelerou a partir de 1974/75, as cultivares tradicionais foram rapidamente substituídas pela cultivar

americana Bluebelle, de porte médio e grãos de excelente qualidade. Em consequência disso, o arroz produzido no Rio Grande do Sul consolidou-se no mercado nacional, o que determinou considerável aumento na área cultivada e na produção até o final da década de 70.

Já, no início dos anos 80, em decorrência dos altos custos de produção, processou-se nova e profunda modificação na lavoura orizícola do Rio Grande do Sul. Nesse período, a cultivar Bluebelle foi quase totalmente substituída nas lavouras pelas cultivares de porte baixo, BR-IRGA 409 e BR-IRGA 410, as quais, embora sem a mesma qualidade de grãos, mostraram possuir capacidade de produção muito superior a da Bluebelle e demais cultivares utilizadas. Dessa forma, os custos mais elevados das lavouras, foram compensados pelo aumento da produtividade.

Nas lavouras irrigadas de Santa Catarina, até o início da década de 80, utilizava-se cultivares de porte alto procedentes de São Paulo e Rio Grande do Sul. Esses arrozes, em fenômeno semelhante ao ocorrido no Rio Grande do Sul, foram quase totalmente substituídos por cultivares de porte baixo e alta capacidade de produção (Ishiy, 1985).

As novas cultivares utilizadas no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, constituíram-se em importante avanço, que pode ser avaliado pelo impacto que causaram na produtividade do arroz irrigado desses estados. No caso do Rio Grande do Sul, atribui-se um acréscimo médio de 15 por cento na produtividade somente pela substituição das cultivares antigas por arrozes modernos de alta capacidade de produção (Carmona, 1984). Em Santa Catarina houve um aumento de 66 por cento como consequência do uso de cultivares de alto rendimento e melhoria do manejo (Ishiy, 1985).

---

\* Pesquisador do IRGA-EEA. Bolsista do CNPq. Cachoeirinha - RS, Brasil.

No entanto, essas cultivares mostraram deficiências em características relacionadas a qualidade dos grãos, e reação a doenças e estresses ambientais. A sensibilidade a temperaturas baixas e excesso de ferro solúvel no solo, bem como, a susceptibilidade à brusone, são problemas comuns a quase todas as novas cultivares. (Carmona et al, 1987, 1988; Ishiy & Bacha, 1987; Terres et al, 1988).

Por outro lado, o custo de produção e a exigência de um produto melhor por parte do mercado consumidor, mostraram a necessidade de novas cultivares, precoces e com grãos de qualidade superior. Carmona et al, 1987; Terres et al, 1988).

## MELHORAMENTO GENÉTICO

A dificuldade em associar em uma cultivar, gama tão ampla e complexa de características, levou os melhoristas a estabelecer metas de curto, médio e longo prazos.

Dessa forma, com base no estágio atual dos programas de melhoramento do CPATB e IRGA, considerou-se viável obter e colocar a disposição dos agricultores cultivares produtivas, precoces e com grãos de boa qualidade, em prazo não superior a dois anos. Por outro lado, ficou evidente que o lançamento de cultivares que combinem essas características com resistência à brusone e ferro não poderia ser esperado em menos do que cinco anos. Por último, a obtenção de cultivares superiores em todas as características, inclusive resistência ao frio, pela complexidade dos fatores envolvidos, é meta a ser alcançada em prazo bem mais longo.

No presente trabalho enfatiza-se as ações de pesquisa em andamento que objetivam obter cultivares produtivas, precoces ou de ciclo médio, com boa qualidade de grãos, e resistentes à brusone e toxicidade de ferro.

A estratégia de melhoramento da EEA-IRGA e CPATB-EMBRAPA foi baseada em: a) introduções de fontes de resistência à brusone e ferro de diferentes origens, b) incorporação dos genes de resistência em

genótipos locais de alto rendimento e boa qualidade de grãos e c) seleção genealógica, com avaliações sistemáticas para brusone, ferro e qualidade dos grãos. (Carmona 1988; Terres et al, 1988).

A EMPASC, por outro lado, centralizou seus esforços na avaliação de genótipos introduzidos, com o objetivo principal de identificar materiais para uso direto nas condições de arroz irrigado de Santa Catarina. (Ishiy & Bacha 1987; Schiochet & Ishiy, 1988). No entanto, embora em pequena escala, tem sido realizada seleção em material segregante (Ishiy, et al, 1986) e, mais recentemente, em materiais obtidos a partir de mutações induzidas (Ishiy & Ando, 1988).

Introduções de fontes de resistência à brusone e toxicidade de ferro, de origem tropical, tem sido realizadas pelo IRGA através do IRTP e a seguir utilizadas em cruzamentos com cultivares e linhagens locais melhoradas (Carmona, 1988). Nos últimos anos, incluiu-se genótipos procedentes dos Estados Unidos (Texas) em cruzamentos triplos, objetivando ampliar a base genética do material em processo de melhoramento (Carmona et al, 1988).

No CPATB os cruzamentos envolvem linhagens locais melhoradas com genótipos introduzidos resistentes a frio e brusone. (Terres et al, 1987, 1988).

Os materiais segregantes são avaliados para resistência vertical à brusone em infectários semelhantes à camas de Ou (Ribeiro et al, 1986, 1988; Carmona et al, 1987, 1988). Objetiva-se por esse processo, obter um grupo de genótipos que combinem boas características de planta e grão com resistência à brusone, tendo em vista a substituição total ou parcial das cultivares atualmente em cultivo a medida que essas se tornam suscetíveis.

Os problemas relacionados a obtenção de fontes efetivas de resistência à brusone e transferência dessa resistência para genótipos melhorados, bem como, a pequena durabilidade da resistência vertical, tem levado pesquisadores do CPATB a avaliar as reações quantitativas de materiais que foram anteriormente suscetíveis em camas de Ou. A finalidade desse procedimento é identificar genótipos que apresentem



disseminação lenta da enfermidade e, em conseqüência, possuam resistência mais estável. (Ribeiro et al, 1987, 1988).

Em Santa Catarina (Ishiy 1988) iniciou a seleção de plantas que se mostraram resistentes no jardim de seleção, utilizando metodologia recomendada pelo CIAT (1985) para provocar pressão alta e uniforme de brusone. A principal razão que o levou a empregar esse método foi permitir uma seleção mais rigorosa e segura dos genótipos resistentes.

Na EEA-IRGA, a avaliação precoce de materiais segregantes quanto à brusone e qualidade dos grãos tem permitido eliminar os materiais inferiores, de forma a chegar a um número manejável de linhas homozigóticas para inclusão em ensaios de rendimento (Carmona et al, 1988) e testes de toxicidade de ferro (Bacha & Ishiy, 1988).

A obtenção de linhagens que combinam boas características de planta e grãos, com resistência à brusone e ferro indicam, numa primeira avaliação, (Carmona et al, 1988), que a estratégia e metodologia utilizadas no programa de melhoramento do IRGA, foram adequadas aos objetivos propostos.

## COOPERAÇÃO INTER-INSTITUCIONAL

A necessidade de avaliar os materiais genéticos gerados pelos programas de melhoramento do IRGA, CPATB e EMPASC, no que se relaciona a enfermidades, estresses ambientais e qualidade de grãos, levou a centralização de algumas atividades nas instituições que mostraram possuir as melhores condições para realizá-las.

Dessa forma, o IRGA, por possuir laboratório de qualidade e experiência na execução de alguns testes básicos, assumiu a responsabilidade pelas avaliações de centro branco, temperatura de gelatinização e teor de amilose dos materiais genéticos de interesse das três instituições.

A EMPASC, por sua vez, como já vem fazendo há cinco anos em testes de campo (Bacha & Ishiy, 1986), responsabilizou-se pelas avaliações dos materiais genéticos frente a toxicidade de ferro.

As avaliações para resistência vertical à brusone em gerações segregantes precoces são realizadas somente em um local pela instituição responsável pela geração do material. Os materiais em gerações avançadas, resistentes em testes precoces em um local, são incluídas no Viveiro Nacional de Brusone coordenado pelo CNPAF, para avaliações em diferentes locais.

O CNPAF é responsável também pelas multiplicações de inverno de materiais segregantes, realização de cruzamentos quando solicitado e coordenação a nível nacional do sistema cooperativo.

Além dessas instituições nacionais, o Centro Internacional de Agricultura Tropical também tem participado nos programas regionais, tanto diretamente, através de distribuição de germoplasma para utilização em cruzamentos, realização de testes de qualidade e cultivo de anteras em materiais F1 procedentes de cruzamentos planejados para o Rio Grande do Sul; como indiretamente, através do treinamento de pessoal de nível superior em atividades relacionadas aos objetivos dos diferentes programas.

Os materiais genéticos promissores obtidos por cada instituição são incluídos em ensaios integrados IRGA/CPATB/EMPASC para avaliações preliminares em Cachoeirinha-RS, Capão do Leão-RS e Itajaí-SC. Dessa forma, os genótipos obtidos em cada instituição são testados em diferentes locais e permanecem a disposição dos melhoristas das demais instituições para a utilização que desejarem dar aos mesmos. Os materiais com comportamento superior nesses e outros ensaios conduzidos pelo IRGA e CPATB no Rio Grande do Sul e pela EMPASC em Santa Catarina.

Os lançamentos de novas cultivares são feitos pela EMPASC em Santa Catarina e pelo IRGA e CPATB, em decisão conjunta, no Rio Grande do Sul.

## LITERATURA CITADA

BACHA, R.E. & ISHIY, T. 1986. Toxicidade por hierro en arroz: metodología para seleccionar genótipos resistentes en Brasil. Arroz en las Américas. 7 (1).

- 1988. Avaliação de linhagens e cultivares de arroz irrigado para resistência à toxicidade por ferro. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 17. Pelotas, 1988. Anais... CPATB-EMBRAPA, Pelotas. p. 184-90.
- CARMONA, P.S. 1984. Evolución del cultivo de arroz con riego en Rio Grande do Sul, Brasil. Arroz en las Américas. Cali, 5 (2): 1-4.
- 1989. Utilización del germoplasma introducido a través del IRTP en Rio Grande do Sul, Brasil, 1983-1988. In: CIAT, Cali, Evaluación cooperativa de germoplasma de arroz en América Latina. Cali, p. 169-78.
- et al. 1987. Melhoramento de arroz irrigado na Estação Experimental do Arroz do IRGA. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 16., Camboriú, 1987. Anais... Florianópolis, EMPASC.
- 1988. Melhoramento de arroz irrigado na EEA-IRGA. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 17., Pelotas, 1988. Anais... Pelotas, CPATB-EMBRAPA, p. 21-8.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1985. Presión alta y uniforme de piricularia con fines de selección. Arroz en las Américas. Cali, 6(1): 1-2.
- ISHIY, T. 1985. O impacto das cultivares modernas de arroz irrigado em Santa Catarina. Lavoura Arrozeira. 38(359): 10, 12-4.
- 1988. Pressão alta e uniforme de *Pyricularia oryzae* na seleção de genótipos resistentes, em Santa Catarina. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 17., Pelotas, 1988. Anais... Pelotas, CPATB-EMBRAPA, p. 244-8.
- & BACHA, R.E. 1987. Melhoramento de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado em Santa Catarina, In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 16., Camboriú, 1987. Anais... Florianópolis, EMPASC, p. 32-7.
- ISHIY, T. & ANDO, A. 1988. Melhoramento de arroz irrigado, através de mutação induzida. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 17, Pelotas, 1988. Anais... Pelotas. CPATB-EMBRAPA, p. 29-24.
- RIBEIRO, A.S.; KEMPF, D. & FROSI, J.F. 1986. Avaliação e identificação de fontes de resistência à brusone em "Camas de Ou" - 1985-86. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 15., Porto Alegre, 1986. Anais... Porto Alegre, IRGA, p. 325-30.
- et al. 1987. Quantificação das reações à brusone em genótipos de arroz -1986-87. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 16., Camboriú, 1987. Anais... Florianópolis, EMPASC, p. 219-24.
- 1988a Avaliação das reações à brusone em genótipos de arroz - 1987/88. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 17., Pelotas, 1988. Anais... Pelotas, CPATB-EMBRAPA, p. 249-57.
- 1988b Resistência vertical à brusone em genótipos de arroz - 1987/88. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 17. Pelotas, 1988. Anais... Pelotas, CPATB-EMBRAPA, p. 265-71.
- SCHIOCCHET, M.A. & ISHIY, T. 1988. Avaliação e seleção de linhagens e cultivares de arroz irrigado em Santa Catarina. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 17., Pelotas, 1988. Anais... Pelotas. CPATB-EMBRAPA, p. 86-91.
- TERRES, A.L. et al. 1987. Melhoramento de arroz irrigado no CPATB, Convênio EMBRAPA/UFPel - 1986/87. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 16., Camboriú, 1987. Anais... Florianópolis, EMPASC, p. 19-31.
- 1988. Melhoramento genético de arroz irrigado no CPATB/EMBRAPA. 1987/88. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 17., Pelotas, 1988. Anais... Pelotas, CPATB-EMBRAPA. p. 10-20.

# Melhoramento do arroz para cultivo em condições de sequeiro no Brasil

por Evaldo Pacheco Sant' Ana \* e Orlando Peixoto de Moraes \*\*

## INTRODUÇÃO

O arroz é cultivado em vários sistemas de plantio, que variam desde o cultivo em águas profundas até o cultivo em solos bem drenados, onde a água disponível para as plantas vem, somente, das chuvas. O sistema predominante de cultivo de arroz no Brasil é sequeiro, abrangendo uma área de plantio de 4,5 milhões de hectare, o que representa praticamente, 53 por cento da produção nacional desse cereal (IBGE, 1986).

A área cultivada com arroz de sequeiro, no Brasil, pode ser dividida em duas grandes regiões quanto à frequência de ocorrência de deficiência hídrica durante o ciclo de cultura. Embora o zoneamento do país, quanto à pluviosidade, em relação ao arroz de sequeiro, ainda esteja em fase de estudos, pode-se reunir baseado nas informações disponíveis (Steinmetz et al. 1982), o norte do Mato Grosso, noroeste de Goiás, o Maranhão (exceto sua parte ao leste, em divisa com o Piauí) e todas as unidades federativas do norte numa região favorecida ao desenvolvimento de arroz, quanto à intensidade e distribuição de chuvas. Por outro lado, as áreas produtoras de arroz de sequeiro do leste Maranhense, Piauí, Bahia, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Mato Grosso do Sul, sul do Mato Grosso e Goiás (exceto sua parte à noroeste),

estão sujeitas a freqüentes períodos de déficit hídrico, principalmente nos meses de janeiro, fevereiro e março. É justamente nesses meses, que normalmente a cultura se encontra na sua fase maturativa mais sensível á deficiência hídrica no solo.

Atualmente a cultura do arroz de sequeiro vem se expandindo para áreas de condições mais favoráveis ao desenvolvimento e produtividade da planta desse cereal. Estudos agroclimatológicos preliminares têm mostrado que a probabilidade de ocorrência de períodos de déficits hídricos, durante o ciclo da planta do arroz, nessas áreas, não existe ou é extremamente reduzida (Steinmetz, 1982). A precipitação pluviométrica atinge facilmente 2000 ou mais milímetros por ano, e nessas regiões predomina o clima tropical, com temperaturas elevadas e períodos chuvosos bem definidos.

Além do cultivo do arroz de sequeiro em áreas mais favorecidas, programas governamentais de fomento vem incentivando o uso de irrigação por aspersão, para cultivo de diferentes espécies nas áreas consideradas não favorecidas. O arroz, nesse sistema, entra como uma ótima opção para o agricultor, em um esquema de rotação de culturas. Nessas condições favorecidas tem sido alcançadas, facilmente, produtividades superiores a quatro toneladas por hectare com a cultura do arroz.

Embora tenha sido consistente a expansão da cultura do arroz nas regiões ou condições favorecidas, é da região não favorecida que se obtém ainda a maior produção de grãos desse cereal em condições de sequeiro. Ainda que apresente alta instabilidade de produção e baixa produtividade (1,2 ton/ha), a contribuição das regiões não favorecidas para a produção nacional de arroz é muito importante e está em torno de 30-40 por cento (EMBRAPA, 1982).

---

\*\* Engenheiro Agrônomo, M. Sc., CNPAF/EMBRAPA, Goiânia, GO, Brasil

\* Engenheiro Agrônomo, Ph. D., CNPAF/EMBRAPA, Goiânia, Go, Brasil

### **PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS ÁREAS NÃO FAVORECIDAS**

As áreas não favorecidas se caracterizam, principalmente, pelos freqüentes períodos de déficits hídricos no solo, que ocorrem durante o ciclo da planta do arroz. Esses déficits hídricos no solo acontecem devido a períodos mais ou menos longos sem chuva, que podem durar de alguns dias a várias semanas, causando redução na produtividade e até mesmo a perda total da cultura.

A ocorrência de períodos de seca, além de causar déficits hídricos no solo, favorece, também, a incidência de brusone na planta de arroz. Há uma forte relação entre a ocorrência de períodos de seca e o efeito da brusone na produção de grãos. Como o meio ambiente muda com a seca, isto favorece o desenvolvimento do patógeno, com conseqüentemente aumento na incidência da brusone e redução na produção de grãos pela planta.

Nas áreas não favorecidas o arroz é plantado principalmente em solos chamados de "cerrado", que são bastante profundos, com alta permeabilidade e baixo teor de matéria orgânica. Em conseqüência, esses solos apresentam baixa capacidade de retenção de água. Além disso, são solos de baixa fertilidade, principalmente em fósforo, cálcio e magnésio e com alto nível de alumínio tóxico. O baixo teor de fósforo e alta concentração de alumínio no solo, afetam o desenvolvimento normal da planta, tornando-a pequena e com um sistema radicular pouco desenvolvido. Dessa maneira, a planta de arroz torna-se mais sensível aos déficits hídricos do solo (Fageria e Zimmermann, 1979; Fageria e Barbosa Filho 1980).

### **PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DAS ÁREAS FAVORECIDAS**

Embora não se tenha ainda uma definição precisa das áreas favorecidas, sabe-se que a produtividade do arroz aumenta quando plantada nessas condições. Resultados de pesquisa conduzidos nas regiões consideradas favorecidas, mostram produtividade superior a cinco toneladas por hectare. Isto é devido,

provavelmente, a uma maior precipitação pluvial e melhor distribuição dessa precipitação durante o ciclo da planta de arroz. Nas áreas naturalmente favorecidas a temperatura geralmente é mais alta que nas áreas não favorecidas e a brusone não é uma doença de maior importância. Embora a região do Brasil Central seja considerada como não favorecida, existem micro-regiões dentro dela que podem ser consideradas como favorecidas, do ponto de vista de fertilidade do solo e distribuição de chuvas.

### **MELHORAMENTO DO ARROZ DE SEQUEIRO PARA CONDIÇÕES NÃO FAVORECIDAS**

Atualmente, no Brasil, existem três instituições desenvolvendo trabalhos de pesquisa relativos ao melhoramento genético do arroz de sequeiro para condições não favorecidas: o Instituto Agrônomico de Campinas (IAC), em São Paulo; o Instituto Agrônomico do Paraná (IAPAR), no Paraná; o Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), da EMBRAPA, em Goiás. O CNPAP, além da sua função de planejar e executar pesquisas com arroz, tem também a importante função de planejar e executar pesquisas com arroz, tem também a importante função de coordenação do Programa Nacional de Pesquisa com Arroz (PNP-Arroz). Dentro do enfoque do PNP-Arroz, o principal objetivo do programa de melhoramento de arroz para condições não favorecidas é a estabilização da produtividade. Para atingir esse objetivo, são atacados os principais problemas que afetam a cultura do arroz de sequeiro, e que são discutidos a seguir.

#### **Deficiência Hídrica**

Os períodos sem chuva, durante o cultivo do arroz, freqüentemente se prolongam por tempo superior àquele em que as reservas de água do solo seriam suficiente para o desenvolvimento normal das plantas, o que é dependente da profundidade do sistema radicular e da capacidade de retenção da água pelo solo. Em conseqüência, as plantas são expostas a estresses hídricos que podem reduzir a produtividade ou causar até a perda total da lavoura.

Além de afetar diretamente o desenvolvimento das plantas e/ou o enchimento dos grãos, os períodos de seca exercem também, efeitos indiretos depressivos sobre a produtividade, por favorecer a incidência de brusone. Também induz o agricultor a utilizar baixos níveis de insumos em suas lavouras, face os riscos que representam (Prabhu 1980).

As cultivares de arroz para plantio nessas condições, devem-se firmar pela resistência à seca que, num sentido amplo, é conferida por mecanismos que possibilitem a planta, manter nas folhas um potencial hídrico favorável, durante os períodos secos, e pela precocidade (escape). As variedades precoces, por permanecerem menos tempo no campo, correm menos risco de serem expostas a estiagens.

É reconhecida a dificuldade em se conseguir ganhos no melhoramento para resistência do arroz à seca, uma vez que as cultivares utilizadas no Brasil classificam-se entre as mais resistentes, nas inúmeras coleções já avaliadas. Há, todavia, a possibilidade de se conseguir reunir maior número de genes favoráveis em um mesmo genótipo, o que justifica a continuidade dessa linha de pesquisa. Avanços mais significativos poderão ser conseguidos, quando os estudos na área da fisiologia e da genética apontarem estratégias e detalhes metodológicos de seleção mais práticos e eficientes. Atualmente, o principal parâmetro de medida de resistência à seca explorado, tem sido a produção de grãos sob condições de deficiência hídrica, notadamente na fase reprodutiva. Esta avaliação somente é exequível, quando os materiais-teste encontram-se fixados para ciclo, uma vez que exigem o agrupamento dos mesmos em classes de floração uniforme. Por isso, a avaliação de resistência à seca tem sido feita apenas para os progenitores e linhagens fixadas obtidas no final da seleção. O que se tem feito em relação a seleção para a resistência à seca, na fase de gerações segregantes, é a preferência por tipos de plantas que favoreçam essa característica, baseando-se no julgamento do melhorista apenas sobre os detalhes morfológicos da parte aérea.

Entre as características morfológicas da planta que favorecem maior resistência, e que podem ser

exploradas pelo menos em alguma fase das gerações segregantes, as mais importantes são:

#### **Profundidade do sistema radicular**

Um sistema radicular mais profundo, possibilita à planta evitar o estresse hídrico pela absorção de água do solo que não seria utilizada por raízes superficiais. Além disso possibilita à planta a absorção de nutrientes das camadas mais profundas do solo. E entre as cultivares de sistema radicular profundo, as que possuem maior massa total de raízes em profundidade, normalmente são favorecidas na resistência à seca.

#### **Espessura das raízes**

De acordo com pesquisas já realizadas (IITA 1981), raízes mais grossas favorecem a resistência à seca. Acredita-se que isso ocorre, porque um sistema radicular mais grosso penetra-se mais facilmente no solo.

#### **Perfilhamento**

Além de ser um dos determinantes do índice de área foliar (IAF), o perfilamento está intimamente relacionado com o hábito do sistema radicular, que são características importantes para a resistência do arroz à seca.

A cultura do arroz de sequeiro, para áreas sujeitas à seca, deve ter um IAF moderado, pois em condições de deficiência hídrica, o aumento da área foliar acima de um ponto crítico implica em maior perda da produção, por causar maior perda de água por transpiração (Stone et al, 1979). Esse IAF crítico ainda não foi determinado, mas provavelmente se situará entre quatro e cinco, bem menor que os já determinados para o arroz irrigado. O IAF é função do número de perfilhos por planta e da área foliar por perfilhos, além do espaçamento e densidade de semeadura. Para se manter um IAF baixo, é importante o baixo perfilhamento.

Uma planta de arroz pouco perfilhadora, tende a ter um sistema radicular profundo (Yoshida 1982) e, por conseguinte, ao selecionar plantas com poucos perfilhos,

pode-se conseguir uma seleção indireta de plantas com raízes longas.

A dúvida sobre a validade de selecionar plantas pouco perfilhadoras, relaciona-se com o teor de se limitar o ganho para produtividade, uma vez que o perfilhamento relaciona-se positivamente com a produtividade. Se se estabelecer, porém, como meta, produtividade de até quatro t/ha, o menor perfilhamento não constitui fator impeditivo (Yoshida, 1982). O efeito do menor perfilhamento sobre o rendimento pode ser atenuado, procurando seleções de maior comprimento de panículas, o que é facilitado pelas correlações negativas entre essas duas características. E essa produtividade de quatro t/ha pode ser ainda facilmente ultrapassada, ao conseguir-se linhagens de menor porte e de menor área foliar por perfilho, de tal sorte a permitir a utilização de espaçamentos menores e maior densidade de semeadura.

Uma outra vantagem indireta do perfilhamento sobre o rendimento, relaciona-se com a capacidade de compensar falhas no "stand" por meio da emissão de maior número de perfilhos pelas plantas adjacentes às falhas. Portanto, diante da importância do perfilhamento sobre a produtividade e da sua influência sobre a resistência à seca, via aumento do IAF ou profundidade do sistema radicular, considera-se como recomendável, para sequeiro, um perfilhamento mediano, em torno cinco a seis perfilhos por cova, quando se semeia apenas uma planta por cova, em solo de fertilidade mediana. Em condições de semeadura em sulcos, o número de perfilhamento por planta é grandemente reduzido.

#### Dimensões foliares

Além de um perfilhamento mediano, a área foliar dos perfilhos também deve ser moderada. Os estudos sobre a arquitetura foliar para o arroz de sequeiro ainda estão numa fase preliminar, mas fornecem indicações de que folhas superiores eretas, para maior eficiência no uso da radiação solar, e folhas inferiores decumbentes, para facilitar a competição com invasoras, devem ser preferidas (IITA 1982). Em relação às dimensões foliares, tem-se observado correlações

positivas, porém de pequena magnitude entre rendimento e comprimento ou largura da folha bandeira (Pinheiro et al. 1985). Na prática do melhoramento do arroz de sequeiro, tem-se considerado as folhas de dimensões medianas recomendáveis. Folhas curtas e estreitas possuem baixa capacidade de enrolar-se durante o estresse hídrico, o que diminuiria a perda de água; folhas longas e largas, aumentam a taxa de sombreamento sobre as folhas inferiores.

#### Altura da Planta

Uma característica comum das variedades tradicionais de arroz de sequeiro no Brasil é o porte alto, mas segundo Yoshida (1982), não há na espécie uma relação genética entre altura das plantas e profundidade do sistema radicular. O menor porte, nesse caso, não deve ter influência negativa sobre a resistência à seca. O porte é também importante na definição da arquitetura da planta, por influenciar a distância entre as folhas, e relacionase, em geral, com a resistência ao acamamento. Considera-se mais adequado ao cultivo em sequeiro, as cultivares de porte intermediário (100 a 110 cm), por serem normalmente mais resistentes ao acamamento que as de porte alto, e por terem maior capacidade competitiva com as ervas daninhas do que as de porte baixo.

#### Condições Adversas de Solo

Embora os solos em que se cultiva o arroz de sequeiro na região sujeita à deficiência hídrica, tenham características físicas que facilitam o seu preparo e o desenvolvimento radicular, possuem baixa capacidade de retenção de água, favorecendo os efeitos prejudiciais dos veranicos. A maior parte são solos argilosos, mas comportam-se como arenosos em termos de retenção de água (Lopes 1977). Em relação à fertilidade, classificam-se em geral como solos pobres, deficientes em zinco e em todos os macronutrientes, principalmente P, Ca e Mg. Caracterizam-se também pela alta saturação de alumínio, baixa capacidade de troca de cátions e alta capacidade de fixação de fósforo que, aliada aos baixos teores desse nutriente, pode ser considerado um dos fatores mais limitantes ao desenvolvimento do arroz de sequeiro (EMBRAPA 1982).

As amplas evidências de que vários aspectos do transporte e utilização dos nutrientes minerais estão sob controle genético, constituem as justificativas de se fazer seleção para solos pobres. Outro fato que justifica essa linha de pesquisa é a existência de diferenças entre as variedades de arroz para eficiência na utilização de fósforo no solo, e para tolerância a níveis relativamente altos de saturação de alumínio (Fageria 1984). Outro aspecto interessante, relaciona-se com a existência de vários materiais que se classificam entre os mais produtivos sob baixos níveis de fósforo ou alta saturação de alumínio, e que são os mais responsivos à aplicação de fósforo ou calcário. Portanto, é possível a obtenção de linhagens melhoradas adaptadas a solos pobres e que respondem à utilização de melhor tecnologia (solos férteis ou melhor adubação).

#### Doenças

Entre as várias doenças que atacam o arroz de sequeiro na região sujeita à seca, a brusone (*Pyricularia oryzae*) é considerada a mais prejudicial e constitui um dos fatores mais limitantes à produção do arroz. Ocorre todos os anos, em intensidade variável, mais estima-se que deve reduzir, em média, 30 por cento da produção de arroz de sequeiro no Brasil (EMBRAPA 1982).

As cultivares de arroz de sequeiro atualmente usadas pelos agricultores brasileiros são todas suscetíveis à brusone, para as raças normalmente prevalentes neste sistema de cultivo. Entre as novas cultivares em lançamento, encontra-se duas que apresentam alta resistência à brusone (linhagem CNA 108 e Araguaia), mas suas resistências poderão ser quebradas dentro de poucos anos. Há necessidade de continuar, dentro do programa de melhoramento, as seleções para resistência à brusone, principalmente por que se considera o uso de cultivares mais resistentes, o mais importante meio de amenizar os efeitos dessa doença.

Uma segunda doença que vem, nos últimos anos causando danos, às vezes graves, a cultura do arroz de sequeiro é a queima das glumelas (*Phoma sorghina*) (EMBRAPA, 1982). E os níveis de resistência das

atuais variedades a essas doenças são considerados não satisfatórios. Outras doenças, como escaudadura (*Rhynchosporium oryzae*), mancha parda (*Helminthosporium oryzae*) e mancha estreita (*Cercospora oryzae*), são consideradas de menor importância na cultura do arroz em condições desfavorecidas (EMBRAPA 1982).

#### Pragas

Estima-se que as pragas causam à cultura do arroz de sequeiro uma redução de aproximadamente 29 por cento da produção na região Centro-Oeste. As espécies de cupins (*Syntermes* spp), broca do Colô (*Elasmopalpus lignosellus*), cigarrinha-das-pastagens (*Deois flavopicta*), entre outras, são capazes de grandes danos.

Após avaliação de centenas de materiais, à procura de fontes de resistência a essas pragas, os entomologistas do CNPAF tem constatado que as cultivares de arroz de sequeiro mais difundidas do Brasil, classificam-se entre as mais resistentes. Em relação à broca do colmo, todavia, alguns materiais como BKN 6652-249-1-1, Venez Roxo, Vermelho Comun, Maranhão Vermelho e Pedregulho, tem-se mostrado mais resistentes.

#### Plantas Daninhas

No primeiro ano de cultivo de arroz de sequeiro, a população de plantas daninhas é baixa, e a sua concorrência com o arroz não constitui maiores problemas. Todavia, a partir do segundo ano de cultivo, na mesma área, o problema vai-se agravando de tal modo, que se torna num dos mais sérios obstáculos para produção de arroz (Siveira Filho et al. 1984). As cultivares atuais de arroz de sequeiro são relativamente competitivas com plantas daninhas, por terem folhas longas decumbentes e com boa cobertura do solo. Ao selecionar novas linhagens com arquitetura foliar mais eficiente na utilização da energia solar, deve-se ter a preocupação de conservar, na medida do possível, as folhas inferiores decumbentes, a fim de preservar a capacidade de rápida cobertura do solo das atuais

cultivares. Outra característica importante das cultivares competitivas com invasoras é o maior vigor vegetativo em sua fase jovem (Jennings et al. 1979).

### **MELHORAMENTO DO ARROZ DE SEQUEIRO PARA CONDIÇÕES FAVORECIDAS**

Embora a maioria das pesquisas com melhoramento do arroz de sequeiro tenha sido desenvolvida em condições não favorecidas, resultados preliminares tem mostrado que o tipo de planta de arroz para condições favorecidas deve ser diferente daquelas criadas para condições desfavorecidas.

As cultivares de arroz desenvolvidas para cultivo em situações não favorecidas, se caracterizam por apresentar boa rusticidade às condições adversa do solo, maior resistência à seca, baixo perfilhamento e alto desenvolvimento vegetativo, com freqüente acamamento, quando alta tecnologia é usada. Em condições favorecidas o risco de perda da cultura devido a fatores climáticos é bastante reduzido, e o agricultor se sente encorajado a usar maiores níveis de insumos tais como, fertilizantes, inseticidas e fungicidas. Temperaturas elevadas e regular distribuição de chuvas, associadas à maior tecnologia, favorecem a um marcante desenvolvimento da planta de arroz, com profundas alterações nas suas características morfológicas e fisiológicas, que refletem na produção de grãos. Uma das alterações mais importante é o excessivo crescimento da planta e aumento da massa foliar nas cultivares tradicionais de arroz de sequeiro, o que favorece o acamamento e conseqüente redução na produtividade e qualidade do grão.

Alguns fatores importantes no melhoramento do arroz de sequeiro para plantio em condições favorecidas, tais como produtividade, doença, pragas, dormência das sementes etc., são discutidos a seguir:

#### **Capacidade Produtiva de Grãos e Resistência ao Acamamento**

As cultivares atualmente plantadas em condições favorecidas são de porte alto e com folhas longas e largas. Quando melhor tecnologia é usada, elas acaman

prontamente, resultando em queda na produtividade e qualidade do grão. Além disso, folhas longas e largas são associadas com distúrbios fisiológicos, quando ocorre um sombreamento mútuo em populações de plantas bem desenvolvidas, e que afetam a produtividade (Tanaka & Kawano 1966). Assim, as plantas para cultivo em condições favorecidas devem possuir um porte médio (100-110 cm) de modo a reduzir a possibilidade de acamamento, além de terem folhas medianamente erectas e mais curtas que as de sequeiro tradicional.

O perfilhamento em arroz está fortemente associada à produtividade e, por isso, é um fato importante a ser considerado em um programa de melhoramento. No arroz de sequeiro para condições não favorecidas, recomenda-se um perfilhamento mediano de seis a sete perfilhos por planta, de modo a evitar IAF alto, o que prejudicaria a produtividade em períodos de deficiências hídricas. Entretanto, o problema de seca não existe em condições favorecidas, e os resultados de ensaios comparativos de produção mostram que as cultivares/inhagem mais produtivas, nessas condições, são aquelas que apresentam um perfilhamento em torno de 10-15 por planta. Esses dados necessitam ser confirmados por meio de experimentos específicos.

#### **Adequado Ciclo da Planta**

O ciclo da planta é um caracter fortemente relacionado com a produtividade. Geralmente plantas precoces tem uma tendência de produzirem menos que as de ciclos mais longo. Entretanto, fazendo-se o plantio com uma combinação de espaçamento entre linhas e densidade de semeadura adequado, pode-se conseguir um IAF correto a uma determinada planta precoce. Com isso pode-se obter, com plantas precoces, produtividades iguais ou superiores às cultivares de ciclo médio ou longo. O ciclo da planta é muito importante num programa de melhoramento para condições de sequeiro favorecido no Brasil. Em geral, nas áreas onde ocorre um longo período chuvoso, o agricultor prefere cultivares de ciclo longo (140-150 días). O ciclo curto é adequado para regiões onde o período chuvoso dura de três a quatro meses apenas, ou para



cultivo com irrigação suplementar, em áreas desfavorecidas.

### Resistência a Doenças

Nas áreas favorecidas, as doenças de maior importância são a mancha parda (*Helminthosporium oryzae*) e a escaldadura (*Rhynchosporium oryzae*). A brusone não é atualmente de grande ocorrência nas áreas favorecidas, porém deve ser considerada a sua importância no futuro. Com relação a mancha parda, embora se saiba que as lesões foliares pouco afetam a produção, as lesões nos grãos podem causar substancial redução na produtividade e qualidade.

### Resistência a Pragas

As pragas mais importantes que ocorrem nas regiões favorecidas são o broca do colmo (*Diatraea sacharalis*), o percevejo marron (*Oeballus poecilus*), a tibraca (*Tibraca limbativentris*) e a broca do colmo (*Elasmopalpus lignosellus*). Além disso, deve-se citar o sogatodes (*Sogatodea aryzicola*), devido à sua grande importância nos países fronteiriços como transmissor do vírus da folha branca.

### Dormência da Semente

Freqüentemente, nas regiões favorecidas, o agricultor tem que colher o arroz durante dias chuvosos, o que pode causar queda na qualidade do grão, devido entre outros fatores, à germinação. Chuvas pesadas e ventos fortes podem também causar acamamento de plantas com grãos maduros, e o contato desses grãos com o solo úmido pode causar germinação dos mesmos. Um certo grau de dormência torna-se necessário para evitar esses problemas.

### Tolerância à Seca

Embora a ocorrência de longos períodos de seca em áreas favorecidas seja extremamente improvável, períodos curtos de déficits hídricos no solo pode ocorrer e causar severos danos na planta de arroz, principalmente em solos arenoso. Se o período de

seca ocorre no estágio inicial de crescimento, quando o sistema radicular não está ainda bem desenvolvido, a planta pode morrer. Queda na produtividade pode ocorrer quando esse problema ocorrer no período de floração. Assim, é necessário um certo grau de tolerância à seca, nas cultivares que serão desenvolvidas para plantio em áreas favorecidas.

### Qualidade do Grão

Sendo o produto final na comercialização, o grão do arroz deve apresentar características físicas e químicas que agradem o consumidor.

No Brasil, a preferência é por grãos do tipo longo e fino, translúcidos, com médio teor de amilose, grande capacidade de expansão e de aroma mediano.

O produtor de arroz em condições favorecidas, usando alta tecnologia, inclusive pivot central para irrigação suplementar, necessita de um produto final com alto valor comercial, de modo a compensar os altos investimentos realizados.

O programa de melhoramento do arroz de sequeiro, para condições favorecidas, tem dado ênfase na seleção de plantas com grãos com as características acima citadas.

## ESTRATÉGIA DO MELHORAMENTO DO ARROZ PARA CONDIÇÕES DE SEQUEIRO

A estratégia do melhoramento do arroz de sequeiro no Brasil se acenta, basicamente, sobre as Comissões Técnicas de Avaliação de germoplasma de arroz (CTArroz), localizados nas regiões Norte-Nordeste e Central. Essas comissões são constituídas por 31 instituições de pesquisa, envolvendo institutos de pesquisa, empresas estaduais de pesquisa, unidades de pesquisa de âmbito estadual e local, universidades e estações experimentais, sob a coordenação do CNPAF. A CTArroz II (região central) é formada por 12 instituições de pesquisa e a CTArroz III por 19. Essas comissões, como o nome indica, tem a função de avaliar, a nível experimental, cultivares/linhagens do arroz criados pelos diferentes programas de

melhoramento nacional ou internacional. Para executar esta atividade, essas comissões possuem 3 tipos de ensaios básicos: Ensaio de Observação (EO), constituído por um número variável de entradas, oriundas dos diferentes programas de melhoramento do arroz do Brasil e do mundo. Não tem repetição e é instalado em poucos e definidos locais nas regiões Norte-Nordeste e Central; Ensaio Comparativo Preliminar (ECP), constituído por um número menor de entradas, em delineamento látice com três repetições. Geralmente é instalado em um ou mais pontos de área de atuação de cada instituição de pesquisa; Ensaio Comparativo Avançado (ECA), constituído por no máximo 20 entradas e instaladas em vários pontos da área de atuação de cada instituição de pesquisa. É o ensaio final de avaliação para recomendação de cultivares para plantio comercial.

A geração de germoplasma de arroz para atender a demanda das instituições que participam dos CTArroz, é desenvolvido principalmente pelo CNPAF, IAC e IAPAR. A metodologia usada envolve, basicamente, os métodos convencionais do melhoramento de plantas.

Desde que o CNPAF está localizado em uma área que pode ser considerada como favorecida, os experimentos para determinação de tolerância à seca são plantados fora de época normal de plantio, de modo que o período crítico da planta (formação da panícula à emissão da panícula) ocorra na época da seca. Nas outras instituições de pesquisa (IAC e IAPAR), localizadas em áreas não favorecidas, os experimentos são instalados na época normal de plantio, desde que essas áreas estão sujeitas a

freqüentes períodos de déficits hídricos no solo durante o ciclo das plantas.

Atualmente a geração de germoplasma para plantio em condições favorecidas é desenvolvida somente no CNPAF.

As gerações segregantes ( $F_2$  a  $F_9$ ) são conduzidas independentemente pelo CNPAF, IAC e IAPAR, cada instituição usando seus próprios cruzamentos. Da geração  $F_7$ , em diante, as linhas de melhor comportamento são incluídas no EO. Neste ensaio essas linhas permanecem por um a três anos, sendo que aquelas selecionadas pelas instituições participantes do CTArroz, irão compor o ECP. No ECP elas permanecem por dois a três anos. As melhores linhas selecionadas nos ECP irão compor os ECA. Neste ensaio elas são avaliadas durante dois a três anos e, a melhor, é então recomendada pelas instituições de pesquisa para plantio comercial.

## RESULTADOS OBTIDOS

Com a criação das CTArroz, houve um marcante incremento na quantidade e na qualidade da pesquisa desenvolvida com o melhoramento do arroz de sequeiro no Brasil. O Quadro 1 mostra o tipo e número de ensaios conduzidos nas regiões Centro-Oeste, Sudeste, Norte e Nordeste no ano agrícola de 1988/89.

No Quadro 2 estão listadas as cultivares recomendadas para plantio comercial pela CTArroz II e CTArroz III, em condições de sequeiro favorecido e não favorecido.

Quadro 1. Tipo e número de ensaios conduzidos pelas CTArroz II e CTArroz III no ano agrícola 1988/89.

Região	II		III		Total
	Sequeiro	Sequeiro favorecido	Sequeiro	Sequeiro favorecido	
EO	11	4	2	8	25
ECP	16	3	5	14	38
ECA	72	2	11	20	105

**Quadro 2. Nome, origem, área recomendada para plantio e sistema de plantio das cultivares de arroz de sequeiro avaliadas pelas CTArroz II e CTArroz III.**

Cultivar	Origem	Recomendação	Sistema
Cuiabana	IAC 47/SC 2041-50-1	MT, GO, DF, MS	S
Rio Paranaíba	IAC 47/63-83	MS, MG, GO, DF	S
Araguaia	IAC 47/TOS 2578-4-2-3-82	GO, DF, MT	S
Cabacu	MUTANTE IRAT 79	GO, DF	S
Guarani	IAC 25/63-83	MS, MT, MG, GO, DF	S
BR 4	IAC 5544/D. PRECOCE	RR, AP, PI	S
Centro America	IAC 25/63-83	MT	S
EMCAPA 01	IAC 5544/D. PRECOCE	ES	S
IRAT 112	IRAT 13/D. PRECOCE	MA	S
Guapore	IRAT 13/IAC 47	RO	SF
Mearim	MUTANTE OS-6	MA	SF
Xingu	IRAT 13/IAC 47	PA	SF
Tangara	IAC 25/IRAT 13	MT	S
IAPAR 9	IAC F-3-7/BATATAIS	PR	S

**LITERATURA CITADA**

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. 1982. Upland rice in Brazil. In: "Workshop on Upland Rice, October 4-10", Bouaké, Costa de Marfim 65 p. (mimeografado).

FAGERIA, N. K. & ZIMMERMANN, F. J. P. 1979. Seleção de cultivares de arroz para tolerância a toxidez de alumínio em solução nutritiva. *Pesq. agropec. bras.*, 14 (2): 141-147.

----- 1984. Adubação e nutrição mineral do cultivo do arroz. Rio de Janeiro, Campus. Goiânia, EMBRAPA. 341p.

----- & BARBOSA FILHO, M. P. 1986. Avaliação de cultivares de arroz para maior eficiência na absorção de fósforo. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 2.; Goiânia, GO, 1980. Resumos. Brasília, EMBRAPA-DDT, 317p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 13).

INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE. 1981. Research highlights, 1980. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, 64p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 1986. Anuário Estatístico do Brasil, 198 p.

JENNINGS, P. R.; COFFMANN, W. R. & KAUFFMAN, H. E. 1979. Rice improvement. IRRI, Los Baños, Philip-pines, 186 p.

LOPES, A.S. 1977. Available water, phosphorus fixation and zinc level in Brazilian cerrado soils in relation to their physical, chemical and mineralogical properties. Raleigh, North Caroline State University, 189p. (Tese Doutorado).

PINHEIRO, B. da S.; STEINMETZ, S.; STONE, L. F. & GUIMARÃES, E.P. 1985. Tipo de planta, regime hídrico e produtividade em arroz de sequeiro. *Peso agropec. bras.*, 20(1):87-95.

PRABHU, A.S. 1980. Sistema de produção de arroz de sequeiro, visando controle da brusone. EMBRAPA-CNPAF, Goiânia-GO, 15 p. (EMBRAPA-CNPAF. Circular Técnica 1).

SILVEIRA FILHO, A.; AQUINO, A. R. L. de & SANTOS, A. B. dos. 1984. Controle de plantas daninhas na cultura do arroz de sequeiro. EMBRAPA-CNPAF, Goiânia-GO, 6 p. (EMBRAPA-CNPAF. Comunicado Técnico, 15).

STEINMETZ, S.; REYNIERS, F. N. & LIU, W. T. H. 1982. Favorable rainfall periods in upland rice regions of Brazil. In: Workshop on Upland Rice, October 4-10, Bouaké, Costa do Marfim.

STONE, L. F.; OLIVEIRA, H. B. & STEINMETZ, S. 1979. Deficiência hídrica e resposta de cultivares de arroz ao nitrogênio. *Pesq. agropec. bras.*, 14 (3): 295-301.

TANAKA, A. & KAWANO, K. 1966. Effect of mutual shading and dry matter production in tropical rice plants. *Plant and Soil*, 24: 128-144.

YOSHIDA, S. 1982. The rice root system: its development and function. In: DROUGHT RESISTANCE IN CROPS WITH EMPHASIS ON RICE. IRRI, Los Baños, Philippines, 414 p.

# Mejoramiento de arroz en Chile

por José Roberto Alvarado A.\*

## INTRODUCCIÓN

El arroz es considerado como uno de los catorce cultivos tradicionales en Chile. Se siembra en forma comercial desde fines de la década del treinta. Su consumo actual es de alrededor de 8,6 kg/cápita al año y se considera que su demanda es inelástica.

El área actual de cultivo está ubicada entre los 34°10' y los 36°34' de latitud sur, en el valle central regado del país (Figura 1)

La siembra se realiza en forma directa con semilla pregerminada sobre suelo inundado. El arroz permanece inundado durante todo el período de cultivo y los niveles de agua se mantienen mediante diques (pretilos), que son de tipo permanente en la zona sur, mientras que en la zona norte se construyen cuando se siembra arroz. La principal limitante del cultivo es la deficiencia de nitrógeno en el suelo (Rojas y Alvarado, 1982). Durante los últimos años se han detectado deficiencias de fósforo (Ortega y Rojas 1988) especialmente debido al uso intensivo de los suelos arroceros. La alta infestación de malezas (gramíneas, alismatáceas y ciperáceas), también limita fuertemente la productividad del arroz. El manejo de

agua es una práctica que es importante ya que de ella depende en gran parte el éxito de la fertilización y el control de las malezas.

La cosecha del arroz se realiza tanto en forma manual (segado y engavillado) y trilla con estacionaria, como totalmente mecanizada. El primer sistema es

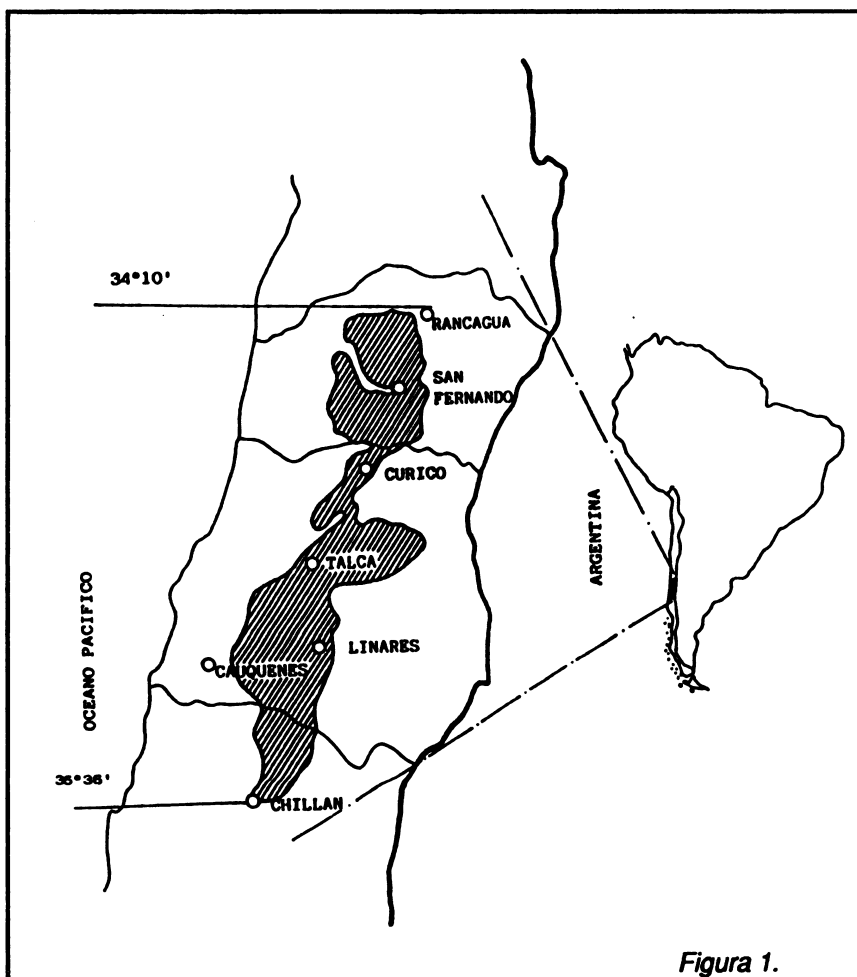


Figura 1.  
Área arroceras de Chile

\* Programa Arroz, Estación Experimental Quilamapu INIA, Chile.

utilizado por la gran mayoría de los agricultores y en este momento tiene una gran incidencia en los costos de cultivo, ya que el arroz debe competir por mano de obra con cultivos hortifrutícolas de exportación y de alta rentabilidad.

El presente trabajo muestra los logros obtenidos por la investigación, sus objetivos actuales y la metodología usada para su consecución excepto en tolerancia al frío que se presenta como un trabajo aparte.

### PRODUCCIÓN DEL ARROZ Y ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

El arroz actualmente se cultiva en las regiones VI, VII y VIII, en suelos que en general eran considerados marginales antes de la introducción del cultivo del arroz. La superficie de suelos arroceros (arcillosos y con subsuelo impermeable) se calcula en 250.000 ha. En el Cuadro 1 se puede observar que la superficie del arroz creció aceleradamente después de su introducción como cultivo comercial, manteniéndose relativamente estable en promedio desde el período 1951/52-1955/56 al período 1967/68-1970/71.

Las mayores superficies de siembra se alcanzaron durante la temporada agrícola 1944/45 y 1978/79 con un superficie de alrededor de 47000 ha; se observa además que los rendimientos decrecieron hasta alcanzar 2,6 ton/ha en la década del cincuenta al setenta, lográndose 4,1 ton/ha en el último período, lo que fue logrado con un aumento de superficie.

La disminución de los rendimientos en arroz, debida a la alta infestación de malezas y baja en los niveles de fertilidad de los suelos (Sims y Alvarado, 1972), seguramente fue una de las razones por las cuales en 1953 el Ministerio de Agricultura inició un programa de mejoramiento de arroz en la Estación Experimental Chillán (Sims, 1960), que forma parte del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) desde su creación en 1964.

El arroz sembrado en Chile, se cree que fue traído desde Europa, posiblemente de Italia. Este era una mezcla de tipos conocida como arroz "Nacional". Por esta razón el primer paso fue la creación de variedades obtenidas por selección de línea pura del arroz Nacional. En esta labor cooperó también la Estación Experimental privada de Huencuecho, cuyo material es propiedad de la empresa INDUS.

Cuadro 1. Promedios de superficie y rendimiento (ton/ha) de arroz en Chile durante diferentes períodos.

Período	Superficie (ha)	Rendimiento (ton/ha)
1937/38 - 1940/41	6941	3,9
1941/42 - 1945/46	29649	3,8
1946/47 - 1950/51	31019	3,0
1951/52 - 1955/56	28019	2,6
1956/57 - 1960/61	34488	2,6
1961/62 - 1965/66	30700	2,6
1967/68 - 1970/71	26830	2,6
1971/72 - 1975/76	21776	3,1
1976/77 - 1980/81	37482	3,2
1981/82 - 1985/86	38562	3,9
1986/87 - 1987/88	38535	4,1

Fuente: Hepp, (1945) e Instituto Nacional de Estadísticas.

El primer efecto del mejoramiento genético de arroz, fue uniformar el período vegetativo, la altura y el tamaño del grano de arroz, lo que estabilizó los rendimientos en alrededor de 2,6 ton/ha. El trabajo de selección por línea pura culminó con la entrega de la variedad Oro, alrededor de 1964, la que se transformó en la variedad más importante del país. El INIA entregó en 1975 las primeras variedades obtenidas por cruzamientos que son: Quella, Diamante y Ñiquén. Actualmente Oro y Diamante son las variedades más sembradas en el cultivo de arroz. El uso de estas variedades junto a un mejor manejo de cultivo (fertilización, control de malezas, manejo del agua, preparación del suelo), ha traído como consecuencia un alza de la producción de arroz, que puede provocar problemas de sobreproducción.

#### METODOLOGÍA USADA

La metodología usada en el mejoramiento es la tradicional en todo programa de este tipo:

- Selección líneas puras
- Introducciones
- Cruzamientos y selección (Pedigri)

- Cultivo de anteras (INIA-CIAT)
- Evaluación del germoplasma
- Producción de semilla genética.

Se mantienen contactos activos con CIAT especialmente, además del IRRI, en el último año con IRAT y Hungría.

#### CARACTERES MEJORADOS GENÉTICAMENTE

Para poder mostrar los avances logrados en el mejoramiento de arroz fue necesario hacer una revisión de antecedentes, libros de notas, informes anuales y publicaciones, lo que ha permitido tener una visión más clara de los avances logrados y los desafíos futuros.

#### CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS

El mejoramiento del arroz ha incorporado una mayor precocidad si comparamos las nuevas variedades con "Rendifén", que fue una de las primeras variedades cultivadas en el país (Cuadro 2). Esta variedad era aproximadamente 10 días más precoz que el arroz nacional (Alvarado, 1982).

Cuadro 2. Rangos de días de siembra a floración altura, (cm), de acame (%) y desgrane (0-9), obtenidos en ensayos realizados en la Estación Experimental Quilamapu.

Variedad y líneas	Días siembra a floración	Altura (cm)	Acame (%)	Desgrane (0-9)
Rendifén	93 - 120	90 - 105	0 - 70	-
Oro	90 - 111	80 - 100	0 - 40	3
Quella	86 - 105	80 - 100	0 - 40	3
Diamante	96 - 115	80 - 100	0	5/7
Ñiquén	72 - 100	70 - 90	0 - 40	-
CINIA - 160 *	95 - 105	70 - 87	0	1

\* 1 año

La variedad más precoz Niquén, es de grano medio, pero susceptible al acame. En este momento, además de tener esta variedad como fuente genética de precocidad, se cuenta con material húngaro obtenido en los últimos viveros del IRCTN, que son bastante precoces y con características de grano deseables, largo y fino y con alto contenido de amilosa (determinación realizada en el CIAT), pero que se vuelcan fácilmente. Con ambos materiales se tratará de obtener arroces de buena calidad y más precoces que Diamante.

Sims (1960) afirma que hay que mejorar la resistencia al acame, cuando describe las primeras variedades producidas en el país. Esto se ha logrado disminuyendo la altura de plantas (Cuadro 2).

Se observa que entre las variedades, sólo con Diamante se ha logrado resistencia al acame y que la altura ha disminuido en relación a Rendifén. Con las líneas CINIA, que son producto del programa cooperativo de INIA con CIAT, se ha logrado introducir enanismo asociado a caña firme, ya que Niquén era de corta estatura pero con caña débil.

Por el sistema de cosecha en Chile es necesario incorporar resistencia al desgrane mayor que la de Diamante, ya que ésta ha sido una de sus limitaciones.

### RESPUESTA A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA

Las primeras investigaciones en fertilización mostraron respuestas erráticas (Corporación de Ventas del Salitre y Yodo), presumiblemente debido a las variedades utilizadas. Sólo con la utilización de las nuevas variedades Oro, Diamante, Quella, y Niquén fue posible encontrar respuesta a la fertilización. El arroz anterior a ellas presentaba poca resistencia al acame, lo que influía en las respuestas erráticas obtenidas. En un ensayo de fertilización comparando Oro y Rendifén (Alvarado, 1982) se muestra las diferentes respuestas de estas dos variedades (Figura 2), donde puede apreciarse que a medida que se aumentaba la dosis de nitrógeno, se aumentaba el acame en Rendifén. Ensayos realizados en Diamante,

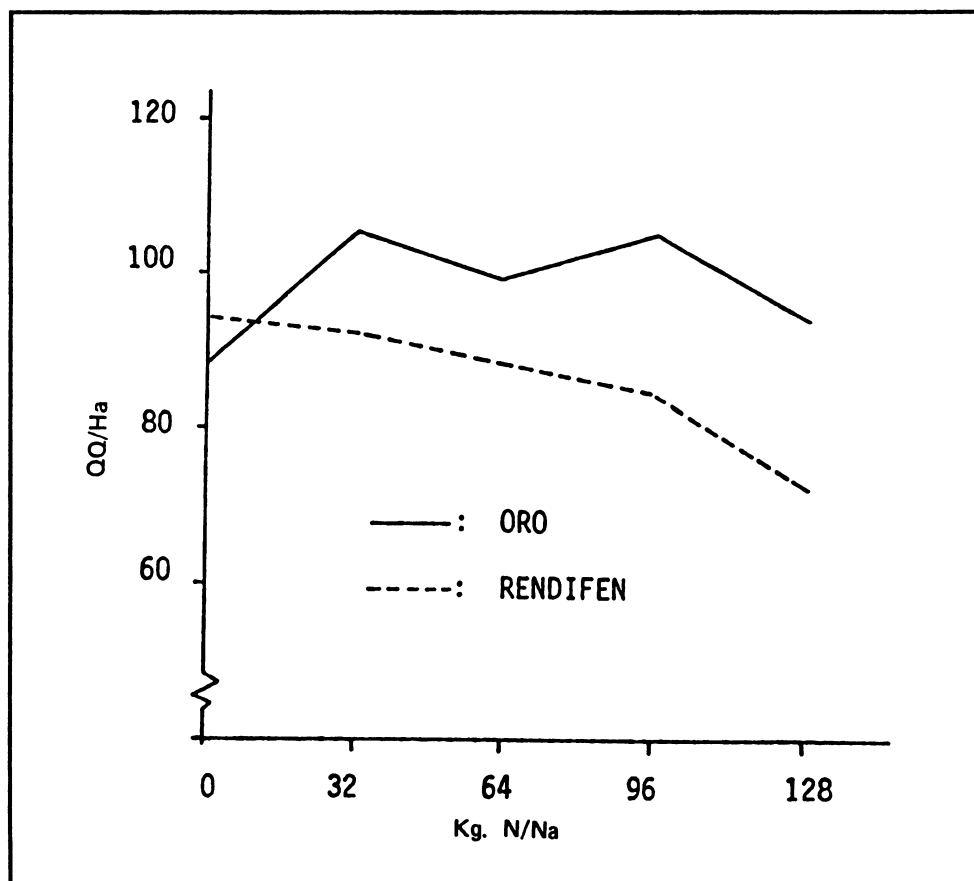
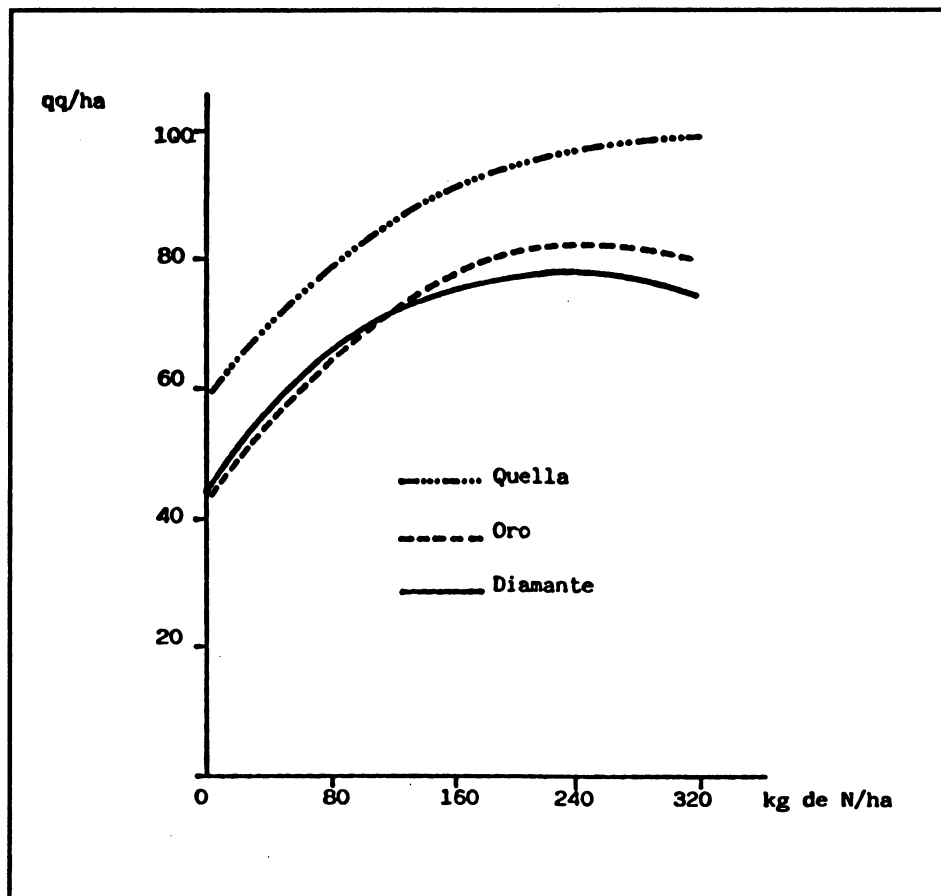


Figura 2.  
Respuesta a aplicaciones de nitrógeno de las variedades Rendifén y Oro.



Figura 3.  
Respuesta a  
aplicaciones de  
nitrógeno de las  
variedades Oro,  
Quella y Diamante.



Quella y Oro (Alvarado y otros, 1982), permiten afirmar que las nuevas variedades responden a aplicaciones de fertilizantes nitrogenados (Figura 3). En pruebas preliminares se ha encontrado una respuesta diferencial al nitrógeno, por lo que es probable que con algunos genotipos se logren altos rendimientos con menor fertilización nitrogenada, contribuyendo de esta forma a economizar nitrógeno en el cultivo.

## ENFERMEDADES E INSECTOS

En el cultivo del arroz no se habían presentado enfermedades ni insectos de importancia económica, por lo que no ha existido una línea de mejoramiento en este sentido. Pero sí, se han ido identificando una serie de organismos que pueden llegar a ser un problema.

El manchado del grano, que se ve como un problema de relativa importancia, se caracteriza por una decoloración de las glumas, de color café claro a oscuro, y que en general se presenta en forma parcial

en la panícula. Entre los patógenos que estarían asociados al manchado se han identificado *Alternaria sp.*, *Fusarium moniliforme* y bacterias fluorescentes (Madariaga, 1980 y 1986). El manchado de grano se encuentra distribuido a través de toda el área arrocera, pero aparentemente con una menor incidencia en la zona norte (Alvarado, 1982). Produce una disminución del peso del grano, como se puede observar en la Figura 4, llegando a pérdidas del siete por ciento en el peso del grano con una presencia de un 40 por ciento de los granos manchados. De los cultivares, Oro es el que ha presentado mayores niveles de manchado en las evaluaciones realizadas, es así como en 1983 alcanzó un 18,5 por ciento de grano con mancha mientras que Diamante y Quella presentaron un 8,7 por ciento y un 5,3 por ciento respectivamente. El manchado produce además de una mayor susceptibilidad al quebrado de grano durante el proceso industrial. En estos momentos, es una de las evaluaciones rutinarias del Programa Arroz.

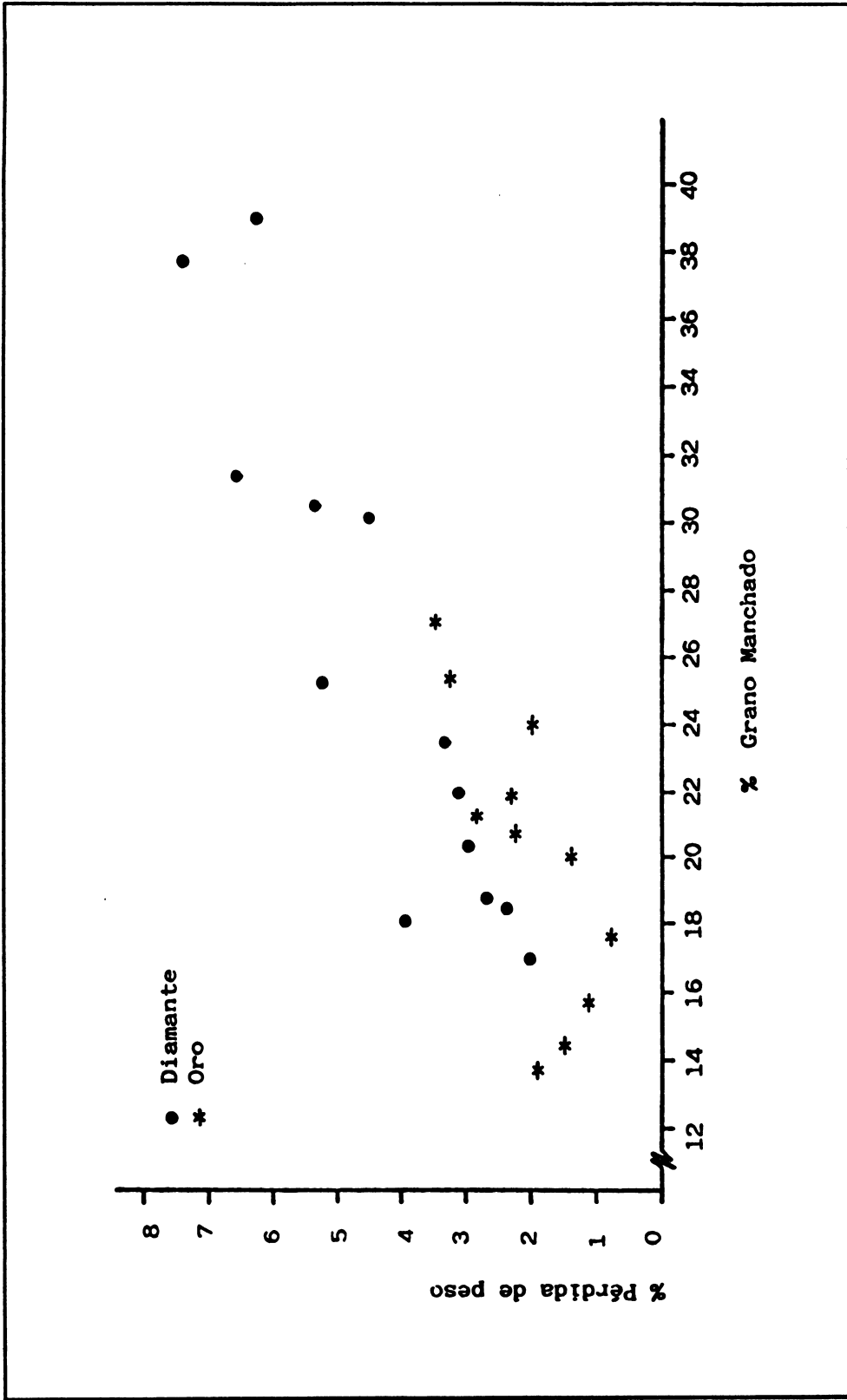


Figura 4. Relación entre el porcentaje de grano manchado y el porcentaje de pérdida de peso del grano en Diamante y Oro.

En los últimos años se ha presentado una nueva enfermedad, la "Putridión del tallo", que ha alcanzado cierta importancia, sobre todo en el área de Parral en suelos en los cuales se siembra arroz intensamente. El hongo causante es el *Sclerotium hydrophilum* Sacc. y se encuentra distribuido en toda el área arrocera (France y Alvarado, 1985). Las evaluaciones realizadas se presentan en el Cuadro 3.

Se puede observar que ningún cultivar presenta tolerancia a esta enfermedad, por lo que habrá que iniciar una línea de investigación que nos indique si parte del germoplasma que poseemos tiene resistencia o tolerancia a este hongo. Por el momento el problema se puede enfrentar con medidas de manejo del suelo arrocero.

En cuanto a insectos se han determinado varios, pero los que podrían causar daño al cultivo son el minador de la hoja, aún no determinado, el gorgorito

de agua, *Neobagons cuadricollis* Hurt, insectos del género *Dichroplus* (Gerding, 1983) y *Pseudaletia impucta* (Gerding y Grau, 1988).

### CALIDAD

La calidad del grano de arroz se ha enfrentado en Chile bajo tres aspectos:

1. Industrial
2. Comercial (tamaño y apariencia del endosperma)
3. Culinaria

Un factor de gran relevancia en la selección de variedades es la calidad industrial, aunque en Chile dicha calidad está más influenciada por el manejo de cosecha y postcosecha que por la variedad misma. Las variedades actuales poseen un buen potencial de rendimiento industrial, pero presentan una relación

Cuadro 3. Evaluación del daño causado por *Sclerotium hydrophilum* Sacc. En el arroz en Chile

Variedades	Altura (cm)	Humedad (%)	Esterilidad (%)	100 Granos (gr)	Rend. Indust. (%)	ton/ha 15% H.
<b>Diamante (1988/1989)*</b>						
Sano	85	25,4	10,4	3,06	56,6	9,4
Enfermo	64	16,0	43,0	2,41	26,1	2,5
<b>Oro (1988/1989)*</b>						
Sano	87	19,0	9,6	3,35	54,9	7,5
Enfermo	72	14,6	45,3	2,57	28,7	3,7
<b>Quella (1984/1985) (France y Alvarado, 1984)</b>						
Sano	-	21,1	11,2	-	2,9	10,0
Enfermo	-	11,0	30,1	-	2,4	3,1

(\*):Alvarado y France, 1989. Informe en preparación.

diferente entre humedad de cosecha y rendimiento industrial (Figura 5). Se observa que Diamante presenta un período más estrecho de humedad cosecha para obtener un buen rendimiento industrial. Este tipo de caracterización se realiza sólo con las líneas promisorias.

En relación a la calidad comercial apariencia del grano, el arroz chileno está sufriendo grandes cambios, ya que la demanda por arroces de grano largo y cristalino ha ido aumentando. Anteriormente el arroz consumido era de grano corto o medio con una alta presencia de panza blanca (Cuadro 4). Los esfuerzos

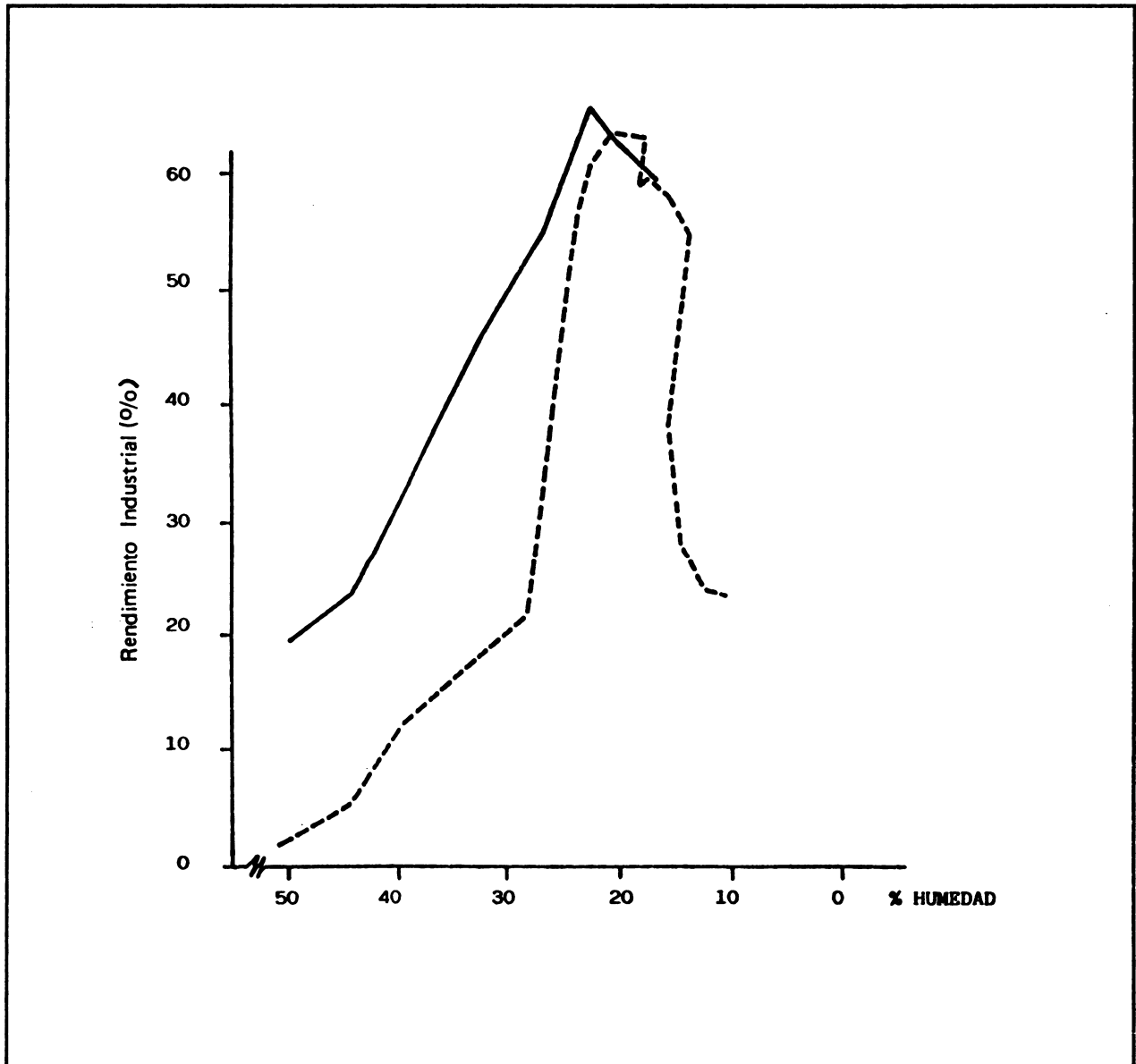


Figura 5. Relación entre humedad de cosecha y rendimiento industrial en Quella y Diamante.

Cuadro 4. Largo de grano elaborado, relación largo ancho y panza blanca en arroces chilenos.

Variedades y líneas	Grano elaborado		Panza Blanca*	
	(mm)	(l/a)		
Renditén	6,0	-	9	-
Oro	5,5	1,7	9	(4,8)
Quella	5,0	1,7	1-9	(1,8-3,0)
Diamante	7,2	2,8	0	(0,2-0,4)
CINIA-268	7,6	3,3	0	(0,2)

(\*) Notas 0-9: 0 = Sin panza blanca, 9 = Con más del 20% panza blanca. Notas entre paréntesis indican nuevo sistema de evaluación (CIAT), que relaciona presencia y tamaño de la panza (0-5)

actuales en el mejoramiento son la obtención de grano largo y con una relación largo/ancho mayor que la de Diamante.

En este momento hay material con grano extra largo y con grano más fino, ya sea introducido con el trabajo de Programas INIA-CIAT, como por introducciones obtenidas en los viveros internacionales del IIRI.

Cuadro 5. Distribución de Panza Blanca de las líneas INIA-CIAT durante 1986 - 1987.

Panza Blanca (0-5)	Método de mejoramiento	
	Tradicional	Anteras
0	26,0	17,7
0,1 - 0,5	46,0	57,7
0,51 - 1,0	18,0	10,6
+ 1	10,0	14,2

Diamante 0,2; Lemont = 0,2

En el trabajo cooperativo INIA-CIAT descrito Grau y Pulver (1988) y Martínez, Pulver y Núñez (1989), se evaluó panza blanca en las líneas llegadas a Chile, producidas tanto por método tradicional (pedigrí), como por cultivo de anteras, produciéndose la distribución de ellas en ocho cruzamientos triples evaluados, se presenta en el Cuadro 5. Se observa que más del 70 por ciento de las líneas presentaron panza blanca menor a 0,5.

Sólo parte de estas líneas fueron sembradas en 1987/1988 y al compararlas en ambos años se puede observar que los niveles de panza blanca se incrementaron en el segundo año de siembra.

Esto indica cierta inestabilidad en la presencia de panza blanca, que es una de las características de Quella. El programa quiere producir variedades con una baja y estable presencia de panza blanca a través de las diferentes condiciones de cultivo, como es la característica de Diamante. Líneas con bajo contenido de panza blanca obtenidas anteriormente por mutación de Oro (Jennings, Sarkarung y Alvarado 1985) en estos momentos presentan una alta presencia de ella.

En la calidad culinaria, se está tratando de caracterizar el germoplasma, en general podemos decir que

Cuadro 6. Distribución de panza blanca en las líneas seleccionadas.

Panza Blanca (0-5)	Método de mejoramiento			
	Tradicional		Anteras	
	86/87	87/88	86/87	87/88
0	38,57	0	26,67	0
0,1 - 0,5	44,28	0	60,50	4,35
0,51 - 1,0	11,43	30	8,89	30,43
1,1 - 2,0	4,29	45,71	2,22	34,78
2	1,43	24,29	2,22	30,43

ellos poseen una baja temperatura de gelatinización y un contenido intermedio de amilosa (22-24%). Uno de los objetivos del trabajo cooperativo INIA-CIAT fue mejorar la calidad del arroz chileno tomando como base el contenido de amilosa (Grau, Pulver y Cisternas, 1988 y Martínez y otros, 1989). Los análisis realizados muestran que las líneas producto de este trabajo, presentan una amplia gama en contenido que va desde un 18 por ciento a un 28 por ciento, presentándose un contenido promedio de amilosa mayor en las líneas provenientes del cultivo de anteras. La situación en las líneas seleccionadas se presenta en el Cuadro 7 y vemos que existe una variación en los dos años y en ambos sistemas de mejoramiento, pero ya es posible utilizar para ello, líneas con un 28 por ciento de amilosa.

Resumiendo, mediante introducción, selección, cruzamiento y el programa de cooperación entre INIA y CIAT, se ha logrado introducir en el país las siguientes características, en orden de aparición:

1. Precocidad.
2. Disminución de altura.

3. Resistencia al acame.
4. Respuesta a la fertilización con nitrógeno.
5. Grano largo y cristalino.
6. Grano fino (relación largo/ancho mayor que 3).
7. Mayor contenido de amilosa.
8. Enanismo.

Además con el programa INIA-CIAT, se ha logrado un arroz de hojas más erectas, que hay que evaluar.

Cuadro 7. Distribución de líneas seleccionadas CINIA en relación al contenido de amilosa.

Porcentaje amilosa	Tradicional		Anteras	
	86/87	87/88	86/87	87/88
19	0	0	0	2,32
20	0	2,56	0	0
21	1,70	11,97	0	2,32
22	5,90	28,20	10,64	11,63
23	22,03	38,46	36,17	34,88
24	55,08	11,97	34,04	23,36
25	7,63	1,71	6,38	13,95
26	0	4,27	0	4,65
27	5,08	0	10,64	4,65
28	2,54	0,85	2,13	2,32

Lemont: 25% (Chile), 28% (CIAT)  
Diamante: 24% (Chile)

**LITERATURA CITADA**

- ALVARADO, R. 1982. Logros y perspectivas del mejoramiento de arroz en Chile. *Simiente*. Chile 53(1-2): 39-42.
- ; MALDONADO, I.; ORMEÑO, J. y ROJAS C. 1982. Investigación en Arroz. *El Campesino*. Chile CXIII (7): 22-38.
- CORPORACION DE VENTAS DE SALITRE Y YODO. Recopilación de antecedentes sobre fertilización de diversos cultivos. *Arroz*. Chile 8p. (mimeografiado)
- FRANCE, A. Y ALVARADO, R. 1985. Determinación de *Sclerotium hydrophilum* Sacc. en arroz (*Oryza sativa* L.) *Agricultura Técnica Chile* 45(2):163-165.
- GERDING, M. 1983 Prospección e insectos-plaga sobre el cultivo del arroz. In: *Evaluación y control de enfermedades y plagas del arroz*. Informe Anual. INIA. Chile pp: 7-9.
- y GRAU, P. 1988. Cuncunillas en arroz. *Investigación y Progreso Agropecuario*, (38): 34-35.
- GRAU, P.; PULVER, E. y CISTERNAS, C. 1988. Mejoramiento genético mediante el uso de cultivo de anteras. VII Informe Anual, Mejoramiento de Arroz. pp 47-54.
- HEPP, R. 1945. El cultivo del arroz, Ministerio de Agricultura, Dirección general de Agricultura. Chile. Circular N° 1. 14 p.
- JENNINGS, P.; SARKARUNG, S. y ALVARADO, R. 1985. Mejoramiento de la variedad de arroz Oro mediante mutación inducida. Resúmen, *Simiente*. Chile 55(3-4): 169.
- MADARIAGA, 1980. Informe Anual Interno INIA, 1986. Informe Anual Interno INIA.
- MARTINEZ, C.; PULVER, E. y NUÑEZ, V. 1989. Uso del cultivo de tejidos en el mejoramiento de germoplasma de arroz en América Latina. CIAT, Colombia pp: 105-125.
- ORTEGA, R. y ROJAS, C. 1988. Fertilización con fósforo en el arroz. *Investigación y Progreso Agropecuario*. Quilamapu (37):12-16.
- ROJAS, C. y ALVARADO R. 1982. Fertilización nitrogenada y fosfatada en arroz en la región Centro-Sur de Chile. Efecto sobre los rendimientos de grano. *Agricultura Técnica*. Chile 42 (1): 15-21.
- SIMS, G. 1960. Nuevas variedades de arroz para Chile. Departamento Investigaciones Agrícolas. Estación Experimental de Chillán, Cartilla N° 2 5p.
- y ALVARADO, R. 1972. Manual de arroz, SAG-INIA. Estación Experimental Quilamapu, Chillán, Chile. Boletín Técnico N° 54. 127 p.





# Mejoramiento genético de arroz en el Paraguay

por Jorge E. Rodas González \*  
y Juan Rafael Aldama \*

## INTRODUCCIÓN

La producción arrocerá del país se desarrolla en gran porcentaje en pequeñas explotaciones localizadas en la Región Oriental del país. En efecto, cerca del 60 por ciento de las fincas son menores de diez hectáreas y solamente el siete por ciento son mayores de 50 hectáreas.

El área sembrada con arroz de riego alcanza unas 16.000 hectáreas y el de secano alrededor de 17.000 hectáreas.

El consumo se estima en 18 kg/persona/año. La preferencia del consumidor se reparte entre el tipo largo y fino y el largo y grueso.

Las variedades que predominan son del tipo moderno de origen tropical, que han sustituido a las tradicionales por su mayor potencial de rendimiento y resistencia a enfermedades. Actualmente la variedad Cica 8 es la más difundida, ocupando más del 65 por ciento del área cultivada bajo riego. Sin embargo, el rendimiento medio obtenido en el país es relativamente bajo; debido a factores de manejo y enfermedades que limitan la expresión del potencial de la variedad.

Por otra parte, los genotipos son de base genética muy estrecha, moderadamente susceptibles a enfermedades y de ciclo tardío, lo que obliga a la búsqueda permanente de nuevos materiales para sustituirlos o poner a disposición de los productores nuevas alternativas en la "escogencia" de variedades.

---

\* *Técnicos, Campo Experimental de Arroz Eusebio Ayala - Paraguay*

Por ello, el objetivo principal del programa de mejoramiento genético consiste en la selección de cultivares similares o mejores que las actuales, teniendo como base los limitantes anteriormente citados.

## METODOLOGÍA

Para cumplir con el objetivo señalado, se utiliza como estrategia la introducción y selección de líneas y variedades, ensayos preliminares de rendimiento, ensayos zonales, purificación y multiplicación de semillas.

Las características agronómicas consideradas para la selección son:

- Ciclo de la planta
- Altura de la planta
- Resistencia al volcamiento
- Tipo y calidad de granos
- Reacción a enfermedades
- Toxicidad de hierro
- Espiga erecta
- Esterilidad
- Rendimiento de campo

La cuantificación de estos caracteres se hizo en base al Sistema de Evaluación Estándar para Arroz, preparado por el CIAT e IRRI

## Introducción de material genético

La principal fuente de los materiales introducidos constituye los centros internacionales y principalmente el CIAT y el IRRI. Ocasionalmente se recurren a los programas nacionales de algunos países vecinos y a China y Japón, aunque se reciben normalmente materiales de países americanos a través de la red del IRTP.

Desde 1980 se ha recibido más de 2000 líneas y variedades a través del IRTP (con un promedio de 225/año), de las cuales 125 pertenecen a secano. La selección de los materiales se realizan en condiciones de campo, sin utilizar ninguna presión artificial para aumentar el inóculo en la evaluación de la reacción a las enfermedades.

En las parcelas de introducción se distribuyen cada 20 líneas un testigo.

Por otra parte, la reacción a la toxicidad de hierro y espiga erecta es acentuada o estimulada mediante la preparación de suelo por el sistema de fangueo.

La calidad del grano se evalúa en forma visual y tomando como base los datos preliminares remitidos por el CIAT sobre los materiales.

#### **Ensayos preliminares de rendimiento**

Las líneas seleccionadas de las introducciones son sometidas a la comparación entre sí tomando como base los caracteres agronómicos consideradas importantes.

En esta etapa se utilizan diseños experimentales apropiados y los resultados son analizados estadísticamente.

La prueba se realiza en la Estación Experimental durante un período de tres años, en que los materiales son evaluados exhaustivamente en sus características agronómicas, y principalmente en la calidad molinera y culinaria del grano.

#### **Ensayos zonales de rendimiento**

Luego del proceso de selección de los materiales en el ensayo preliminar de variedades; las mejores son evaluadas en las zonas productoras más importantes del país, a fin de determinar su capacidad de adaptación a los diferentes ambientes como último proceso antes del lanzamiento de una variedad.

En esta etapa, la presión de selección es mayor sobre las características agronómicas como la resistencia al volcamiento, desgrane, rendimiento de campo y reacción a las enfermedades: mancha parda

(*Helmonthoporium oryzae*) añublo de la vaina (*Rhizoctonia solani*), pudrición de la vaina (*Acrocylindrium oryzae*) y mancha lineal (*Cercospora oryzae*).

Por otra parte, las evaluaciones sobre calidad molinera y culinaria son más precisas, ya que para este propósito se recurre a los servicios del Laboratorio de Semillas del CIAT.

Los datos de rendimiento obtenidos en las distintas localidades son analizados en forma combinada, a través del análisis de la varianza y la estimación de los parámetros de estabilidad por el modelo propuesto por Eberhart y Russel (1966).

#### **Producción de semillas**

##### ***Semilla madre***

Se utiliza el método de "panícula por surco", en terrenos libres de semillas de arroz. La siembra se realiza en surcos separados 0,40 m entre sí y 0,15 m entre sitios. La eliminación de las plantas típicas se realiza en la fase de floración y maduración. Esta labor se realiza en el mismo período para la evaluación zonal de rendimiento.

##### ***Semilla fundación***

La producción de semilla fundación se realiza siguiendo las normas básicas para asegurar la pureza varietal y la sanidad. La semilla seleccionada y tratada se entrega a los productores de semillas para su multiplicación y obtención de las otras categorías.

#### **FLUJOGRAMA PARA LA OBTENCIÓN DE UNA NUEVA VARIEDAD**

- A) Introducción y selección de líneas
- B) Ensayo preliminar de rendimiento
- C) Ensayo zonal de rendimiento
- D) Semilla madre
- E) Semilla fundación
- F) Producción de semilla certificada
- G) Agricultor

# Mejoramiento de arroz en Uruguay

por Nicolás Chebataroff \*

## INTRODUCCION

El trabajo de selección de variedades de arroz se ha incrementado sensiblemente en los últimos años dentro del Programa de Cultivos de la Estación Experimental del Este. La orientación en él impuesta, permite visualizar aportes de gran importancia para el sector.

En una primera etapa la investigación en arroz dedicó sus escasos recursos humanos y económicos a atacar problemas de manejo del cultivo (laboreo, fertilización, control de malezas, y rotaciones), la información así generada ayudó a impulsar su crecimiento, ya definido como un fenómeno especial en la agricultura extensiva del país.

La base genética para su desarrollo fue desde 1970 la variedad norteamericana Bluebelle. A partir de este año dicha variedad provocó un cambio de la oferta del país hacia el segmento de mercado de granos de alta calidad. Debido a su precocidad y adaptación, asociadas a gran potencial de rendimientos, dominó en corto lapso el área de siembra simplificando la estructura de producción, industrialización y comercialización del sector.

Los aumentos en rendimientos se han dado en el país por la mejora paulatina en el manejo del cultivo, como se observa en la Figura 1, donde se comparan tendencias de rendimientos nacionales con los experimentales obtenidos con Bluebelle en la Estación Experimental del Este. A pesar de la "brecha" o

potencial todavía existentes, se observa entre ambas rectas ajustadas que los rendimientos experimentales tienden a estabilizarse (crecen a 18 kg/ha/año), mientras que los nacionales crecen en forma significativa a 84 kg/ha/año, en cuanto mejora el manejo de acuerdo a las prácticas recomendadas por la investigación y la diferencia entre ambas se sitúa en un 66 por ciento promedial. Sería razonable que los promedios nacionales se ubicaran en 5,4 t/ha aproximadamente, cubriendo el 50 por ciento de esa "brecha".

Luego de su larga permanencia en el cultivo con áreas en constante aumento incluyendo a Brasil y Argentina, en las últimas zafas han aparecido ataques importantes a Brusone (*Pyricularia oryzae* cav.) la enfermedad a hongos más destructiva del arroz. Estos ataques han obligado al uso de fungicidas en áreas de cierta importancia elevando los costos de producción. Estos síntomas indicarían un cercano agotamiento de la explotación de esta variedad que ha sido de alto beneficio para la producción uruguaya.

Por otra parte, la calidad comercial de Bluebelle nacional cuyos granos son de dimensiones inferiores que la mayoría de las variedades americanas y con índice de panza blanca a menudo elevados, pierde posiciones en un mercado con sobreoferta de arroz y precios deprimidos.

La posibilidad disponible de incrementar rendimientos en base a mejoramiento genético, se puede observar de alguna manera, en la Figura 2, donde se muestran los rendimientos experimentales de los cinco cultivares más productivos que Bluebelle en experimentos, y los rendimientos de esta variedad a través de varios años.

Estos cultivares involucran principalmente material genético proveniente de cruzamientos de materiales de zona templado de tipo largo americano.

---

\* Ingeniero Agrónomo, Jefe del Proyecto Cultivos de la Estación Experimental del Este/CIAAB/MGAP, Uruguay

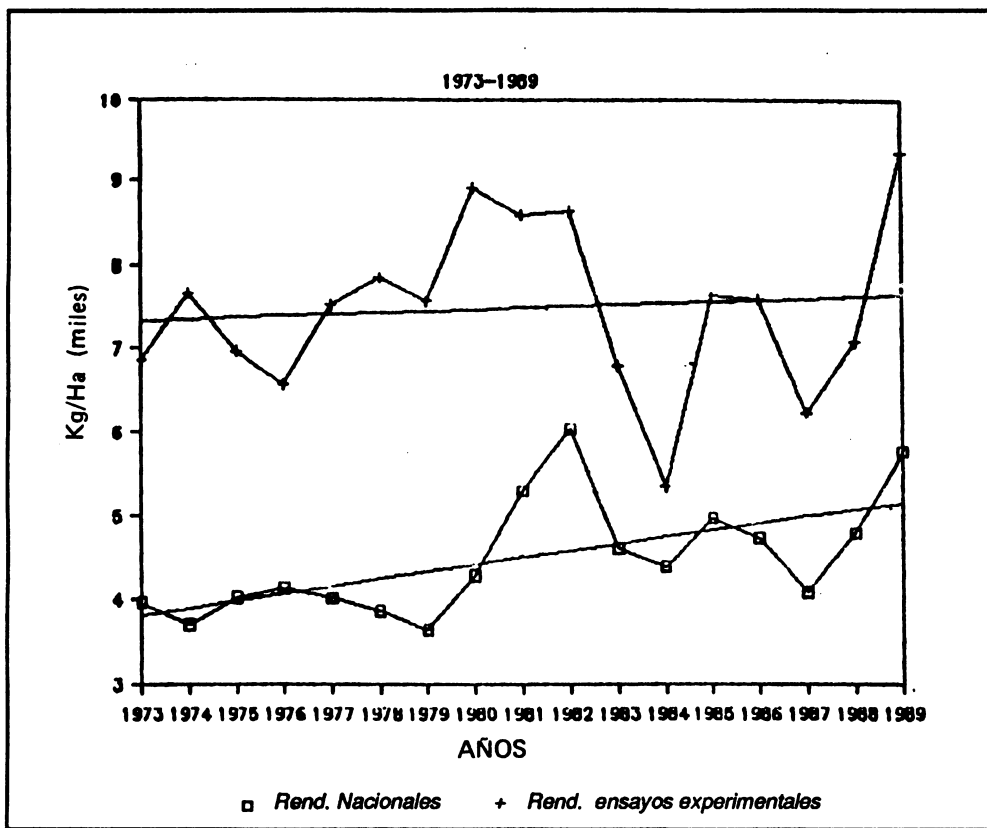
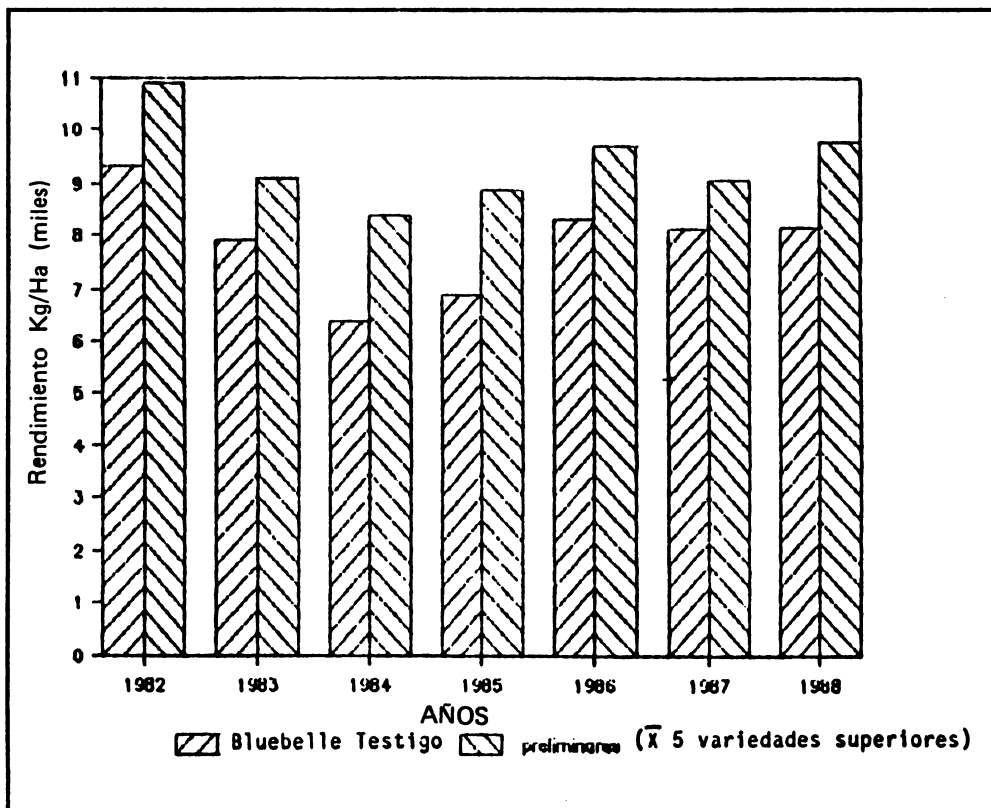


Figura 1.  
Brecha- Potencial de rendimiento y rendimiento nacional.

Rend. experimentales:  
 $Y = -28495,7 + 18,16 (\text{año}) (*)$   
 Rend. Nacionales :  
 $Y = -16215,5 + 84,12 (\text{año}) \text{ N.S.}$

Figura 2.  
Potencial genético - Rendimientos de ensayos experimentales.



Se observa que existen buenas perspectivas en este sentido con una superioridad promedio de alrededor de 20 por ciento de las nuevas selecciones en altos rendimientos manejados.

Esto indica que existe potencial genético a explorar por el mejoramiento respecto a rendimiento. También hay posibilidades de mejorar aspectos sanitarios o en algunos casos agronómicos: altura, ciclo y de calidad de grano.

#### PROCEDIMIENTOS EMPLEADOS EN SELECCIÓN DE VARIEDADES EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL ESTE

El método empleado en la Estación Experimental del Este para los cruzamientos implica la remoción de las plantas madres del campo experimental, su traslado a los laboratorios y emasculación por el método de agua caliente durante algunos minutos para matar los granos de polen. Posteriormente se recortan las glumas de las espiguillas a cruzar, eliminando las anteras, realizándose luego la polinización con pano-

jas de la planta elegida como padre, colectadas previamente en el campo.

El método de selección usado es el de pedigree o genealógico, en el cual, a partir de las generaciones  $F_2$  a  $F_6$ , a medida que avanza el proceso de homocigotización, se seleccionan plantas por características agronómicas y de grano. De cada panoja seleccionada, al año siguiente se siembra una hilera para proseguir el proceso.

Cuando la uniformidad de las hileras es razonable, en la generación  $F_6$ , éstas son cosechadas íntegramente, sometidas a análisis industrial e incluidas en ensayos preliminares de rendimiento. En estos ensayos también se evalúan sus características agronómicas, industriales y calidad culinaria. Paralelamente las líneas son sembradas en camas de infección para evaluar su resistencia a enfermedades, bajo condiciones de inoculación artificial.

Las líneas más destacadas son evaluadas regionalmente y en épocas de siembra.

Cuadro 1. Indicadores de evolución del programa

Años	80/81	81/82	82/83	83/84	84/85	85/86	86/87	87/88	88/89
Nº cruzamientos		17	75	68	68	45		49	43
Nº de líneas segregantes	2481	3403	4008	3626	2501	5505	6250	8246	6412
Nº de líneas en eval. rend.	62	111	119	161	209	178	204	258	335
Nº líneas ensay. intern.	41	45	63	305	279	73	275	140	70

Fuente: Blanco. Revista Arroz, Año 16, junio 1989.

## OBJETIVOS DEL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO

En 1983 se definieron los siguientes objetivos del programa de mejoramiento:

a. Cultivares con granos de mejor aspecto y calidad que Bluebelle, con resistencia a enfermedades, manteniendo o superando su potencial de rendimiento dentro de los parámetros de grano largo americano.

Dentro de esta área de trabajo se han lanzado al esquema de certificación dos variedades: El Paso 48 y El Paso 94. Ambas significan una mejora en la calidad del grano de Bluebelle, en cuanto a largo, porcentaje de entero y yesoso. No significan una mejora sustancial en el rendimiento con respecto a Bluebelle y aportan resistencia a algunas enfermedades. Es decir que en las dos nuevas variedades se encuentran características superiores a Bluebelle pero se mantienen algunos de sus problemas. Estas características superiores no están reunidas en una sola variedad.

Las líneas promisorias, ahora en evaluación, reúnen mayor número de características deseables en cada una de ellas y se enfatiza en su potencial de producción, buscando superar en forma significativa los rendimientos de Bluebelle.

b. Obtención de variedades precoces y resistentes a bajas temperaturas, dentro de granos largos de calidad americana, de forma de permitir siembras tardías con rendimientos superiores a Bluebelle.

La variedad El Paso 227, lanzada en 1987, tiene un comportamiento marcadamente superior a Bluebelle en siembras de diciembre. Se encuentran en evaluación nuevas líneas aún más precoces cuyas características trascienden los objetivos mencionados en este punto, ya que con siembras normales superan en rendimiento a Bluebelle en forma muy significativa, cumpliendo con parte de los objetivos mencionados en el punto a).

c. Cultivares de alto potencial de producción con granos largos de calidad diferente a la americana.

Dentro de esta línea de trabajo se utiliza material de tipo tropical. El Paso 144 es una variedad semienana seleccionada en una población introducida. Su grano no puede ser exportado hacia los mercados tradicionales de Uruguay, que exigen granos largos de tipo americano.

Las posibilidades de expansión de esta variedad o de otras de tipo tropical, adaptadas a nuestras condiciones, estará condicionada al logro de mercados que permitan colocar este tipo de grano.

El programa de la Estación Experimental del Este se centra fundamentalmente en los objetivos a y b, es decir en la obtención de líneas de grano largo de calidad americana, con resistencia a enfermedades y potencial de rendimiento superior. Las líneas tropicales más adaptadas se utilizan en cruzamientos empleándose luego retrocruzas para fijar las características de grano deseables.

## ENFOQUE ACTUAL DEL PROGRAMA

Actualmente se dirigen los esfuerzos a la obtención de materiales bajos, muy precoces (12-15 días de ciclo menos que Bluebelle), de mayor potencial de rendimiento.

Es así que existen para su evaluación final, numerosos cultivares provenientes del cruzamiento L-58/BB (\*) y L-144/58, de los cuales se puede observar el comportamiento productivo en la Figura 3, superando a Bluebelle sustancialmente en la última fecha de siembra (27/12), lo que es muy tardío, o con problemas de bajas temperaturas en la época de floración. Pero también dichos cultivares tienen mayor productividad en las fechas tempranas de siembra superando algunos las 12 T/ha experimentales.

Estas selecciones (L58/BB) tienen similar o superior calidad de granos americanos que Bluebelle, y menores índices de esterilidad (Figura 4). Los ciclos son más cortos que Bluebelle (Figura 5) y la reducción de altura ha sido muy importante (Figura 6).

---

(\*) L-58 es una selección de CI 9902/Labelle/Lebonnet

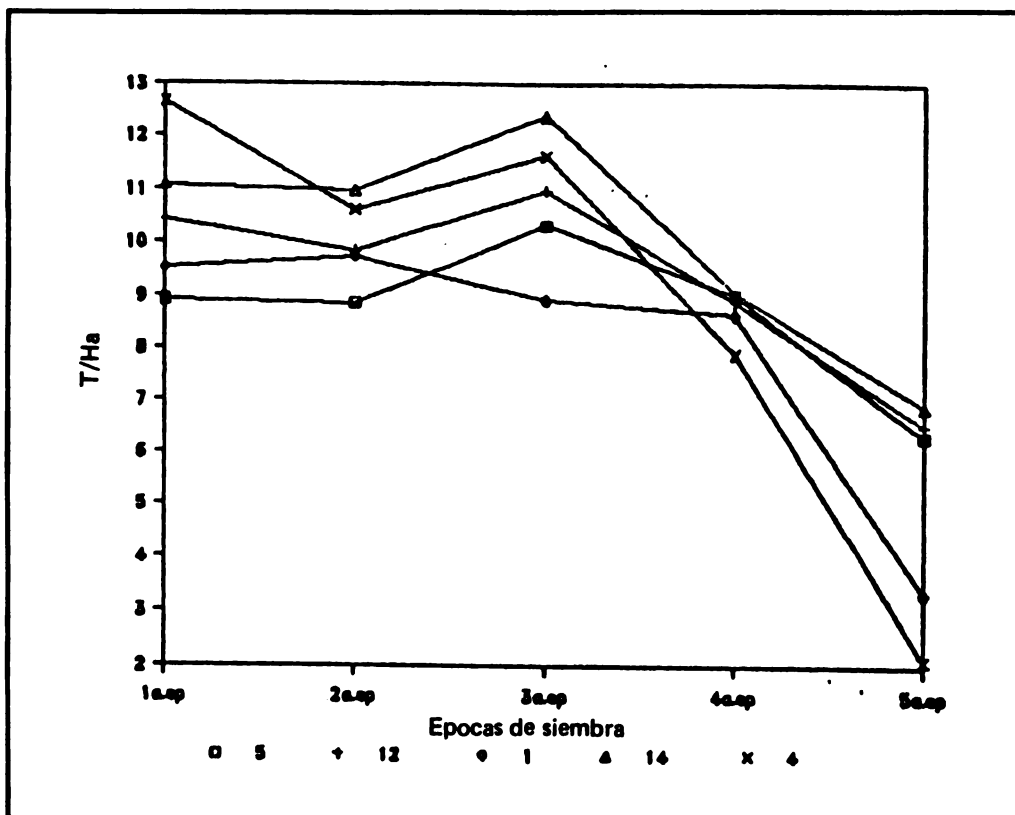


Figura 3.  
Epocas de siembra 1988-89  
- Rendimiento T/ha.

1. Bluebelle, 7. El paso 144,  
5. El paso 227,  
12. L-375 (L-58/BB).  
14. L-410 (L-144/58)

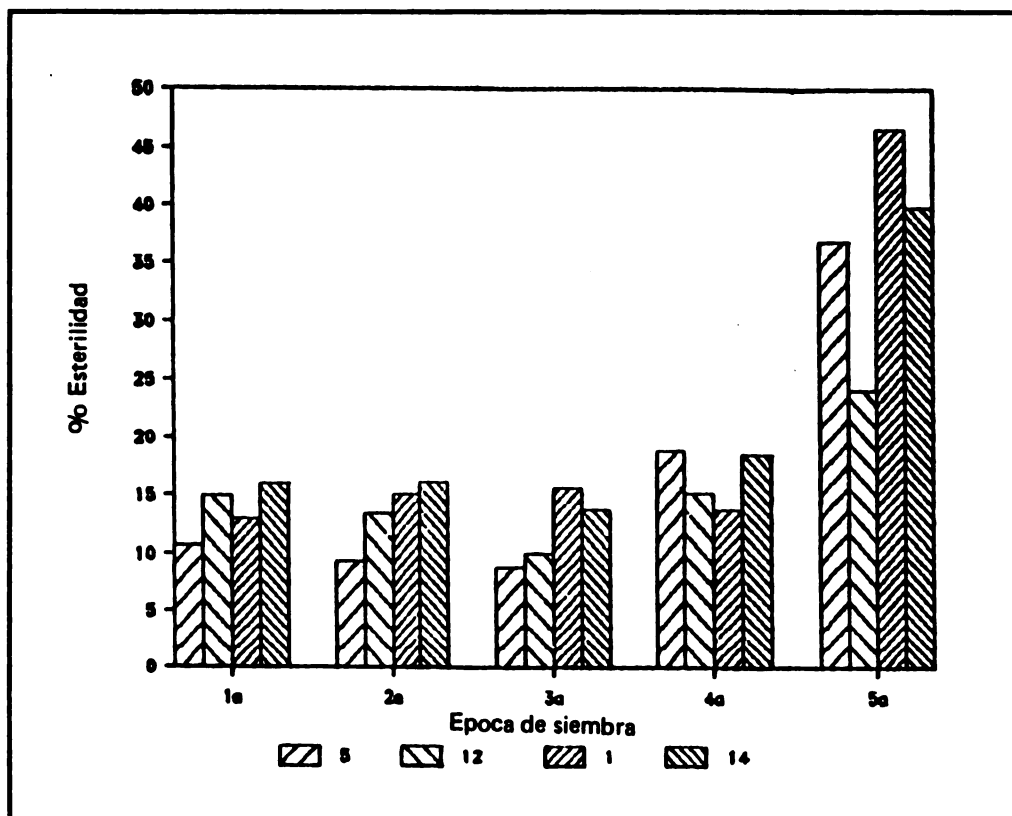
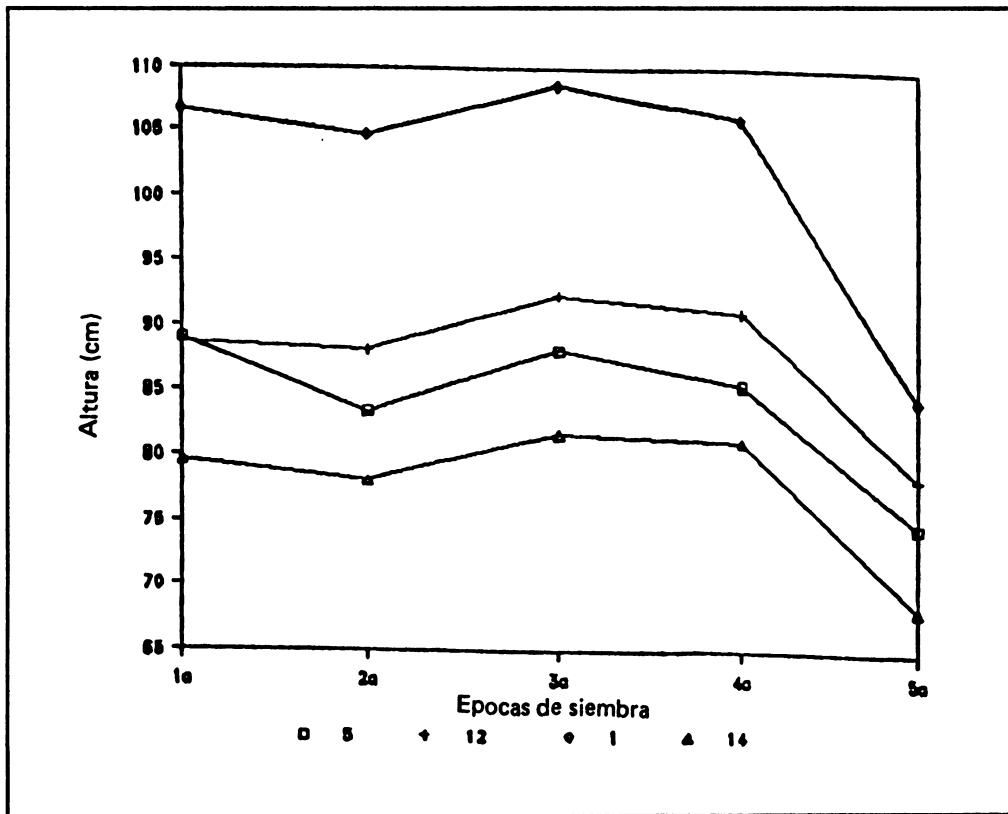
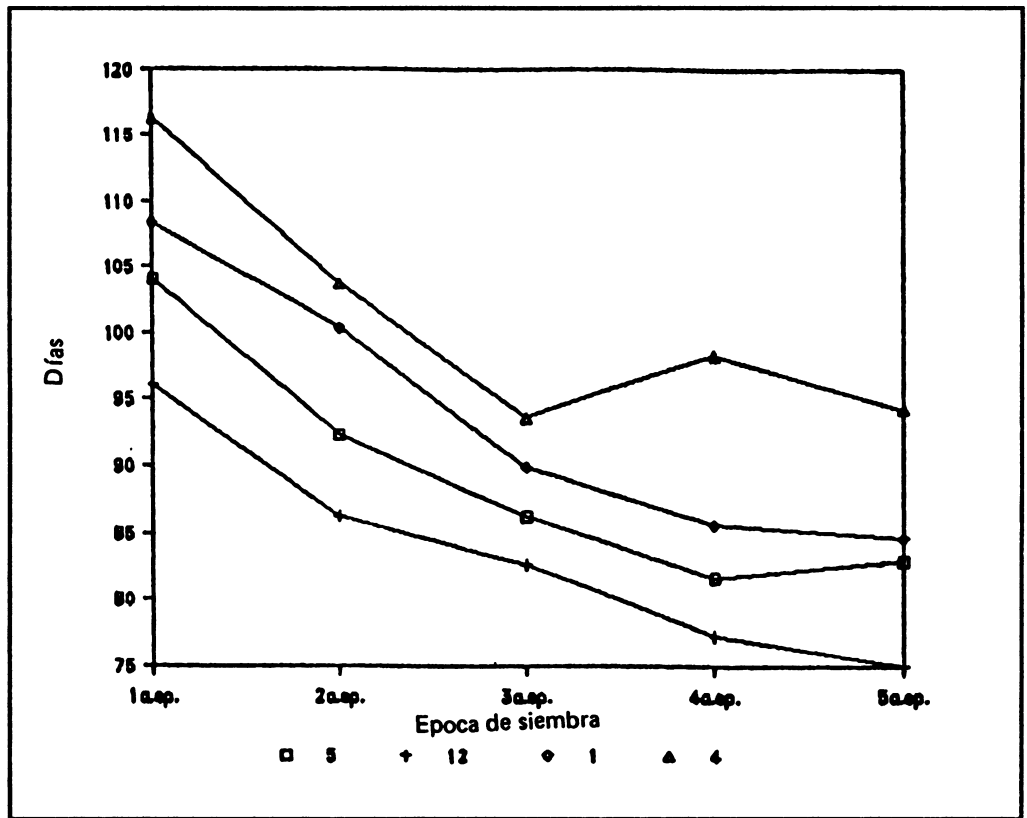


Figura 4.  
Epocas de siembra  
1988-89. Porcentaje  
de esterilidad

1. Bluebelle,  
5. El Paso 227,  
12. L-375 (L-58/BB),  
14. L-410 (L-144/58)

**Figura 5.**  
**Epocas de siembra 1988/89**  
**- Ciclo a comienzo de floración.**  
 1. Bluebelle,  
 5. El Paso 227,  
 4. El Paso 144,  
 12. L-375 (58/BB)



**Figura 6.**  
**Epocas de siembra**  
**1988-89 - Altura de plantas.**  
 1. Bluebelle,  
 5. El Paso 227,  
 12. L-375 (58/BB)  
 14. L-410 (L-144/58)



Se observa una reducción el 20 por ciento del promedio de altura de Bluebelle que en muchos casos sufre vuelco en las zafras de alta radiación y buenas temperaturas, excepto en las últimas fechas de siembra donde la altura en general baja, en todos los cultivares.

La baja altura se ha obtenido utilizando como fuente genética la línea semienana CI 9902 de Lousiana, y la precocidad de Labelle, aunque L-58 es de ciclo más corto que los padres.

Comparativamente se muestra en la Figura 3 el comportamiento de "El Paso L-144" selección semienana que proviene de la línea que dio origen a BR 409 en Brasil, más precoz que ésta y que no

produce prácticamente granos en la última fecha de siembra e incluso es superado por los nuevos cultivares en las fechas intermedias.

La explicación de la caída de los rendimientos de L-144 está dada por alta esterilidad por efecto de fríos en la floración sobre la última fecha de siembra (Figura 7).

La tendencia actual del trabajo en el Programa es involucrar en la base genética, ampliándola, numerosos nuevos materiales norteamericanos y avanzar en la incorporación e genotipos provenientes de CIAT con buena resistencia a enfermedades, sobre todo en *Pyricularia oryzae* y enfermedades del tallo *Rhizoctonia oryzae* y *Sclerotium oryzae*. Las poblaciones segregantes se tratan de exponer a fríos en la floración

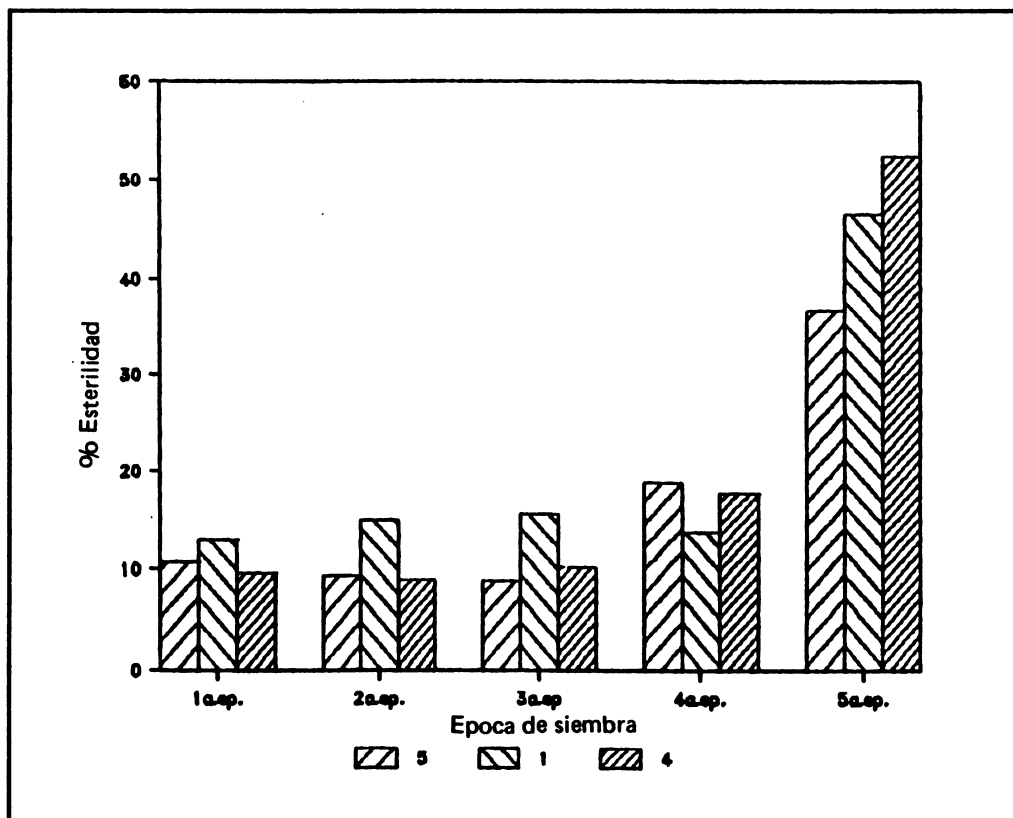


Figura 7. Epocas de siembra 1988-89. Porcentaje esterilidad  
1. Bluebelle, 4. El Paso 144, 5. El Paso 227.

a campo realizándose siembras tardías del material segregante (mediados de diciembre) lo cual ha dado excelentes resultados en la selección de cultivares de

ciclo corto de altos rendimientos, y a la vez resistentes al frío, sin pérdida de productividad, con alta eficiencia de producción por día de ciclo. Ver cuadro 2.

Cuadro 2. Comportamiento comparativo de las variedades en certificación, en ensayos de mejoramiento conducidos por la Estación Experimental del Este, en los años 1982/83 a 1987/88.

	BBelle	El Paso 144	El Paso 48	El Paso 94	El Paso 227
Cruzamiento	-	(4)	Starbor/ BBelle	BBelle/ Labonnet	CI 9902/ Labelle
Rendimiento (Kg/ha)	7112	8280	7329	7367	7479
Rendimiento (%)	100	116	103	104	105
Altura (m)	1,05	0,91	1,01	1,03	0,83
Porcentaje en grano entero	62,7	58,9	66,5	62,9	64,7
Porcentaje P. Blanca (1)	9,4	7,9	5,8	7,6	15,2
Largo del grano pulido	6,66	7,03	6,72	7,16	6,40
Largo del grano descascarado	7,13	7,55	7,37	7,91	
Relación largo/ancho	3,06	3,21	3,05	3,35	2,96
Peso de 1000 granos	22,9	26,5	23,5	24,7	21,8
Porcentaje amilosa	25,1	23,4	25,3	25,2	24,9
Temp. gelatinizac. (2)	M	B	M	M	M
Enfermedades (3)					
<i>Pyricularia</i> o.	S	MR	S-MS	R	R
<i>Rhizocoria</i> o.	S-MS	MS	MS	MS	R
<i>Cercospora</i> o.	S	MS	R	MR-MS	

(1) Todos los granos con mancha blanca, independientemente de la dimensión de ésta, base arroz cáscara.  
 (2) A-Alta. M-Media. B-Baja.  
 (3) S-Susceptible. R-Resistente. M-Moderadamente.  
 Resultados obtenidos en camas de infección.  
 (4) Seleccionado a partir de la población del CIAT: P. 790-84-4-IT, de la cual es originaria la var. brasileña: BR (IRGA) 409.



***Trabajos presentados***



# Avaliação e seleção no melhoramento de arroz visando resistência a brusone e mancha parda

por Anne Sitarama Prabhu\*  
e Reinaldo de Paula Ferreira\*\*

## RESUMO

*Tanto em arroz de sequeiro como em arroz irrigado e várzea úmida, a brusone e a mancha parda são as principais doenças responsáveis por danos significativos na produtividade e qualidade dos grãos. Melhoramento visando resistência estável a ambas as enfermidades é o principal objetivo do programa nacional de pesquisa de arroz no Brasil. O enfoque das pesquisas para aumentar a durabilidade da resistência das cultivares está direcionado para o melhor manuseio dos genes verticais e, ao mesmo tempo, evitar a erosão da resistência parcial ou residual no processo seletivo de melhoramento. As limitações e méritos de diferentes métodos de avaliação no campo foram discutidos. A avaliação de linhagens para brusone nos viveiros móveis oferece um método rápido de determinação de níveis de resistência parcial. Como a composição das raças fisiológicas em diferentes locais de teste são diferentes, os resultados dos viveiros nacionais de brusone fornecem informações quanto ao espectro de resistência das linhagens em teste. Há necessidade de avaliação de brusone nas panículas em condições de campo com alta pressão de infecção. A identificação e utilização de cultivares com altos níveis de resistência parcial nos cruzamentos e posteriores seleções nas fases avançadas de melhoramento permite conservar a resistência residual. A disponibilidade de fontes de*

*resistência à mancha parda juntamente com brusone aumentam as perspectivas de criação de cultivares de arroz irrigado com maior grau de resistência a estas doenças.*

## INTRODUÇÃO

A brusone (*Pyricularia oryzae* Cav.) e a mancha parda [*Drechslera oryzae* (Breda de Haan) Subram & Jain = Syn. *Helminthosporium oryzae*] são as principais doenças de arroz, tanto em arroz de sequeiro como em arroz irrigado. A brusone tem sido identificada como um dos fatores limitantes da produção de arroz de sequeiro. O cultivo contínuo de arroz irrigado em uma mesma área e a intensificação de práticas culturais vem causando altas severidades de brusone nos anos recentes em arroz irrigado e várzea úmida no Brasil Central. A mancha parda vem acarretando consideráveis danos na qualidade de grãos em arroz irrigado e em arroz de sequeiro. A criação de cultivares resistentes à brusone tem sido o principal objetivo do programa de arroz na área de melhoramento. O sucesso no melhoramento de cultivares resistentes às doenças depende da disponibilidade do método de seleção de plantas resistentes. No presente trabalho são apresentados os diferentes métodos disponíveis de avaliação de brusone e mancha parda, suas limitações e as estratégias de controle genético.

## BRUSONE

Para obtenção de cultivares resistentes deve-se determinar o tipo de resistência desejada para diferentes sistemas de cultivo. A existência de dois tipos de resistência em plantas, resistência vertical ou resistência específica, e resistência horizontal ou resistência não

---

\* Fitopatologista, Ph.D., CNPAF/EMBRAPA, Goiânia, GO, Brasil

\*\* Engenheiro Agrônomo Melhorista, MSc., CNPAF/EMBRAPA, Goiânia, GO, Brasil.

específica, segundo Van Der Plank (1963), é bem conhecida. As cultivares com resistência vertical são caracterizadas por genes maiores e apresentam resistência a uma ou poucas raças fisiológicas do fungo e baseiam-se na lei de herança mendeliana, enquanto as cultivares com resistência horizontal são caracterizadas por genes menores e apresentam resistência uniformemente contra todas as raças do fungo.

O tipo de reação zero (0), um (1) e dois (2) na escala de avaliação da brusone nas folhas (International Rice Research Institute 1975) expressa resistência específica ou vertical. Este tipo de resistência é facilmente incorporada nas cultivares mas sujeita a quebra com aparecimento de novas raças fisiológicas e sua multiplicação seletiva. No Japão e na Colômbia, a durabilidade de cultivares com resistência específica foi relatado ser menor do que três anos (Kiyosawa 1982; Ahn, Mukelar 1986). No Brasil a quebra de resistência de CICA 8 foi observado após três anos de testes nos viveiros de brusone e, em condições de campo, após quatro anos de lançamento. Epidemias de brusone em CICA 8 foram registradas no vale do Paraíba, no estado de São Paulo (1986/88), e no Projeto Rio Formoso, no estado de Goiás (1986/87), na fase vegetativa, quando houve falta de água para irrigação.

Entre as causas, a recombinação assexual, o monocultivo de variedade com gene vertical e a multabilidade do patógeno, são as mais citadas (Kiyosawa 1982). A frequência de mutação no patógeno *P. oryzae* tem sido considerada alta. Foram identificadas novas raças dentro de uma cultura monospórica (Ou 1979). Em contraste, a experiência de 20 anos de pesquisas nos E.U.A. tem demonstrado menor diversidade e maior estabilidade do patógeno (Marchetti et al. 1976). Recentemente, Wu & Latterell (1986) observaram mutação de avirulência para virulência de um entre 60 conídios da raça ID-13 e ainda consideraram a variabilidade de *P. oryzae* baixa. Os estudos do CNPAF mostraram que os 66 isolados monospóricos de *P. oryzae* testados pertencem a 26 raças fisiológicas (Prabhu & Filippi 1988). As raças do grupo IB são predominantes em arroz de sequeiro.

A grande variabilidade patogênica do fungo deixa em dúvida a validade de se controlar brusone através da resistência genética para raças específicas. Mas a solução depende de um melhor manejo de genes resistentes. A disponibilidade de diversas fontes com amplo espectro de resistência (Prabhu et al. 1982) abriu a possibilidade de se adotar diversas estratégias de utilização de genes maiores para aumentar a durabilidade das cultivares.

A estratégia de buscar cultivares com resistência horizontal, embora teoricamente ideal, possui mecanismos de incorporação complexos. O conceito de Van Der Plank baseou-se em dois sistemas genéticos distintos. Apesar de todo o entusiasmo inicial para relacionar resistência vertical e horizontal para dois distintos sistemas genéticos, pouco se conseguiu (Van Der Plank 1982). Toda a resistência contínua referida na literatura não é poligênica. A verdadeira resistência poligênica condicionada pelos genes menores com pequenos efeitos, se existe, é sujeita a alterações em diferentes condições ecológicas e não são estáveis. Este tipo de resistência foi descrita com diversos termos. Resistência parcial ou intermediária foi referida muitas vezes como sinônimo de resistência horizontal. Quando o gene maior de resistência é superado por nova raça, a quebra é raramente completa. A popularidade de uma cultivar depende do efeito residual do gene resistente ou da virulência de população do patógeno (Flor 1971).

Todas as cultivares possuem certa quantidade de resistência horizontal ou parcial. Resistência horizontal e vertical coexiste em diferentes proporções nas cultivares (Van Der Plank 1963 1982).

## Métodos de Avaliação e Seleção

### *Resistência Vertical*

O método mais utilizado e prático consiste na avaliação de brusone nas folhas nos viveiros (Ou 1965). Uma alta correlação entre resistência em plântulas nos viveiros e resistência à brusone no pescoço foi observado (Ou & Nuque 1963). São poucas as informações quanto aos genes que controlam a

resistência de brusone nas folhas e nas panículas. Hashioka (1950) e Padmanabhan (1965) consideram que a resistência de brusone nas folhas e nas panículas é independentemente controlado por genes diferentes.

A avaliação de linhagens e cultivares nos viveiros constitui ainda um método seguro e rápido para identificar genes com maior espectro de resistência à brusone. Através de viveiros nacionais de brusone diversas fontes de resistência foram identificadas e estão sendo utilizadas nos cruzamentos. Linhagens fixadas provenientes de diferentes programas de melhoramento da EMBRAPA (CNPAF e CPATB) e das empresas estaduais de pesquisa (IAC e IRGA) estão sendo avaliadas desde 1982. Os viveiros ainda são úteis para seleção de plantas resistentes nas gerações iniciais ( $F_2$ ,  $F_3$  e  $F_4$ ). A seleção nas gerações iniciais de melhoramento é desejável para obter cultivares com genes fortes com espectro amplo de resistência.

A avaliação de brusone nas panículas é difícil e os resultados são variáveis devido aos diferentes ciclos das cultivares e às condições ideais para obter altas severidades nas condições de campo, principalmente em arroz irrigado. Portanto, as várzeas úmidas oferecem condições excepcionais de alta pressão de infecção para avaliação tanto de brusone nas folhas quanto nas panículas.

A distribuição de linhagens avançadas de arroz irrigado provenientes dos programas de melhoramento do CPATB-IRGA e CNPAF em relação à brusone nas panículas encontra-se na Figura 1. O comportamento superior das linhagens provenientes do CNPAF pode ser atribuído às seleções nas gerações iniciais sob alta pressão de infecção ou às raças diferenciais nos locais de geração dos materiais. Estes resultados afirmam, mais uma vez, a necessidade de testes em diferentes locais sob alta pressão de doença.

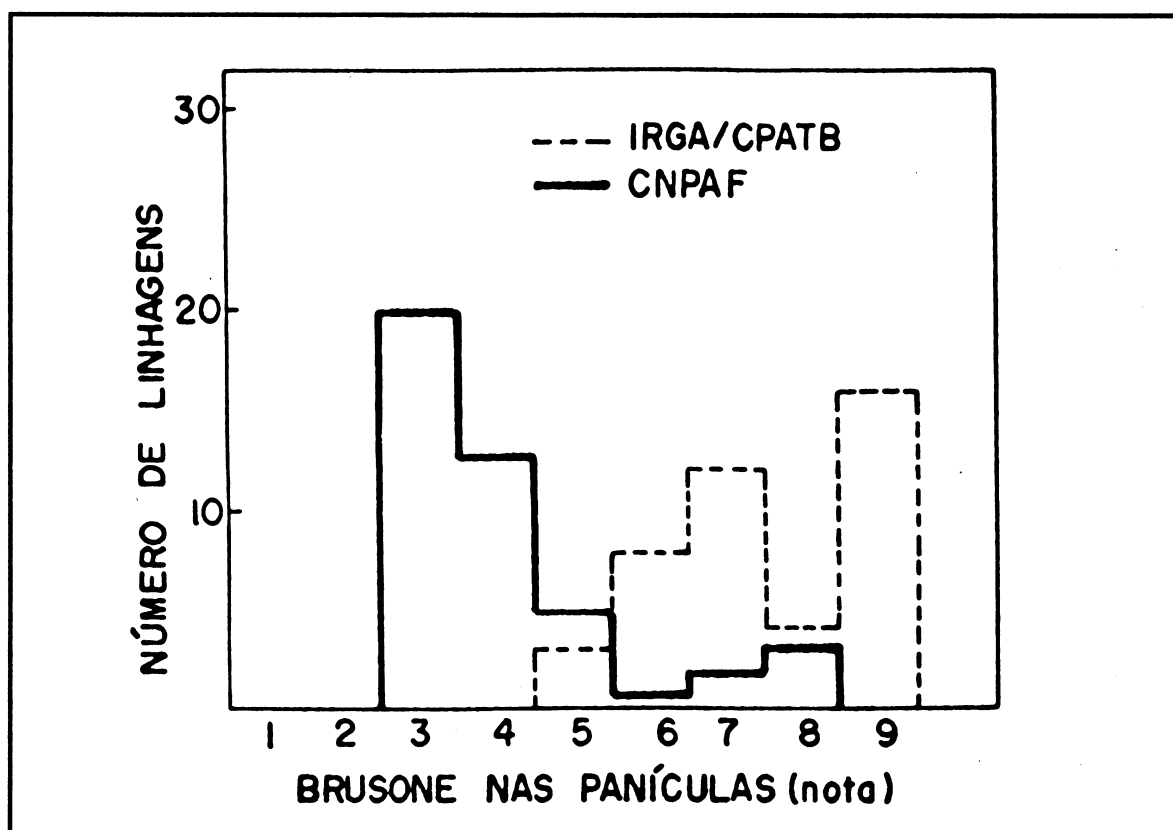
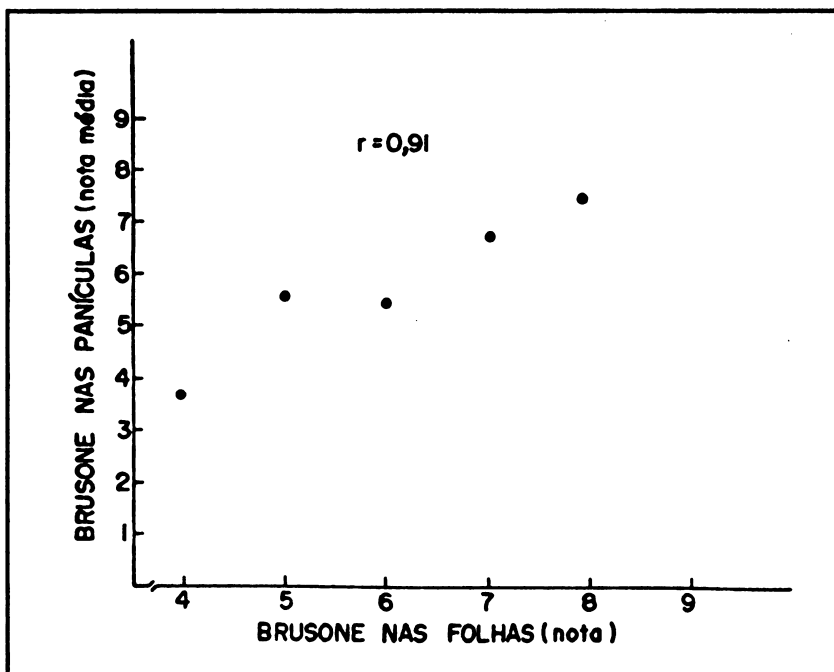


Figura 1. Distribuição de linhagens avançadas de arroz irrigado provenientes de melhoramento do IRGA-CPATB e CNPAF em relação a brusone nas panículas em condições de várzea úmida (Goianira, 1988/89).

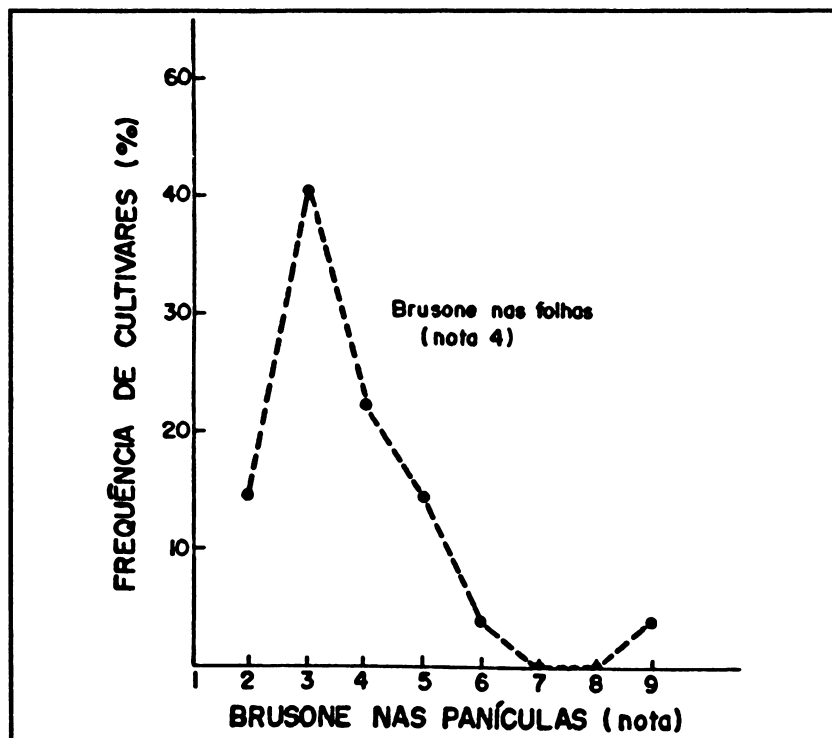
Em geral, a brusone nas folhas nas linhagens com nota superior a "quatro" na escala de zero a nove nos testes de viveiros de brusone correlacionam-se com a severidade de brusone nas panículas nas condições de alta pressão de várzea úmida (Figura 2). Entretanto, diversas linhagens com tipo de reação "quatro" em

canteiros apresentaram severidades de brusone nas panículas em campo, variando de dois a nove, sendo maior as linhagens com severidade intermediária (Figura 3). Estes resultados mostram a necessidade de avaliação de brusone nas folhas nos viveiros e, brusone nas panículas, no campo.



**Figura 2.**  
Relação entre brusone nas folhas das linhagens avaliadas no viveiro de brusone com tipo de reação superior de nota 4 e severidade média de brusone nas panículas em condições de várzea úmida na escala de 0-9 (n=87). (Goianira 1988/89).

**Figura 3.**  
A frequência de linhagens com apresentaram reação de tipo 4 no viveiro de brusone correspondente as severidades de brusone nas panículas nas condições de campo (n=27). Goianira 1988/89).





### Resistência Horizontal

A taxa aparente de infecção ( $r$ ) foi considerada como o principal atributo de resistência horizontal. Também a disseminação de brusone a partir da fonte de inóculo foi utilizada como parâmetro para medir resistência horizontal no campo (Bidaux 1977, Ribeiro 1988, Ahn 1981).

Nos experimentos realizados nas condições de Goiânia, as diferenças entre cultivares quanto à taxa aparente de infecção de brusone nas folhas foram evidentes no teste de campo utilizando delineamento convencional (Prabhu & Bedendo 1982). Entre dez cultivares de diversas origens testadas, as cvs. TOX 1786, OS 6, ITA 141, IRAT 13, Moroberekan e IR 5 exibiram baixas taxas de infecção nas folhas variando de 0,06 a 0,17 unidades por dia, comparadas com IAC 47 e Dourado Precoce, com as taxas de 0,24 e 0,28 unidades por dia, respectivamente. A cv. ITA 141 em relação a cv. IAC 47 exibiu baixa taxa de infecção nas folhas e altas proporções de brusone nas panículas. A

cv. Dourado Precoce apresentou lento progresso de brusone nas folhas nas Filipinas (Villareal et al. 1980) e alto grau de suscetibilidade nas condições de Goiânia, possivelmente devido às diferenças em composição e frequência de ocorrência de raças fisiológicas virulentas e à pressão de infecção. Estes resultados indicaram que a resistência horizontal medida através de taxa aparente de infecção no campo é aplicável somente no local ou região em que o teste foi realizado.

Os gradientes de brusone nas folhas com o distanciamento do inóculo resultaram em linhas retas e apresentaram diferenças entre as cultivares quanto aos valores de coeficientes de regressão ( $b$ ). As diferenças entre as cultivares IAC 47 e Amarelo foram bem evidentes sob baixa pressão de inóculo e inverteram os resultados sob alta pressão (Figura 4). Quando a proporção de doença aumenta, o gradiente diminui, indicando o uso limitado deste método para identificação de níveis de resistência horizontal no campo.

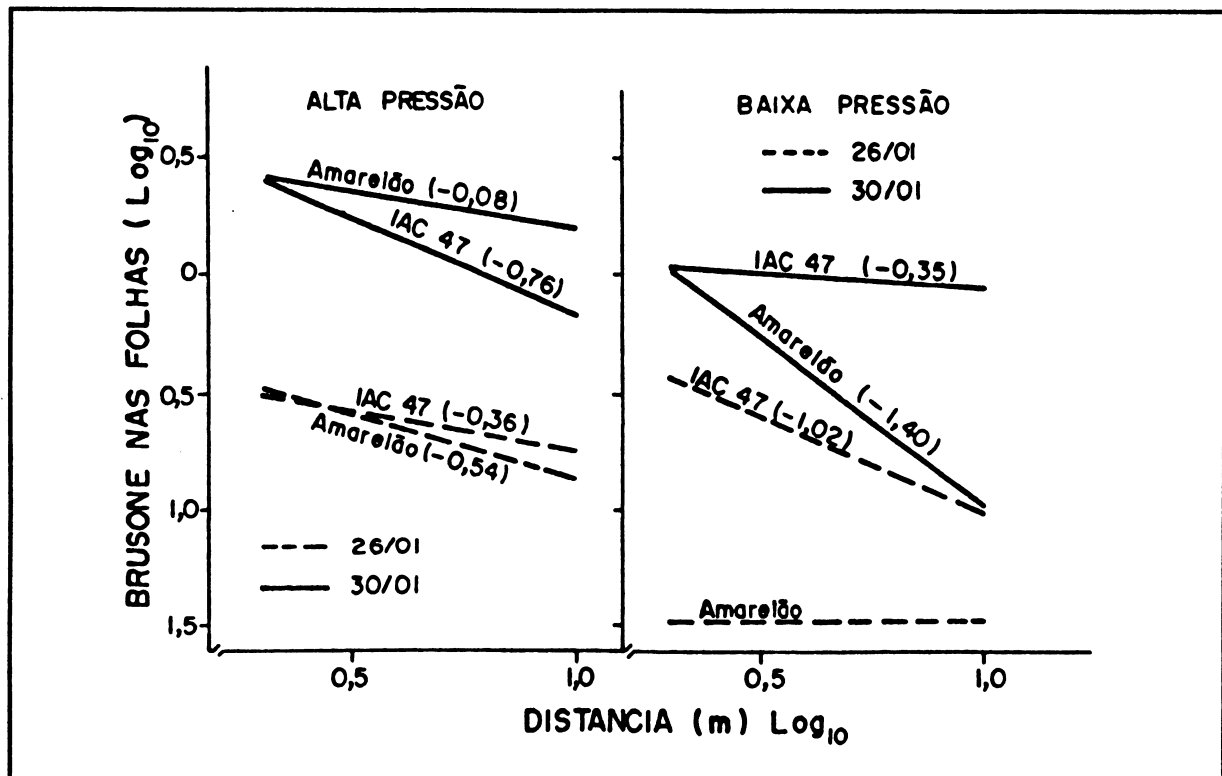


Figura 4. Gradientes de brusone nas folhas a partir de fonte de inóculo em condições de alta e baixa pressão de inóculo. (Goiânia, 1980/81).

A resistência para extensão de lesão, como parâmetro de avaliação de resistência horizontal foi estudado no CNPAF. O método, denominado de "Viveiros Móveis", consiste em expor plantas de 30 dias de idade cultivadas em bandejas, ao inóculo natural produzido em campo por 24 ou 48 horas. As bandejas após exposição são incubadas por 16 horas em câmara de orvalho e, posteriormente, transferidas para casa de vegetação. As leituras são feitas nove dias após exposição quanto ao número de lesões abertas (tipo 4). Este método permite avaliação rápida de germoplasma para resistência parcial sob condições de baixa pressão de população do patógenos. As cvs. Amarelão, Paga Dívida, IRAT 13 e IRAT 104 mostraram resistência a extensão e lesão comparando com a cv. IAC 47.

No CNPAF mais de 200 cultivares nativas foram avaliadas nos viveiros de brusone e em condições de campo, utilizando diferentes métodos e parâmetros de avaliação, visando identificar germoplasmas com níveis de resistência superiores aos das cultivares comerciais. Dois tipos de resistência designados como tipo Paga Dívida e tipo Amarelão foram identificados nos germoplasmas nativos (Prabhu & Moraes 1988). O tipo Paga Dívida é caracterizado por notas variando de quatro a cinco no viveiro de brusone, lento progresso de brusone nas folhas com baixas taxas aparentes de infecção, lento progresso horizontal a partir do foco de inóculo, número menor de lesões abertas indicando resistência à extensão de lesão e proporções negligenciáveis de brusone nas panículas. Este tipo de resistência não é alterado com alta pressão de infecção ou condições ambientais como adubação nitrogenada. A resistência do tipo Paga Dívida

foi encontrada nas cultivares de várzea úmida (Santa Catarina, Rexoro, Chililica, Tiririca, Agulha Anão, Anão, etc.).

A resistência de tipo Amarelão é caracterizada por reação suscetível (nota 6-9) nos viveiros de brusone, lento progresso de brusone nas folhas e nas panículas (Figura 5 e 6) na ausência de allo-infecção nos testes realizados nas parcelas grandes (400-900 m<sup>2</sup>) e número menor de lesões abertas/folha nos viveiros móveis. Este tipo de resistência é evidenciado somente sob condições de baixa pressão de infecção e foi encontrado nas cvs. Três Meses Branco, Iguape Redondo, 90 Dias. A cv. IRAT 13 pertence a este grupo.

O tipo de resistência de Paga Dívida pode ser considerada resistência parcial ou intermediária sem

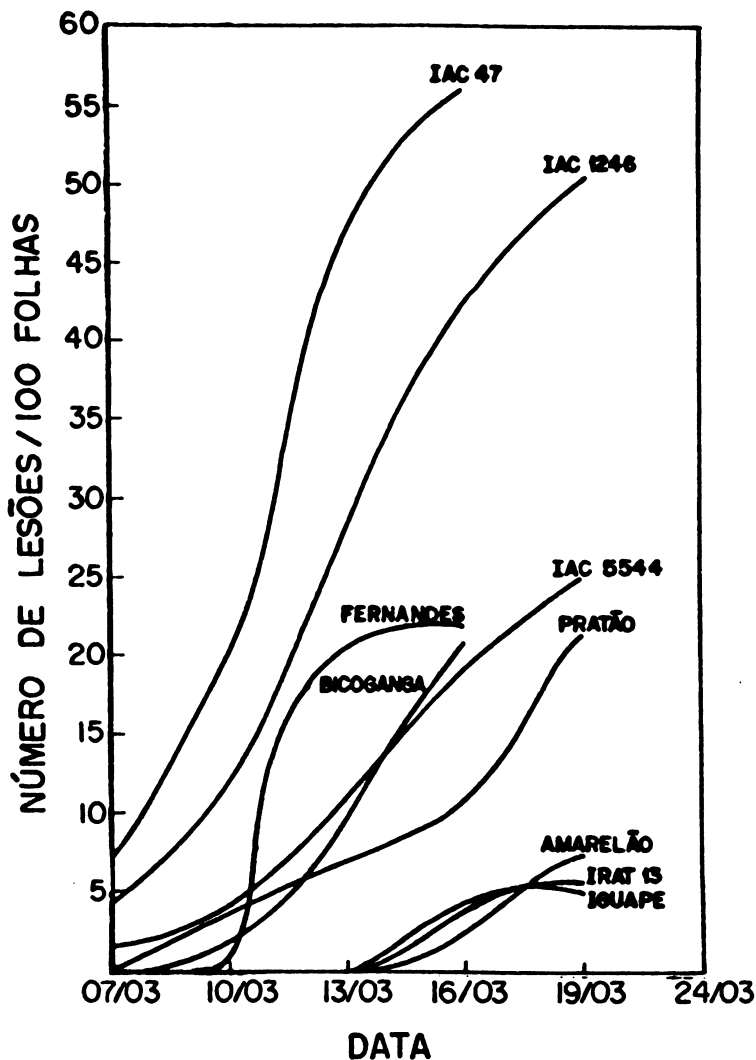
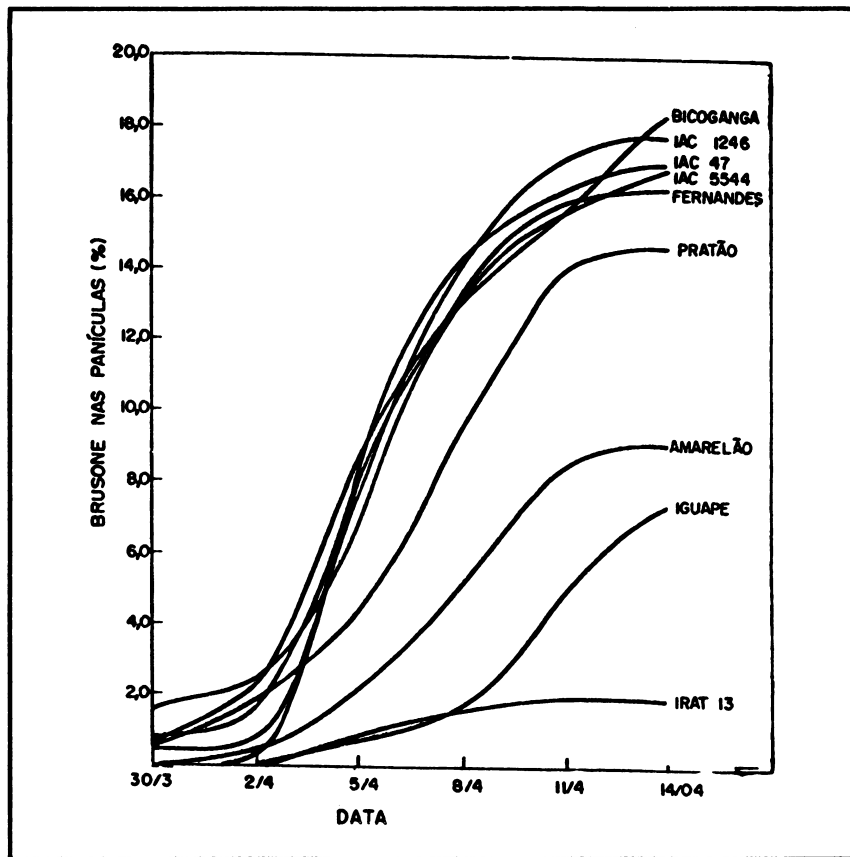


Figura 5.  
Progresso da brusone nas folhas  
em relação ao tempo

Figura 6.  
Progresso da  
brusone as  
panículas em  
relação ao tempo



nenhuma conotação genética. Este tipo de resistência também é sujeito a quebra gradativa e é comum nas cultivares de arroz irrigado. As cultivares CICA 8,

Metica 1 e BR-IRGA 409 com resistência intermediária apresentaram aumento na suscetibilidade ao longo dos anos (Figura 7).

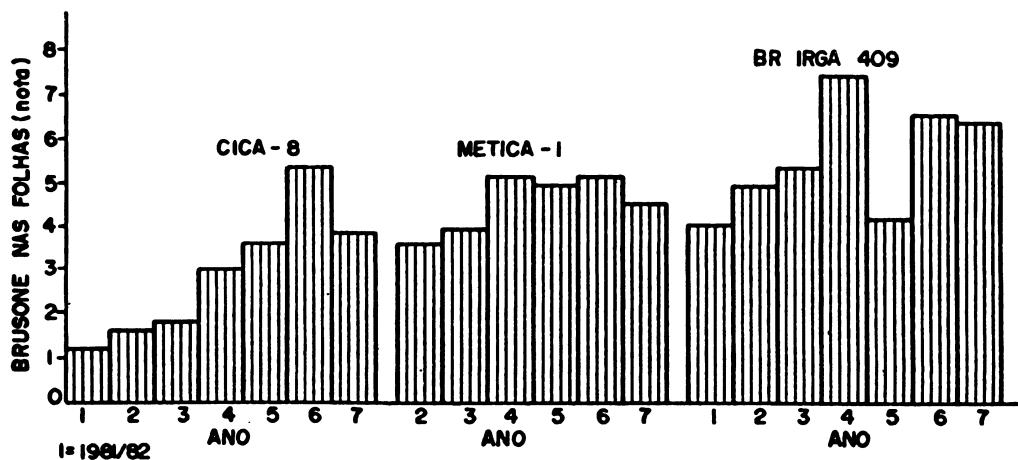


Figura 7. Reação média de brusone nas folhas das três cultivares nos viveiros nacionais de brusone durante 1982-83. (Reação baseou-se na nota média de 5 locais de teste).

O nível de resistência parcial nas cultivares pode ser avaliado somente após a quebra do gene vertical através de inoculações artificiais com uma raça virulenta a todas as cultivares em casa de vegetação. É mais apropriado designar este tipo como resistência residual sem implicações genéticas (Zadoks 1979). Nas condições de campo, comparação de cultivares quanto ao nível de resistência residual não é possível devido à ocorrência de diferentes genes maiores de resistência nas cultivares. Os estudos demonstraram uma correlação positiva entre resultados de inoculações artificiais numa raça virulenta e viveiros móveis. Por outro lado, as avaliações realizadas nos viveiros de brusone não permitiram detectar as mesmas diferenças entre as cultivares obtidas com os outros dois métodos (Prabhu 1988 a).

A avaliação de linhagens fixadas nos viveiros móveis sob condições de baixa pressão de inóculo permite identificar níveis de resistência parcial. As cultivares com maior grau de resistência vertical mostraram maior grau de resistência parcial (Prabhu & Filippi, 1988), indicando a importância do acúmulo de genes maiores.

### **Estratégias de Melhoramento**

#### ***Lançamento de cultivares com modo sequencial***

Em decorrência da pequena durabilidade de resistência, o lançamento sequencial de cultivares com diversificação de genes resistentes está sendo adotado como principal estratégia de melhoramento tanto para arroz de sequeiro como para arroz irrigado. A metodologia para arroz de sequeiro consiste em: cruzamentos simples entre cultivares com alto potencial de produtividade e fontes de resistência de diversas origens; retrocruzamentos utilizando as cultivares IRAT 112, IAC 25 e Dourado Precoce como progenitores recorrentes e doadores de resistência que demonstraram alto espectro de resistência nas condições brasileiras (Três Marias, Carreon, Tetep, Ta-poo-cho-Z, Huvan Sen-Goo, H-5, Ramgarh, Ram Tulasi, C 15-46, etc.); policruzamentos entre cultivares de sequeiro com alto potencial de produtividade e fontes de resistência. Em relação ao arroz irrigado

procura-se realizar cruzamentos triplos para aumentar o grau de resistência de cultivares comerciais como CICA 8, Metica 1 e BR IRGA 409, bem como diversificar os progenitores para aumentar a variabilidade genética.

#### ***Linhas Isogênicas de resistência***

O programa de desenvolvimento de multilinhas pela mistura de linhas aparentadas está em andamento no CNPAF em arroz de sequeiro, utilizando como progenitores recorrentes IRAT 112 e IAC 25 e 13 genes doadores de resistência. Este método, embora tenha limitações quanto ao teto de produtividade, busca estabilidade na produção. As multilinhas com níveis de resistência intermediária permite lento progresso da doença e evita epidemias em larga escala. A precocidade destas linhas ainda contribui para o escape de altas severidades de brusone e seca nos plantios feitos com o início das chuvas no mês de outubro.

#### ***Diversificação regional de genes***

A estratégia de lançamento de cultivares com genes diferentes em diversos estados ou regiões geográficas, evita epidemias em larga escala em arroz de sequeiro e irrigado. Este método de uso de genes verticais de modo direcionado se torna efetivo por minimizar a redução da produtividade a nível nacional.

### **MANCHA PARDA**

A doença se manifesta nas folhas e nas panículas, sendo que os danos são maiores nos grãos. As manchas nos grãos podem causar perdas de 12 a 30 por cento no peso e 18 a 22 por cento no grãos cheios por panícula, dependendo do grau de suscetibilidade da cultivar (Prabhu et al. 1980). A infecção por *D. oryzae* além de depreciar a qualidade dos grãos beneficiados causam gessamento e quebras significativas no rendimento de engenho. A relação entre severidade de doença nos grãos e nas folhas foi variável entre as cultivares.

O melhoramento genético visando resistência a mancha parda não foi dada maior atenção até agora

no Brasil. Os métodos de avaliação e seleção de materiais nas condições de campo são baseados em observações visuais no processo final de melhoramento. Conseqüentemente, as cultivares melhoradas para resistência à brusone em arroz de sequeiro, como Cuiabana e Araguaia, apresentam severidades maiores de mancha parda, comparado às cultivares tradicionais como IAC 47, IAC 165 e IAC 25. Em arroz irrigado, com a introdução de Metica 1, o problema de mancha nos grãos, principalmente causada por *D. oryzae*, chamou atenção para buscar cultivares com alto grau de resistência a esta doença. Até agora a existência de raças típicas de *D. oryzae* não foram estabelecidas e não existem interações diferenciais entre cultivar e isolado.

#### Métodos de avaliação e seleção

Em geral, a avaliação visando resistência a mancha parda nas folhas é feita levando-se em consideração o tamanho da lesão e a porcentagem da área foliar afetada ou grãos descoloridos, seguindo escalas padronizadas (International Rice Research Institute 1975). No CNPAF a avaliação de mancha parda tanto nas folhas como nas panículas é feita na fase semi-madura, na maturação, em condições de campo. Para eliminar a influência do ambiente nas condições de campo o conceito de resistência relativa foi utilizado. A resistência relativa (RESR) varia entre zero e um e é calculada pela seguinte fórmula:

$$\text{RESR} = 1 - \frac{\text{SD (G)}}{\text{SD (T)}}$$

onde: SD (G) = severidade de mancha parda nos genótipos em teste e SD (T) = severidade de doença na testemunha.

A severidade de mancha parda nas panículas é avaliada utilizando uma escala de quatro graus levando-se em consideração o tipo de lesão e a porcentagem de grãos infectados. Tipo de lesão: A = pequenas lesões do tamanho de um alfinete; B = descoloração marrom cobrindo 25 por cento da área do grão; C = descoloração marrom cobrindo mais de 50 por cento da área do grão.

Escala: um a oito

- 1 = pequenas lesões e/ou 0-5 por cento de grãos descoloridos do tipo B/panícula
- 2 = 5-25 por cento de grãos descoloridos de tipo B e C/panícula
- 4 = 26-50 por cento de grãos descoloridos do tipo B e C/panícula
- 8 = > 50 por cento de grãos descoloridos de tipo C/panícula.

A resistência relativa a mancha parda nas folhas também foi avaliada utilizando a mesma escala de quatro graus, variando de um a oito com base na porcentagem de área foliar afetada.

Houve uma correlação positiva entre os resultados de avaliação feita utilizando escala diagramática desenvolvida pelo CIAT (1, 3, 5, 7, 9) com base na intensidade de descoloração e do RESR. Portanto, a avaliação no campo permite a determinação da resistência relativa a mancha parda nas folhas e nos grãos. A RESR dos genótipos é sub-estimada levando-se em consideração a ocorrência de outros fungos causadores de manchas nos grãos, embora estes estejam negligenciáveis (Quadro 1).

A avaliação do germoplasma nacional e introduzido e linhagens avançadas do programa de melhoramento é feita anualmente nos campos experimentais do CNPAF na Fazenda Palmital. Diversos genótipos com alto grau de resistência foram identificados (Prabhu 1988 b). Em geral, as cultivares nativas de arroz de sequeiro e de irrigado apresentaram maior grau de RESR do que as introduzidas. Algumas fontes de resistência a mancha parda nas folhas e nas panículas estão no Quadro 2.

#### Estratégias de melhoramento

A principal ênfase está direcionada para o aumento do grau de resistência à mancha parda nas cultivares CICA 8, Metica 1 e BR IRGA 409, bem como diversificar os progenitores para aumentar a variabilidade genética.

Quadro 1. Frequência de fungos associados com grãos no campo.

Fungos	Porcentagem de grãos associados com fungos		
	1985/86	1986/87	1987/88
<i>Drechslera oryzae</i>	59,7	61,9	36,3
<i>Drechslera halodes</i>	1,8	1,0	3,4
<i>Drechslera rostratum</i>	0,6	0	1,6
<i>Trichoconiella padwickii</i>	8,5	0,6	9,7
<i>Phoma sorghina</i>	0	16,1	18,6
<i>Nigrospora spp.</i>	14,7	6,7	4,6
<i>Curvularia spp.</i>	1,2	3,7	3,3
Outros fungos	6,9	3,4	9,8

As médias basearam-se em 900 sementes, 100 de cada cultivar (Nerizão, IAC 21, Casado, IAC 47, IAC 165, BG 367-41, B-40, Caqui).

Quadro 2. Relação de genótipos resistentes à brusone e mancha parda.

Genótipo	Origem	Resistência relativa <sup>1</sup>	
		Folha	Panícula
Basmati 370	B. Desh	0,62	0,81
CIAT-ICA 5	Colômbia	0,87	0,79
Colômbia 1	Colômbia	0,87	0,87
Dawn	E.U.A.	0,76	0,83
H 136-68-1	Argentina	0,87	0,87
IR 342	Coréia	0,58	0,83
SR 3055-129-3-2-2	Coréia	0,83	0,87
Tongil (Test. suscep.)	Coréia	0	0

<sup>1</sup> Os valores são médias de três anos 1985/88.

A disponibilidade de diversas fontes de resistência à brusone e mancha parda permitiu o uso das mesmas com maior frequência nos cruzamentos. A seleção de plantas resistentes à brusone é feita nas gerações

iniciais nos viveiros de brusone e, mancha parda, nas gerações avançadas em campo. O método de bulk e seleção em massa é recomendável devido à natureza poligênica da resistência à mancha parda.

## LITERATURA CITADA

- AHN, S. W. 1981. Slow blasting resistance. In: PROCEEDINGS OF THE SYMPOSIUM ON RICE RESISTANCE TO BLAST, Montpellier, France, IRAT/GERDAT, p. 343-370.
- & MUKELAR, A. 1986. Rice blast management under upland conditions. In: PROGRESSOS IN UPLAND RICE RESEARCH, Los Baños, Philippines, IRRI, p. 363-382.
- BIDAUX, J. M. 1977. Screening for horizontal resistance to rice blast (*Pyricularia oryzae*) in Africa. In: RICE IN AFRICA, London, Academic Press, p. 159-174.
- FLOR, H. H. 1971. Current status of the gene-for-gene concept. Ann. Rev. Phytopath., 9:275-296.
- HASHIOKA, Y. 1950. Studies on the mechanism of prevalence of rice blast disease in the tropics. Taiwan Agric. Res. Inst. Tech. Bull. 8, pp. 237.
- INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. 1975. Standard evaluation system for rice. Los Baños, Philippines, IRRI, 64 p.
- KIYOSAWA, S. 1982. Genetics and epidemiological modelling of breakdown of plant disease resistance. Ann. Rev. Phytopathol., 20:93-117.
- MARCHETTI, M. A.; RUSH, M.C. & HUNTER, W. C. 1976. Current status of rice blast in Southern United States. Plant Dis. Repr., 60:721-725.
- OU, S.H. & NUQUE, F.C. 1963. The relation between leaf and neckblast resistance to the rice blast disease. Int. Rice Common Newsl., 12:30-35.
- 1965. A proposal for an international program of research on the rice blast disease. In: The Rice Blast Disease. Baltimore, U.S.A. The John Hopkins Press, p. 441-446.
- 1979. Breeding rice for resistance to blast - a critical review. In: PROCEEDINGS OF THE RICE BLAST WORKSHOP. Los Baños, Philippines, IRRI, p. 81-137.
- PADMANABHAN, S. Y. 1965. Recent advances in the study of blast disease of rice. Madras Agric. J. (Golden Jubilee Number), p. 564-583.
- PRABHU, A.S.; LOPES, A. M. & ZIMMERMANN, F.J.P. 1980. Infecção da folha e do grão do arroz por *Helminthosporium oryzae* e seus efeitos sobre os componentes de produção. Pesq. agropec., Brasília, 15:183-189.
- & BEDENDO, I. P. 1982. Considerações sobre avaliação de resistência horizontal à brusone em arroz. Fitopatol. bras., 7:349.
- & MORAIS, O.P. 1988. Rice blast management in upland rice in Brazil. In: PROGRESS IN UPLAND RICE RESEARCH. Los Baños, Philippines, IRRI, p. 383-92.
- 1988a. Comparação de métodos de avaliação de resistência à brusone nas folhas de arroz. Fitopatol. bras., 13:118.
- 1988b. Avaliação de genótipos de arroz para resistência relativa a mancha parda. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 17., Pelotas, 1988. Anais... EMBRAPA-CPATB, p. 258-264.
- & FILIPPI, M. C. 1988. Resistência de cultivares de arroz de sequeiro à brusone nas panículas no campo, resistência vertical e parcial à brusone nas folhas em casa vegetação. Fitopatol. bras., 13:123.
- RIBEIRO, A.S. 1988. Resistência do arroz sob nível decrescente de inóculo de *Pyricularia oryzae* Cav. Fitopatol. bras., 6:323-332.
- VAN DER PLANK, J. E. 1963. Plant disease: Epidemics and control. New York. Academic Press, pp. 349.
- 1982. Host-pathogen interactions in plant disease. New York. Academic Press. pp.203.
- VILLAREAL, R.L.; MACKENZIE, D.R.; NELSON, R.R. & COFFMAN, W.R. 1980. Apparent infection rates of *Pyricularia oryzae* on different rice cultivars. Phytopathology, 70:1224-1226.
- WU, B. C. & LATTERELL, F. M. 1986. Pathogenic variation in single conidial isolates of *Pyricularia oryzae*. In: APS ANNUAL MEETINGS, Orlando, 1986. Abstracts... A. P. S.
- ZADOCKS, J. C. 1979. Strategies in combating cereal diseases in Europe with special reference to yellow rust of wheat. In: PROCEEDINGS OF THE RICE BLAST WORKSHOP. Los Baños, Philippines, IRRI, p. 1983-198.





# Melhoramento para toxidez por ferro

por Richard Elias Bacha\*

## INTRODUÇÃO

Os solos sob condições de irrigação, diferem drasticamente dos solos secos (aeróbicos) por suas propriedades físicas, eletroquímicas e biológicas.

A anaerobiose, provocada pelo alagamento do solo, necessária para que a cultura do arroz, espécie hidrófila por excelência, produza altos rendimentos de grãos, é responsável por fenômenos químicos favoráveis e, desfavoráveis às plantas. O mais importante deles é a química do ferro.

A solubilidade dos óxidos de ferro em água, nos solos aeróbicos regula a concentração do  $Fe^{+2}$  em solução que é normalmente muito baixa. A medida que o solo seco é irrigado, os compostos de ferro oxidados ( $Fe^{+3}$ ) são reduzidos pelos microorganismos a  $Fe^{+2}$ , que em grandes quantidades são levados à solução do solo.

Vários fatores regulam a concentração do  $Fe^{+2}$  em solução a qual se eleva rapidamente após dois a quatro semanas após a irrigação, atinge um pico máximo, declina ou se estabiliza em certos níveis. Temperatura, pH, matéria orgânica, conteúdo e reatividade dos óxidos férricos, presença de nitratos e manganatos, são fatores decisivos na dinâmica do ferro.

A toxidez por ferro está associada diretamente ao excesso de ferro solúvel em água cujas concentrações em solução e na parte aérea das plantas durante, perfilhamento atingem o limite crítico de 300 ppm.

## TOXIDEZ POR FERRO

A toxidez por ferro é um distúrbio nutricional causado por excesso de ferro em solução o qual provoca excesso e absorção de ferro (toxidez direta) ou impede a absorção de P, K, Zn, Ca, Mn (toxidez indireta).

O sintoma mais característico da toxidez direta é o aparecimento de pontuações marron escuras nas folhas mais velhas, como posterior coloração púrpura.

A toxidez indireta é visualizada pelo desenvolvimento de coloração amarelada e alaranjada nas folhas. Folhas novas facilmente mostram manchas marron, secam as pontas, e margens e enrolam.

Sob forte intoxicação as raízes tornam-se pequenas e todo o sistema radicular é danificado. A cor de tijolo sobre as raízes bem identificam a deposição de óxidos férricos.

Toxidez por ferro se manifesta normalmente quando as plantas atingem o estágio de máximo afilhamento próximo a iniciação do primórdio floral; pode manifestar-se contudo, desde o estágio de três folhas.

## CONTROLE DA TOXIDEZ POR FERRO

Vários métodos tem sido preconizados para reduzir os efeitos tóxicos do ferro sobre a cultura do arroz irrigado, entretanto os problemas de ordem econômica tem restringido a utilização da maior parte das técnicas.

---

\* Engenheiro Agrônomo. M. Sc en Ciências do Solo, Estação Experimental de Itajaí/EMPASC, Itajaí, SC, Brasil.

Pode-se reduzir a toxidez por ferro através de: aplicação de  $MnO_2$ , calagem, inundação do solo antecipando a semeadura, intermitência de irrigação, adubação orgânica, adubação química com nitrato de sódio.

Estas alternativas encontraram restrições técnicas, dependendo das condições de manejo e químicas do solo.

A todos estes métodos sobrepõe-se o uso de cultivares tolerantes.

Quando estas são disponíveis, certamente é o método mais econômico para resolver o problema.

### TRABALHO DE SELEÇÃO - "SCREENING"

A toxidez por ferro tem sido constatada em diversas áreas do território brasileiro cultivado com arroz irrigado.

Esta desordem nutricional foi observada inicialmente em Santa Catarina e Rio Grande do Sul na década de 1970, com as cultivares suscetíveis, coincidentemente de alta produtividade, tornou mais evidente o problema.

No Rio Grande do Sul e Santa Catarina, a cultivar BR-IRGA 409, a primeira importante cultivar tipo anã disseminou-se rapidamente por suas excelentes qualidades, sendo porém a cultivar mais sensível à toxidez por ferro.

Em função da toxidez por ferro ser até então um problema pouco sentido, os melhoristas brasileiros não se preocuparam em direcionar os programas de cruzamento com linhagens tolerantes.

Somente em 1983, através de EMPASC (Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária), teve início um trabalho de "screening" de materiais para resistência a toxidez por ferro.

### METODOLOGIA

A metodologia foi desenvolvida na Estação Experimental de Itajaí (SC), para teste de linhagens à campo para toxidez por ferro e consiste do seguinte:

1. Lavação e gradagens em solo seco.
2. Remoção do solo solto (camada superficial) a cada duas safras.
3. Rotativação e adubação química do solo com P e K.
4. Sulcos de um m de comprimento espaçados 0,30 m e profundidade para semeadura destinados às linhagens a serem testadas (Figura 1).
5. Dois sulcos paralelos, em sentido perpendicular aos anteriores, em todo o comprimento destinados às testemunhas, resistente e suscetível.
6. Repetição dos procesos quatro e cinco, até completar a área necessária à semeadura.
7. Semeadura, das linhagens, em teste nos sulcos de um m de comprimento em três sulcos consecutivos considerando-se cada linha uma repetição.
8. Semeadura das cultivares testemunhas, uma em cada sulco em todo o comprimento.
9. Cobertura das sementes com o próprio solo, ou areia.
10. Irrigação por inundação permanente da área, após a emergência das plantas.
11. Adubação com N em cobertura aos 30 dias.
12. Avaliação dos sintomas a cada dez dias até maturação comparando com as testemunhas, resistente e suscetível.

A escala de avaliação utilizada baseia-se em percentuais de folhas amarelas/alaranjadas/púrpuras ou mortas:

- |       |   |
|-------|---|
| 0 - 3 | Folhas pouco descoloridas (< 1%) - Resistente     |
| 4 - 5 | Folhas com sintomas leves (5-25%) - Tolerante     |
| 6 - 9 | Folhas com sintomas fortes (25-100%) - Suscetível |

Valores intermediários são atribuídos às plantas com sintomas pouco definidos comparados as testemunhas.

As avaliações finais são mais precisamente definidas quando as plantas encontram-se próxima à fase de diferenciação do primórdio floral, o que em geral ocorre de 45 a 60 dias do início da irrigação.

As diferenças genéticas entre as linhagens faz com que os sintomas assumam diferentes nuances em função do tempo de irrigação, condições climáticas e resistência inerente ao próprio germoplasma.

Observam-se os seguintes comportamentos entre as linhagens:

- Sintomas evidentes de toxidez com 20-30 dias do ciclo
- Sintomas pouco evidentes durante todo o ciclo
- Apresentam sintomas e se recuperam com emissão de novas folhas, em diversas fases
- Mostram sintomas intensos e definidos de 45 a 75 dias do ciclo
- Recuperam-se parcialmente com adubação nitrogenada sem afetar o rendimento de grãos
- Sintomas e recuperação cíclicas durante todo o ciclo

Todo o processo de "screening" à campo apresenta várias vantagens sobre outros métodos.

O aspecto mais importante a ser considerado é uniformidade da área onde os sintomas se manifestem igualmente evitando assim a avaliação errônea de linhas suscetíveis.

#### Vantagens do método

- Permite induzir naturalmente os sintomas de toxidez
- Permite avaliar um número grande de linhagens
- Pode-se comparar visualmente as plantas entre si e entre as testemunhas

- Permite detectar manchas de solo
- Detecta os sintomas reais de toxidez com as nuances que apresentam normalmente à campo
- Não descaracteriza a linhagem como quando cultivada em condições artificiais
- Permite selecionar linhagens para o programa de melhoramento visualizando outras características.

#### CONSIDERAÇÕES GERAIS

Alguns requisitos devem ser atendidos para que o método de "Screening" a campo seja bem sucedido

- Os sintomas devem ocorrer todos os anos no local escolhido.
- As cultivares resistentes e suscetíveis devem ser criteriosamente escolhidas para evitar mascaramento dos sintomas
- As linhagens a serem testadas devem estar em gerações avançadas
- Toxidez por ferro está ligado a fatores poligênicos, portanto o aproveitamento das linhagens tolerantes para cruzamentos pode resultar em materiais suscetíveis

#### RESULTADOS OBTIDOS

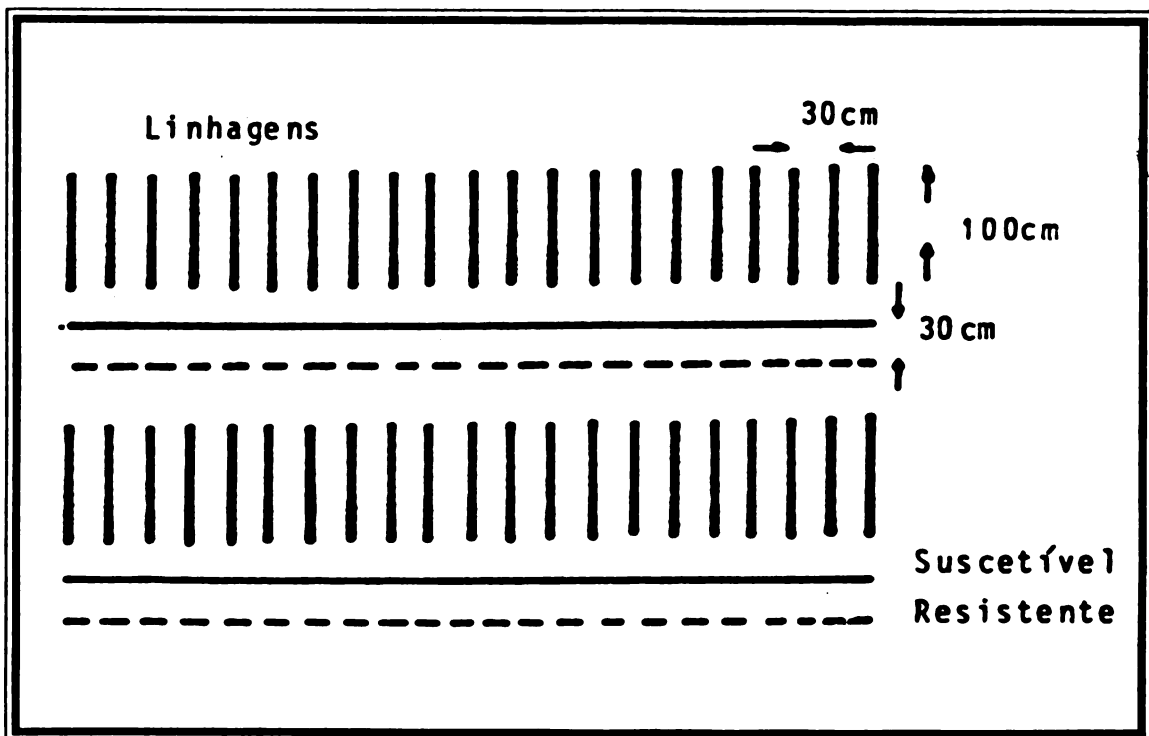
O programa de seleção de cultivares e linhagens de arroz irrigado para resistência a toxidez por ferro, desde seu início, vem testando materiais em gerações avançadas dos programas de melhoramento da EMPASC (Empresa Catarinense de Pesquisa Agropecuária S.A.), CPATB-EMBRAPA (Centro de Pesquisas Agropecuárias de Terras Baixas), CNPAF-EMBRAPA (Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão), IRGA (Instituto Rio Grandense do Arroz); CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical - Colômbia).

Desde 1983/84 até 1988/89 foram avaliados 2869 germoplasmas (Quadro 1)

**Quadro 1. Resultado das reações de linhagens/cultivares a toxidez por ferro (1983-1989)**

Reação	1983/84		1984/85		1985/86		1986/87		1987/88		1988/89	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
Suscetíveis	38	24,1	125	30,4	235	47,1	149	24,6	215	37,8	152	24,3
Tolerantes	23	14,5	96	23,4	140	28,1	126	20,8	138	24,3	267	42,7
Resistentes	97	61,4	190	46,2	124	24,8	331	54,6	216	37,9	207	33,0
Totais	158	100	411	100	449	100	606	100	569	100	626	100

Fonte: EMPASC



*Figura 1. Esquema de Campo*

# Melhoramento de arroz irrigado para tolerância ao frio no Rio Grande do Sul - Brasil

por Arlei Laerte Terres\*

## RESUMO

*No artigo são relatados os resultados já alcançado e a estratégia usada pelo CPATB, incluindo testes de triagem de fontes, no melhoramento genético de arroz irrigado para tolerância ao frio no Rio Grande do Sul. Técnicas auxiliares aos métodos convencionais de melhoramento, como uso da cultura "in vitro" de anteras de avanço de geração-geração de inverno, são comentados no trabalho. Aspectos sobre os efeitos danosos do frio na cultura de arroz irrigado com reflexos na produção e economia gaúcha e por extensão na brasileira, também, são abordados no texto. É apresentada uma revisão sucinta da influência das baixas temperaturas sobre os diversos processos fisiológicos da planta de arroz nas condições do extremo norte do Japão -a ilha de Hokkaido- e do controle genético da tolerância ao frio no arroz, tanto na fase vegetativa quanto na reprodutiva.*

## INTRODUÇÃO

No Rio Grande do Sul (RS), extremo sul do Brasil, são cultivados atualmente, por ano, ao redor de 800 mil hectares de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado, sob condições de inundação contínua (IRGA 1988). Com produtividade média de cinco toneladas de grãos com casca por hectare, a participação gaúcha de arroz, nos últimos anos, tem superado a marca de 35 por cento da produção geral brasileira, apesar de representar, apenas, 13 por cento da área total explorada com o cereal no País.

A área orizícola gaúcha abrange cinco regiões geográficas (Figura 1), com características bastante distintas entre si, determinando diferenças no comportamento das cultivares. Para exemplificar, na Figura 2 estão as normais agroclimáticas (1930-60), ocorridas durante o período de cultivo, de duas regiões orizícolas: a Fronteira Oeste e o Litoral Atlântico sul ou Zona Sul, que representam cerca de 30 e 20 por cento, respectivamente, da área cultivada com a gramínea no Estado (IRGA 1988).

Um dos fatores que mais tem limitado a produção de arroz no extremo sul, através de dos anos, é o frio-aqui entendido, como a ocorrência de temperaturas, entre dez e 18 graus Celsius durante a estação de cultivo de arroz irrigado. No RS, esta situação climática tem ocorrido uma vez a cada três anos (Terres 1987), causando prejuízos muitas vezes superiores a 25 por cento no rendimento de grãos (Terres, Galli e Ribeiro 1981, Terres e Galli 1985).

O custo de produção e a produtividade do arroz são afetados pelo frio tanto de forma direta quanto indireta. Quando ocorre no período vegetativo inicial das plântulas, os efeitos que incidem diretamente sobre o custo e indiretamente sobre a produtividade. Quando ocorre no período reprodutivo e de maturação, os reflexos são maiores e diretos sobre o rendimento.

A orizicultura da Zona Sul é mais prejudicada pelas baixas temperaturas noturnas, notadamente quando ocorrem ao longo do período reprodutivo das plantas. Tal fato, por exemplo, de BR-IRGA 409 -cv de origem tropical, tipo moderno e ciclo médio- sofrerem reduções acima de 50 por cento no rendimento (Terres e Galli 1985).

Os aspectos abordados acima, demonstram claramente a importância de pesquisas que visem

---

\* Pesquisador em melhoramento de arroz irrigado, CPATB/EMBRAPA, Pelotas, RS, Brasil

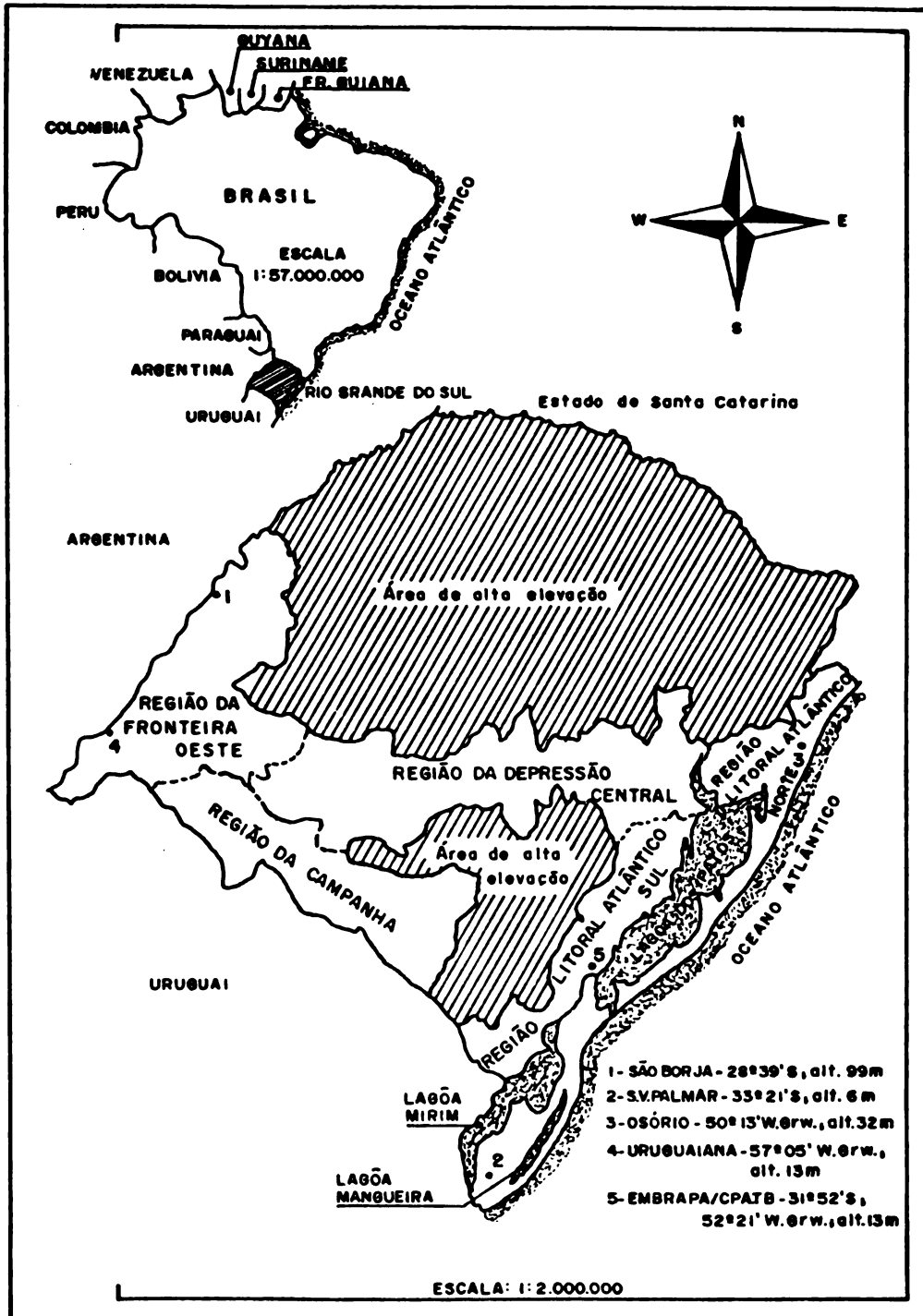


Figura 1. Regiões de produção de arroz irrigado no Rio Grande do Sul - Brasil.

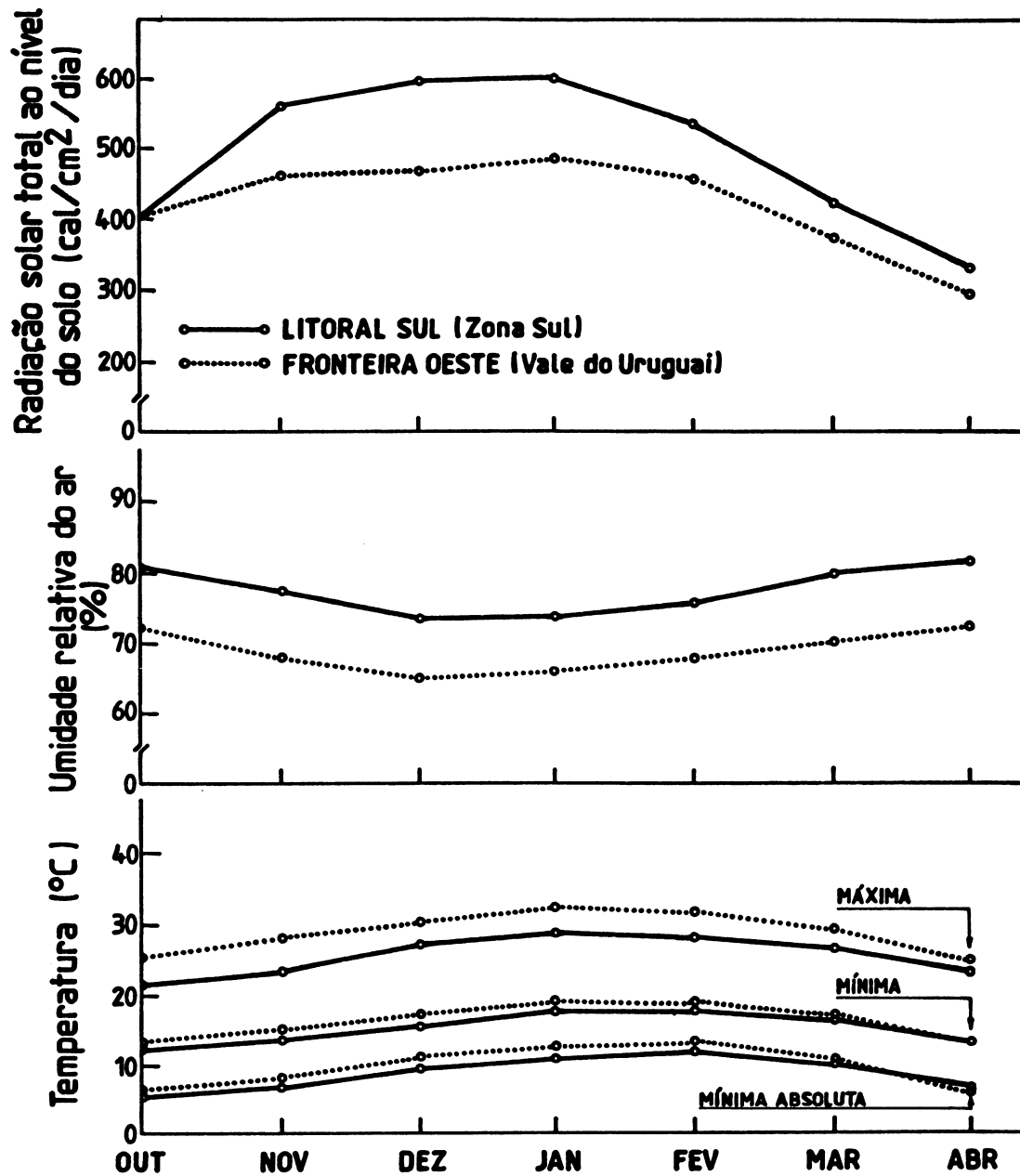


Figura 2. Normais agroclimáticas (1931-60) registradas durante o período de cultivo de arroz, em duas importantes regiões orizícolas do Rio Grande do Sul (adaptado de Mota et al 1971).

minimizar os efeitos danosos do frio sobre a orizicultura gaúcha -num sentido restrito- e nacional -num sentido mais amplo.

Relatar a estratégia usada, pelo CPATB, no melhoramento genético de arroz irrigado para tolerância ao frio no Rio Grande do Sul e alguns resultados já alcançados, é o objetivo deste artigo.

## REVISÃO SUCINTA DOS EFEITOS DO FRIO EM ARROZ (*ORYZA SATIVA* L.)

### Efeitos na fisiologia da planta \*

As afirmações contidas neste subtítulo são resultado de pesquisas conduzidas no extremo norte do Japão, na ilha de Hokkaido. Uma das regiões mais frias do mundo, onde o arroz é comercialmente cultivado.

#### *Efeitos sobre alguns processos fisiológicos*

Plantas de arroz submetidas a temperaturas abaixo de 20 graus Celsius, sofreram redução na razão fotossintética por unidade foliar, especialmente quando a intensidade luminosa foi baixa; também, decresceu, acentuadamente, a razão de respiração de vários órgãos, inclusive da raiz (Mitsui 1941, Satake e Tanaka 1973).

Sob frio, a razão de respiração do sistema radicular baixou e, por conseqüência, a absorção de nutrientes também.

Experimentos conduzidos com plantas crescidas sob baixas temperaturas, tanto em solução hidropônica quanto em solo-vaso, indicaram, de forma consistente que o fósforo foi menos e o cálcio e manganês mais

absorvidos. A absorção maior de manganês, foi devida à anomalias no "Status" fisiológico das plantas e não pelo aumento na disponibilidade do elemento no solo (Takahasi et al 1955).

A translocação de nutrientes, especialmente de fósforo, para o primórdio da panícula foi retardada por baixas temperaturas. O fósforo teve menor translocação, quando a temperatura foi mantida a 17 graus Celsius e quase cessou a dez graus (Aimi e Sawamura 1959, Satake e Tanaka 1973).

#### *Efeitos sobre os órgãos vegetativos:*

A ocorrência de baixas temperaturas durante o período vegetativo do arroz, tem mais reflexos sobre as folhas, perfilhos e raízes (Satake e Tanaka 1973).

O intervalo foliar i.e. o tempo entre a emergência de uma folha e a próxima, tornou-se maior quando a temperatura da água, mais do que a do ar, foi baixa. Entretanto, quando ao frio ocorreu, durante o intervalo foliar de 2,25 a 7,5 folhas, o ponto de crescimento da planta ficou protegido por estar abaixo da superfície da água (Hoshino et al 1969, Satake e Tanaka 1973).

Plantas de arroz, com o período vegetativo desenvolvido sob regime de frio, tiveram menor área foliar total, por decorrência da produção menor de perfilhos e maior de pequenas folhas, causando um decréscimo na atividade fotossintética por unidade foliar. Ocorreu, também, uma redução na área radicular disponível para a absorção de nutrientes, devido à produção de poucas e curtas raízes. Tais alterações, juntamente com o efeito direto do frio sobre vários processos fisiológicos resultam numa menor razão de produção de matéria seca (Satake e Tanaka 1973).

Temperaturas de 13 graus Celsius causaram trocas na composição das folhas do arroz. Os teores de açúcar foram imediatamente, aumentados; houve um aumento gradual de amido; ocorreu elevação do nitrogênio solúvel e decréscimo no conteúdo de nitrogênio total. Estas trocas indicam, que sob condições de baixas temperaturas, ocorre redução na translocação de carboidratos das folhas e, logicamente, acumulação

---

\* Revisão baseada em: ISHIZUKA, Y.; SHIMAZAKI, Y.; TANAKA, A.; SATAKE, T.; NAKAYAMA, I. 1973 *Rice growing in a cool environment. Taipei-Taiwan, Republic of China, Food & Fertilizer Technology Center-ASPAC, p. (1-98). N° em paranteses indica a página do livro onde está a informação original.*



de nitrogênio solúvel, o qual deixa as plantas mais sensíveis ao frio e à *Pyricularia oryzae* Cav. (Satake e Tanaka 1973).

### **Efeitos sobre os órgãos reprodutivos**

Quando o frio ocorre durante o período reprodutivo do arroz, os efeitos são sobre a diferenciação e desenvolvimento dos órgãos reprodutivos e sobre alongamento os entre-nós (Satake e Tanaka 1973).

O florescimento do arroz foi, significativamente, retardado com a ocorrência de temperaturas abaixo de 20 graus Celsius durante a fase de diferenciação do colar da panícula, ou seja, quando a planta passa para o período reprodutivo (Terao et al 1941, Shimazaki et al 1960, Satake e Tanaka 1973).

Em 1937 ocorreu a primeira postulação, afirmando que a esterilidade em arroz poderia ser devido ao frio na fase meiótica da planta i.e., fase de formação das células mãe do pólem (Sakai 1937). Esta fase é a de todas a mais sensível, vindo a seguir, no mesmo plano, a fase de diferenciação da espiguetta mais conhecida como "ponto de algodão" e a de floração (Hayase et al 1969). Mais tarde, em 1970, foi precisamente determinado que o período mais sensível do arroz ao frio, é a fase do microsporo jovem ou microsporogênese, isto é, logo após a fase meiótica (Satake e Hayase 1970).

As temperaturas críticas que causam esterilidade são estimadas entre 15 e 17 graus Celsius, para os genótipos resistentes ou tolerantes, é de 17 a 19 graus, no caso dos suscetíveis (Nishiyama et al 1969).

Plantas de arroz que receberam frio de dia e de noite, tiveram maior esterilidade que as que receberam o tratamento do frio somente a noite (Shimazaki et al 1964). Ocorrências de moderadas temperaturas (17 a 24 graus de dia e 17 a 19 graus de noite) antes e depois do tratamento de frio (12 graus de dia e de noite) na microsporogênese, aumentou, significativamente, a percentagem de esterilidade da cultivar Hayayuki, tolerante ao frio em Hokkaido.

No extremo norte do Japão, muitos ensaios demonstraram que a esterilidade foi maior onde altos níveis de nitrogênio foram usados. Houve menor percentagem de esterilidade onde baixas doses de nitrogênio e altas de fósforo e potássio, foram aplicadas ao arroz (Shibata et al 1969).

O mecanismo da esterilidade em arroz, por causa do frio, decorre de anomalias no pólem, observadas a partir de estudos em plantas submetidas a tratamento de 12 graus Celsius por quatro dias durante fases sucessivas de desenvolvimento. As plantas foram divididas em dois grupos, um dos quais foi polinizado com pólem sadio onde ocorreu fecundação normal (Hayase et al 1969). As anomalias verificadas nas anteras são mais propriamente devido ao incompleto desenvolvimento do pólem imaturo (Satake e Tanaka 1973).

Dentre outras anomalias, ao frio causa, também hipertrofias no tecido tapetal das anteras, fazendo com que a traslocação de carboidratos para o pólem fique prejudicada, dificultando o desenvolvimento deste, em razão do suprimento insuficiente de nutrientes (Sakai 1949, Murakami et al 1958).

Na floração, quando houve baixa temperatura, a esterilidade foi devida à não abertura das anteras. No caso que houve liberação de pólem para o estigma, não ocorreu crescimento do tubo polínico no interior do estilete e, se ocorreu, foi tão lento que quando o pólem alcançou o óvulo, este não estava mais receptível à fecundação (comunicação pessoal do Dr. Setsuo Koike, Hokkaido Natl. Agric. Exp. Stn.-Japão).

No enchimento de grãos, temperaturas abaixo de 18 graus Celsius causaram um decréscimo no peso de 1000 grãos, baixando o valor, à medida que aumentou o frio (Tanaka 1962).

O frio nem sempre é danoso as plantas de arroz de regiões de clima temperado como o a ilha de Hokkaido. Altos rendimentos são produzidos, quando a cultura é exposta a regime de temperaturas de 29 graus Celsius, durante o dia e 19 graus durante a noite, logo nos primeiros 15 dias após a floração, e 20 graus durante o dia e 16 a 11 graus durante a noite, nos 15 dias finais.

Estas condições interagem com o dia longo (15.5 horas de luz solar) de verão, proporcionando alta eficiência fotossintética com baixo consumo energético (Nakayama e Ishizuka 1973).

#### **Controle genético da tolerância ao frio**

Estudos de genética em arroz para tolerância ao frio são poucos e tem sido realizados mais sob condições naturais (Shahi e Khush 1985). No Japão até 1962, existiam, apenas, dois artigos escritos em japonês sobre o assunto (Shimazaki 1973).

#### ***Em genótipos no período vegetativo***

Na avaliação de plântulas para tolerância a água fria, foi verificado que os genótipos de grão curto, foram mais resistentes que os de grão longo. Os de grão médio, tiveram reações que variaram de tolerância a alto grau de intolerância (Ormrod e Bunter 1961). As cultivares japônicas, como um grupo, foram mais tolerantes ao frio nesta fase que as indicas e javânicas (Vergara 1980).

Foi estimado que a germinabilidade do arroz sob baixa temperatura foi controlada por quatro ou mais genes dominantes, cada qual ligado com genes marcadores, responsáveis pela ocorrência de endosperma glutinoso, nanismo "ebesu" e "ebisumochi" e inibição de sulcos amarronzados nas glumelas, (Futsuhara e Toriyama, Takahashi segundo Kinoshita, 1984 Sasaki segundo Futsuhara e Kikuchi, 1984).

Estudos de genética nos Estados Unidos, com a cultivar de arroz *Italica Livorno* (usada como fonte de alto vigor na Califórnia) e outras linhagens, indicaram que alto vigor de plântulas foi controlado por quatro ou cinco genes. Esta característica foi negativamente correlacionada com o ciclo tardio e, positivamente, como o tamanho da semente (Li 1975, Rutger e Peterson 1979).

Tolerância as baixas temperaturas, baseada em diferenças de cor entre plântulas de arroz crescidas em fitotromos, durante três dias e cinco graus Celsius,

foi controlada monogeneticamente. O padrão de proteínas solúveis foi relacionado intimamente com a resistência ao frio (Amamiya segundo Kaneda e Beachell, 1972).

Investigações genéticas feitas em arroz na Califórnia-USA, mostraram que a heredabilidade da tolerância ao frio no período vegetativo inicial das plantas, foi alta (Erickson 1968, Li 1975).

Devido a independência da tolerância ao frio existente entre as fases de plântula e emborrachamento, é relativamente fácil selecionar genótipos pela habilidade de germinarem sob condições de baixa temperatura (Shimazaki 1973).

#### ***Em genótipos no período reprodutivo e maturação***

A herança genética da tolerância ao frio nesta fase da planta é complexa (Beachell et al 1972, Jennings et al 1979).

Tolerância a temperatura baixa do ar, ao redor de 19 graus foi controlada, no mínimo, por dois pares de genes parcialmente dominantes. Resistência contra o frio que causa impotência floral, e a característica mais importante no melhoramento de arroz em regiões de zonas temperadas. (Futsuhara e Kikuchi 1984).

Resistência ao frio, expressa em esterilidade induzida pela água fria, no período reprodutivo de plantas, foi quase completamente dominante e mostrou ser governada por cinco ou sete pares de genes (Toriyama segundo Shimazaki, 1973).

Grupos de genes que governaram a tolerância estavam ligados a genes marcadores que expressaram outras características como cor púrpura na casca, arista, colmo quebradiço e glumelas douradas (Toriyama e Futsuhara 1960, Futsuhara e Toriyama 1966, Sawada segundo Futsuhara e Kikuchi-1984). Esta ligação entre grupos de genes pode explicar alguns problemas surgidos em recombinar tolerância ao frio com outras características agronômicas desejáveis em cruzamentos geneticamente distantes, envolvendo grupos varietais diferentes (Chang e Oka 1976). Novas

pesquisas devem ser aceleradas para encontrar novas relações de ligação entre genes, fato, fundamental para o melhoramento de arroz (Kinoshita 1984).

Foi observada uma correlação negativa entre tolerância ao frio, na forma de esterilidade, e o comprimento do colmo, independente do tipo de planta das cultivares pais (Futsuhara e Toriyama 1969). Isto demonstra que em populações segregantes, a seleção para tolerância ao frio pode produzir um pronunciado desvio genético em algumas características correlacionadas com este fator, causando uma considerável dificuldade no melhoramento para resistência ao frio de genótipos com alto potencial produtivo (Futsuhara e Kikuchi 1984).

Os valores encontrados para a herdabilidade da tolerância as baixas temperaturas no período reprodutivo de genótipos de arroz, foram variáveis entre 64 e 91 por cento. Isto evidencia que é relativamente fácil selecionar para tolerância ao frio já nas primeiras gerações ( $F_2$  e  $F_3$ ) de uma população híbrida de arroz (Toriyama citado por Shimazaki, 1973, e por Chang e Oka, 1976).

A resistência ao frio, por ser uma característica que sobre grande influência ambiental, requer repetidos ciclos de seleções naturais em condições efetivas de baixas temperaturas. O que certamente resultará num avanço progressivo e cumulativo para a tolerância a este elemento climático (Jennings et al 1979).

#### **Efeitos danosos do frio na Orizicultura do RS**

Para melhor compreensão da relação clima-planta no RS é apresentado o padrão médio de crescimento e desenvolvimento do arroz. Por ser variável com as peculiaridades de cada região orizícola com o ano agrícola e com as cultivares principalmente em termos de ciclo biológico, é usado o padrão da cultivar BR-IRGA-410 (de origem tropical, tipo moderno e ciclo médio) e que ora ocupa cerca de 35 por cento da área de arroz no RS. Os dados abaixo, são de observações fenológicas feitas no CPATB/EMBRAPA (Zona Sul), a partir de quatro experimentos (1985-88), semeados sempre em torno de 9/11, data situada na faixa ideal de semeadura do arroz na região - 15/10 a 15/11.

**O período vegetativo (50 por cento das plantas emergidas até o início de formação da espigueta-IFE) fol de 24/11 à 15/01.**

**O período reprodutivo (IFE até 80 por cento de floração - 80 por cento Flor) fol de 16/01 à 20/02.**

**O período de maturação (80 por cento Flor até o grão ter cerca de 22 por cento de umidade) fol de 21/02 à 25/03.**

#### ***Durante o ciclo vegetativo das plantas***

A ocorrência de chuvas no final de setembro e/ou início de outubro, além de dificultar o preparo do solo para o estabelecimento do arroz, ocasionam por decorrência, queda na temperatura do ar e do solo.

Devido a isto, a germinação e/ou a emergência das plântulas são retardadas em mais de 20 dias, notadamente nos genótipos sensíveis. As folhas das plântulas apresentam uma taxa de desenvolvimento diário muito pequena e tornam-se cloróticas, retomando ao verde natural após as temperaturas subirem. Nas mesmas condições as plantas do capim arroz (*Echinochloa* ssp), pertence ao grupo de plantas (C4) que tem alta eficiência fotossintética, continuam crescendo em ritmo mais acelerado que as de arroz. Em razão disto, maiores dosagens e/ou repetidas aplicações de herbicidas são necessárias no controle das plantas de capim arroz. Por conseqüência, o custo de produção é diretamente afetado, ainda mais, se for considerado aumento do período de irrigação da cultura - maior consumo energético - em razão do prolongamento do período vegetativo das plantas, pela ação danosa do herbicida.

O estande inicial, i.e. o N° de plântulas por unidade de área, também, é afetado pelo frio direta e indiretamente-efeito de doses altas de herbicidas.

#### ***Durante o ciclo reprodutivo das plantas***

O frio quando ocorre durante a fase de prefloração-microsporogênese, produz grandes prejuízos aos arrozais gaúchos. O efeito ser maior e diretamente sobre o rendimento de grãos principalmente através

do aumento de esterilidade. Outros efeitos, também, tem sido observados em plantas de cultivares sensíveis as baixas temperaturas nesta fase, como na exsurgência de panícula, extremidade das panículas atrofiadas e estéreis e emissão muito lenta de panículas da bainha de folha bandeira. Apesar da ocorrência de frio nesta fase ser mais prejudicial a orizicultura sulina ela não é tão temida por grande parte dos produtores, por não ser tão evidente como são os efeitos na floração. O dano só é notado, por ocasião a colheita quando é verificada alta incidência de espiguetas estéreis.

Na floração, quando a temperatura do ar baixa, também ocorre considerável esterilidade no arroz, porém os reflexos são mais notados sobre a qualidade industrial do grão pela queda na percentagem de grãos inteiros e aspecto feio do grão polido. A cultivares sensíveis como BR-IRGA 409, 410, 412, 413 e 414. O frio, também, aumenta o período entre o início de floração e o final, chegando a ultrapassar uma semana. Causa, também, redução na altura das plantas, notadamente em genótipos de origem tropical de ciclo longo, como IR 8 e todos os CICAs. Aumenta a incidência de doenças, interagindo como aquelas que atacam a casca do grão, produzindo um efeito indesejável na qualidade do produto.

O efeito visual do frio na emissão de panículas e/ou floração, geralmente é notado a partir do segundo dia da ocorrência. As glumelas, inicialmente, ficam cloróticas e depois tornam-se marrom, que muitas vezes é confundida com ataque de doenças.

O frio durante a floração e enchimento de grão, também, prolonga o ciclo de genótipos sensíveis. Isto decorre da emissão lenta das panículas e do aumento dos períodos de floração e enchimento de grão.

A fase de diferenciação da panícula apesar de ser vulnerável ao frio na orizicultura irrigada do RS, é protegida das quedas de temperatura, pela lâmina d'água, tendo em vista situar-se quase no colo da planta.

#### ***Observações gerais sobre a cultura do arroz no RS***

As temperaturas anormais do ar, geralmente tem ocorrido entre 25/01 e 20/02, atingido por volta de dez

graus Celsius. As quedas ocorrem com mais freqüência entre 2:00 e 8:00 horas, chegando a perdurar por cerca de quatro horas.

A amplitude térmica entre o dia e a noite, tem afetado mais o arroz do que piques isolados de temperatura.

Frio continuado, também, tem causado mais dano aos arrozais que, apenas, uma queda brusca i.e. temperaturas ao redor de 15 graus Celsius por mais de três dias afetam mais que dez graus por um ou dois dias.

A Zona Sul, por ter maior latitude (fator climático ligado a temperatura), alta umidade relativa (por estar quase ao nível do mar e ser cercada por lagoas ver Figura 1) e estar mais próxima a orla atlântica e ao Polo Sul (sofrendo a influência de correntes de ar), é a região orizícola mais afetada pelo frio.

Como foi visto na revisão, o frio na fase final do enchimento do grão é altamente benéfico a produção de arroz. O alongamento do período, propicia à planta fotossintetizar mais. O produto fotossintético, nesta fase, é dirigido quase que exclusivamente para o enchimento de grão. Tal fenômeno tem ocorrido com freqüência na orizicultura sulina, notadamente a da Zona Sul. Isto certamente é uma das razões de altos rendimentos observados nesta região, em determinadas safras.

Também, tem sido notado que genótipos com alto afilhamento, cultivados sob moderada densidade populacional, apresentam melhor recuperação perante a ocorrência de frio. A alta densidade ocasiona emissão de perfilhos sincronizada, o que não é favorável sob tal condição.

#### **ESTRATÉGIA DO PROGRAMA DE MELHORAMENTO GENÉTICO PARA TOLERÂNCIA AO FRIO NO CPATB**

No desenvolvimento de novos genótipos de arroz irrigado para Rio Grande do Sul, na atual e projetada conjuntura orizícola, é necessária, alta e estável produtividade; grão de elevado valor tecnológico; ciclo tendendo a precoce; altura adaptada a colheita

mecânica; boa capacidade competitiva com plantas invasoras e baixa exigência de insumos agrícolas. A estabilidade produtiva, é obtida pela introgressão, nas cultivares comerciais, de genes de tolerância aos estresses ambientais, principalmente frio e brusone (*Pyricularia oryzae* Cav.).

#### **Triagem de germoplasma de arroz para tolerância ao frio**

##### ***Na fase vegetativa***

A triagem de genótipos tolerantes ao frio na fase de germinação-emergência, tem sido feita, principalmente em condições naturais, através de semeaduras bem no cedo, ou seja, na primeira quinzena de outubro.

Os materiais procedem de vários locais dentre eles Califórnia, Coréia e Chile. Nos testes participam genótipos locais, inclusive arroz daninho (arroz vermelho e preto) e cultivares testemunhas, tolerantes e sensíveis as baixas temperaturas.

O número de dias para emergir, coloração das plântulas até aos 21 dias, vigor e altura de plântulas, são, presentemente, os parâmetros mais considerados na avaliação.

A temperatura do solo é registrada por geotermógrafo colocado junto ao local do ensaio.

##### ***Na fase reprodutiva***

Todos os arrozes são semeados tardiamente, ou seja fora da época normal de semeadura de arroz, visando expor as plantas a condições de efetivo frio durante o período reprodutivo.

Os testes são realizados em condições de campo e em dois locais da Zona Sul, Capão do Leão e Santa Vitória do Palmar. O último, fica no extremo sul do estado e é, certamente, um dos locais do Brasil mais apropriado á testes de triagem para tolerância ao frio em arroz.

Participam dos testes todas as linhagens do programa de melhoramento, materiais introduzidos, prin-

cipalmente, do Japão, USA, Chile, Coréia, Taiwan, CIAT-Colombia, China e Uruguai, além daqueles que compõem e IRCTN (INTERNATIONAL RICE COLD TOLERANCE NURSERY) do IRRI. Entram, também, na triagem, as plantas selecionadas em lavouras comerciais do Estado, notadamente as precoces e as testemunhas, tolerante, precoce e sensível.

Os parâmetros principais de avaliação, utilizados, atualmente, na identificação de fontes, são: taxa de esterilidade; exserção de panicula; coloração das glumelas após o frio; altura e tipo de planta e pêsso de 1000 grãos.

A temperatura do ar é registrada por termohigrógrafo posto no local do experimento.

A produtividade é avaliada, após o material ter mostrado, além de tolerância ao frio, boa aceitabilidade fenotípica, onde são consideradas outras características, como tipo e qualidade tecnológica de grão, reação à brusone e ferro da solução do solo.

Até o presente, já foram testados mais de 1000 genótipos. Só na safra 87/88, foram estudados 624 materiais procedentes do Chile, via CIAT-Colombia. Sem exceção, todos emergiram entre 20 e 30 dias dada a baixa temperatura do solo, enquanto as testemunhas tiveram emergência dentro dos primeiros 20 dias após a semeadura.

#### **Melhoramento propriamente dito**

Os métodos clássicos de melhoramento como introdução, seleção e cruzamento controlado são os mais usuais dentro do programa como estratégia para desenvolver genótipos tolerantes ao frio do RS. O programa conta, também, com técnicas auxiliares, como uso da cultura "in vitro" de anteras e de avanço ou "geração de inverno".

No programa de melhoramento de arroz do CPATB, via cruzamento controlado, foram utilizadas para tolerância ao frio na fase vegetativa, até a safra de 1987/88, as fontes constantes no Quadro 1. As hibridações visam incorporar tal característica nas cultivares comerciais, em destaque atualmente na lavoura gaúcha.

Fase reprodutiva	Ciclo precoce	Fase vegetativa
OIRASE*	CL Seleção 62a	EEA 405
SHIMOKITA*	CL Seleção 63	EEA 405
SOME-WAKE*	CL Seleção 64	BICO TORTO
CALROSE-76*	CL Seleção 61	LEBONNET
TOWADA*	CL Seleção 66	ARROZ PRETO
JC 99*	CL Seleção 6	ARROZ VERMELHO
TATSUMI-MOCHI*	CL Seleção 84	L 201
KAOSHIUNG 68*	CL Seleção 90	L 202
WX 509A	CL Seleção 3b	BR-IRGA 411
WX 489	CL Seleção 121	BR-IRGA 413
TAINAM N 5	BR-IRGA 414	BRAZOS
TAIWAN N 1	BLUEBELLE	CALORO*
FUJISAKA N 5*	LABELLE	FARROUPILHA*
FUJIMINORI*	IRGA 172-F4SS-58	IAS-12-9 FORMOSA*
PRATÃO	IRGA 181-F4SS-73	LINHA GRANDE
DOURADO PRECOCE	IRGA 174-F4SS-10-1F	
TY 12*	RU 8003005	
ISHIKARY*		
HAYAYUKI*		
SILEWAH*		
LEMONT		
ZHO FEE N 10		
DIAMANTE		
CHINA 1039		
SUWEON 235*		
YAMABIKO*		

*\*Pertence a sub-espécie japônica.*

### Quadro 1.

Relação de genótipos de arroz que estão sendo usados no CPATB/EMBRAPA, como fonte genética de tolerância ao frio de acordo com a fase ou ciclo.

Os arrozes do tipo daninho como o arroz preto, tem reconhecidamente alto vigor em solo frio, apesar de possuir o pericarpo de coloração que vai do vermelho característico até quase branco. Os genótipos com tais características i.e. alto vigor, são retrocruzados para que existe certeza da introgressão dos genes para o novo híbrido. Isto em parte, tem sido devido a pouca informação existente sobre a herdabilidade da característica.

No programa, o uso de genótipos de ciclo precoce tem recebido grande atenção. Não só por ser um redutor do custo de produção, em razão de consumir menor quantidade de água, mas também, por facilitar a evasão nos períodos em que o frio é mais prejudicial ao arroz. Os materiais enlistados no Quadro 1, são as fontes de precocidade que tem sido usadas no CPATB na atualidade. Muitas linhagens com este tipo de ciclo foram obtidas e já estão participando dos insaios de níveis avançados, como o regional, conduzido em todas as regiões orizícolas do Rio Grande do Sul, em

cooperação com a Estação Experimental do Arroz (EEA) do IRGA.

Os materiais tolerantes ao frio na fase reprodutiva identificados no Quadro 1, muitos considerados em suas regiões de origem como altamente resistentes, são os que vem sendo utilizados, mais comumente, como fontes nos cruzamentos.

Algumas cultivares são tidas como tolerantes nos seus países, como Hayayuki, Ishikari, Some-Wake, Oirase, TY 12, Towada, Shimokita e Selewah no norte e extremo norte do Japão; Calrose-76 nos Estados Unidos; Zho Fee N 10 em Taiwan; Diamante no Chile; China 1039 e RP Kn-2 ambas usadas como testemunhas no IRCIN/78 do IRRI- nas Filipinas.

Atualmente já foram realizados mais de 400 cruzamentos dos tipos: simple, múltiplo e retrocruza. Os dois últimos, são mais recentes dentro do programa, tendo em vista que a maioria das fontes que vinham

sendo usadas, pertencem à sub-espécie japônica. Esta sub-espécie tem grão curto, tipo de pouco valor comercial hoje no RS, e nas condições da Zona Sul, tem apresentado alta sensibilidade à brusone, característica esta que foi transmitida a alguns híbridos, os quais foram dizimados totalmente.

A técnica da cultura "in vitro" de anteras, tem sido usada, principalmente para fixar mais rapidamente genótipos híbridos ( $F_1$  e  $F_2$ ), provenientes de cruzamentos múltiplos e retrocruzados. Isto tem reduzido o tempo de obtenção de linhas puras, em mais de 60 por cento daquele gasto pelos métodos convencionais, principalmente se for considerado que na composição dos híbridos, em geral, participam pais geneticamente distantes (sub-espécie índica e japônica).

As populações híbridas, incluindo as segregantes ( $F_2$  e  $F_3$ ), tem sido conduzidas, pelos métodos combinados de população e genealógico mais popularmente. Basicamente consiste em levar as populações até por volta da geração  $F_5$  pelo método de "bulk" -modificado e depois são conduzidas pelo genealógico.

Por problemas conjunturais da própria EMBRAPA, as gerações são toas semeadas no tarde, para haver uma pressão de seleção natural sobre as plantas. Tendo em vista a queda normal das temperaturas (Figura 2) ao final da safra agrícola do arroz, no Estado. Sob tal condição conjuntural, a preferência recai na identificação de plantas tolerantes na fase reprodutiva, pelo fato de que os danos do frio no arroz, são maiores nesta fase.

Várias linhas obtidas com auxílio da técnica da cultura de anteras já estão na relação dos ensaios comparativos da safra 89/90. Alguns até já participaram dos ensaios preliminares, porém por terem apresentado grãos com centro branco, foram descartados dos ensaios. Aquêles com bom comportamento agrônômico voltam ao programa de cruzamentos visando melhorar a qualidade e grão.

Algumas linhagens, supostamente com genes de tolerância ao frio, oriundas da metodologia convencional de melhoramento, estão participando dos ensaios de

produtividade com desempenho aceitável até a presente data.

### RESULTADOS JÁ ALCANÇADOS PELO PROGRAMA PARA MINIMIZAR O FRIO EM ARROZ IRRIGADO NO RS

Em 1985, a pesquisa gaúcha liberou para o cultivo comercial a cultivar BR-IRGA 411, tolerante ao frio na fase de germinação-emergência, embora tal genótipo não venha apresentando rendimento satisfatório na lavoura de modo geral, foi lançada com o objetivo de ser uma alternativa para aquêles produtores que cultivam a Bluebelle. Genótipo este, reconhecidamente, sensível ao frio nas sementeiras do cedo, notadamente na Zona Sul.

A cultivar BR-IRGA 413, liberada a lavoura riograndense em 1986, apresenta bom vigor inicial em sementeira precoce, em comparação com todas as outras do seu tipo, como BR-IRGA 409, 410 e 412.

Em 1987, foi liberada ao cultivo de arroz do Estado a BR-IRGA 414, a primeira cultivar precoce, produto da pesquisa do CPATB e da EEA. Mais recentemente (Junho/89), saiu BR-IRGA 415, a segunda cultivar de ciclo precoce.

Importantes fontes de tolerância ao frio foram identificadas como Bico Torto, EEA 406 e Linha Grande para a fase vegetativa e Lemont e Zho Fee N 10 para a fase reprodutiva. Foi observado, também, que os genótipos que possuem sementes longas e largas germinam mais rápidos em solo frio.

Também, foram obtidas muitas linhas de ciclo precoce, como CL Seleção 62a, CL Seleção 61, CL Seleção 90 e CL Seleção 3b entre outras tantas. Todas já estão sendo testadas nos ensaios de produtividade à nível regional, algumas em vias de multiplicação de sementes, visando futuro lançamento.

As cultivares BR-IRGA 409, 410, 411, 412 e 413, não devem ser semeadas tardiamente em qualquer região orizícola do RS e principalmente na Zona Sul. Nesta região, as produções caíram bastante, quando tais genótipos foram semeados além de 15 de novembro, a partir de experimentos conduzidos em Santa Vitória

do Palmar, onde o frio é quase uma constante durante o cultivo do arroz.

A prática de "afogamento" da lavoura, é uma recomendação da pesquisa realizada na Zona Sul, onde foi constatada diferenças significativas de produção. Isto consiste em elevar o nível da lamina d'água ate 20-25 cm, por cêrca de 15 dias, durante a fase emborrachamento da planta, tecnicamente conhecida como microsporogênese. Esta fase pode ser reconhecida pela justaposição dos colares da folha bandeira e penúltima folha. Tal prática tem princípio na função termoreguladora da água de irrigação, em regiões temperadas onde é comun ocorrer grande amplitude térmica durante algumas fases da cultura do arroz.

Pelas observações feitas durante a triagem foi constatado que certas características agroindustriales desejadas no programa, como resistência à brusone e qualidade tecnológica do grão, não associam muito bem com tolerância ao frio, principalmente na fase reprodutiva. Também, genótipos tolerantes na fase de emergência nem sempre continuam com tal característica na fase reprodutiva.

#### LITERATURA CITADA Y CONSULTADA

- AIMI, R. and SAWAMURA, H. (1959) The effect of temperature on translocation of 32p in rice plants: physiological investigation of the mechanism of ripen of crop plants (with English summary). **Proc. Crop. Sci. Japan.** 28:41-43.
- BEACHELL, H. M.; KHUSH, G. S.; AQUINO, R. C. (1972) IRRI's international breeding program. In: IRRI, Los Baños, Philippines. **Rice Breeding.** Los Baños, Philippines. p. 89-106.
- CHANG T. T. & OKA, H. I. (1976) Genetic variousness in the climatic adaptation of rice cultivars. In: IRRI, Los Baños, Philippines. **Cilme and Rice.** Los Baños, Philippines. p. 87-111.
- ERICSON, J. R. (1968) Rice genetic investigations. U. S. DEP. ANN. REP., **Rice Exp. Sta. Blggs.** California.
- FUTSUHARA, Y. & TORIYAMA, K. (1966) Genetic studies on cold tolerance in rice. III. Linkage relation between genes controlling cold tolerance and marker genes of Nayao and Takahashi. **Jap. J. Breed.** 16:231-242.
- & TORIYAMA, K. (1969) Genetic studies on cold tolerance in rice. VI. Direct and indirect effects of selection of cold tolerance (Japanese summary). **Jap. J. Breed.** 19:286-292.
- & KIKUCHI, F. (1984) Gene analysis for agronomic traits. In: TSUNODA, S. & TAKAHASHI, N. **Biology of Rice.** Eds. Japan Sci. Soc. Press, Tokyo. p. 275-291.
- HAYASE, H.; SATAKE, T.; NISHIYAMA, I.; ITO, N. (1969) Male sterility caused by cooling treatment at the meiotic stage in rice plants. In: The most sensitive stage to cooling the fertilizing ability of pistils. **Proc. Crop. Sci. Japan.** 38:706-711.
- HOSHINO, T.; MATSUSHIMA, S.; TOMITA, T.; KIKUCHI, T. (1969) Analysis of yield determining process and its application to yield prediction and culture improvement of lowland rice. 88 Combined effect of air-temperature and water temperature in seedling periods on the characteristics of seedlings of rice plants (with English summary) **Proc. Crop. Sci. Soc. Japan.** 38:273-278.
- INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ (1988) Levantamento da área plantada por cultivares. **Lavoura Arrozela,** 41(380), p. 41.
- JENNINGS, P.; COFFMAN, W. R.; KAUFFMAN, H. E. (1979) In: IRRI. Los Baños, Philippines. **Rice Improvement.** Los Baños, Philippines. p. 1-186.
- KANEDA, C. & BEACHELL, H. M. (1972) Resistence of japonica x indica breeding lines to low temperature. In: IRRI. **Rice Breeding.** Los Baños, Philippines. p. 541-548.
- KINOSHITA, T. (1984) Gene analysis and linkage map. In: TSUNODA, Press, Tokyo p. 187-273.
- LI., C. C. (1975) Inheritance of cool-temperature seedling vigor in rice (*Oryza sativa* L.) and its relationship with other agronomic characters. **Ph. D. Dissertation.** University of California, Davis.
- MITSUI, S. (1941) Physiological studies on the rice plant with special reference to the crop failure caused by the ocorrence of unseasonable low temperature (with English summary). **Proc. Crop. Sci. Soc. Japan.** 12:228-232.
- MURAKAMI, K.; KAWAGUCHI, K.; MIZUSHIMA, U. (1958) Histo-chemical anomalies in anther tissues of rice plants, (*Oryza sativa* L.), under artificial low temperature conditions with reference to the intervarietal difference in cold resistance (with English summary). **Japanese J. Breeding.** 8:119-127.
- NAKAYAMA, T. and ISHIZUKA, Y. (1973) A description of cold damage to rice in Hokkaido. In: ISHIZUKA, Y.; SHIMAZAKI, Y.; TANAKA, A.; SATAKE, T.; NAKAYAMA,



- T. **Rice growing in a cool environment.** Taipei-Taiwan, Food & Fertilizer Technology Center-ASPAC Cap. 1, p. 8-21.
- NISHIYAMA, I.; ITO, N.; HAYASE, H.; SATAKE, T. (1969) Protecting effect of temperature and depth of irrigation water from the sterility caused by cooling treatment at the meiotic stage of rice plant (with English summary). *Proc. Crop. Sci. Soc. Japan.* 38:554-555.
- ORMROD, D. P. & BUNTER, W. A. (1961) The evaluation of rice varieties for cold water tolerance. *Agron. J.* 53:133-34.
- RUTGER, J. N. & PETERSON, M. L. (1979) Cold tolerance of rice in California. In: IRRI. Los Baños, Philippines. **Rice Cold Tolerance Workshop.** Los Baños, Philippines. p. 101-04.
- SAKAI, K. (1937) Unfruitfulness due to low temperature treatment during meiosis in rice. Preliminary note (with English summary) *J. Sapporo Soc. Agr. and Forest.* 139:217-221.
- (1949) Cyto-histological and thermatological studies on sterility of rice in northern parts of Japan, with special reference to abnormal hypertrophy of tepetal cells due to low temperature (with English summary). *Res. Bull. Hokkaido Agr. Expt. Stat.* 43:146.
- SATAKE, T. and HAYASE, H. (1970) Male sterility caused by cooling treatment at the meiotic stage in rice plants. V. Estimations of pollen development stage and the most sensitive stage to coolness. *Proc. Crop. Sci. Soc. Japan.* 39:468-473.
- and TANAKA, A. (1973) The physiological effects of cold temperatures on the rice plants. In: ISHIZUKA, Y.; SHIMAZAKI, Y.; TANAKA, A.; SATAKE, T.; NAKAYAMA, T. **Rice growing in a cool environment.** Taipei-Taiwan, Food & Fertilizer Technology Center ASPAC. Cap. 2, p. 22-54.
- SHAHI, B. B. & KHUSH, G. S. (1985) Genetic analysis of cold tolerance in rice. In: IRRI. Los Baños, Philippines. **Rice Genetics.** Baños Philippines, p. 429-35.
- SHIBATA, M.; SASAKI, K.; HONMA, A. (1969) A study on the response to the nitrogen, phosphoric acid and potash of rice varieties (with English summary). *Jap. J. Breeding.* 19:28-38.
- SHIMAZAKI, Y.; DOI, Y.; ITO, N. (1960) Drift of growth and fertility of rice plants influenced by the low temperature in several growth stages (studies of cool weather injuries of rice plants in northern part Japan I) (with English summary). *Res. Bull. Hokkaido Natl. Agr. Expt. Stat.* 75:7-15.
- SATAKE, T., WATANABE, K.; ITO, N. (1964) Effect of day and night temperature accompanied by shading treatment during the booting stage upon induction of sterile spikelets in rice plants (Studies of cool weather injuries of rice plants in northern part of Japan IV) - with English summary. *Res. Bull. Hokkaido Natl. Agr. Exp. Stat.* 83:10-16.
- (1973) an outline of rice breeding in Hokkaido. In: ISHIZUKA, Y.; TANAKA, A.; SATAKE, T.; NAKAYAMA, T. **Rice growing in a cool environment.** Taipei-Taiwan, Republic of China. Food & Fertilizer Technology Center-ASPAC. Cap. 3. p. 55-63.
- TANAKA, M. (1962) Studies on the growth of lowland rice caused by cool water irrigation and delayed heading (with English summary) *Res. Report Aomori Agr. Exp. Stat.* 7:1-107.
- TAKAHASHI, J.; YANAGISAWA, M.; KONO, M.; YAZAWA, F.; YOSHIDA, T. (1955) Studies on nutrient absorption by crops (with English summary). *Bull. Natl. Inst. Agr. Sci.* 4:1-83.
- TERAO, H.; OTANI, Y.; DOI, Y.; IZUMI, S. (1941) Physiology studies of the rice plants with special reference to the crop failure caused by the occurrence of unseasonable low temperature (VIII). The effect of various low temperature on the panicle differentiation, heading and ripening in the different stages after transplanting to heading (with English summary). *Proc. Crop. Sci. Soc. Japan.* 13:317-335.
- TERRES, A. L.; GALLI, J.; RIBEIRO, A. S. (1981) Avaliação em arroz para tolerância ao frio. *Pesq. Agropec. Bras., Brasília.* 16(2). p. 1.
- GALLI, J. (1985) Efeitos do frio em cultivares de arroz irrigado no Rio Grande do Sul-1984. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária de Terras Baixas de Clima Temperado, Capão do Leão, RS. **Fundamentos para a cultura do arroz irrigado.** Campinas, Fundação Cargill, p. 83-94.
- (1987) Mejoramiento del arroz irrigado para la tolerancia a las temperaturas bajas. In: CIAT. **Resultados de viveros de arroz: segundo semestre 1986. Call, CIAT-Programa de Pruebas Internacionales de arroz para América Latina,** p. 103-4.
- TORIYAMA, K. & FUTSUHARA, Y. (1960) Genetic studies on cool tolerance in rice. I. Inheritance of cool tolerance (with English summary). *Jpn. J. Breed.* 10:143-52.
- VERGARA, B. S. (1980) Rice plant growth and development. In: LUH, Bor S. **Rice: Production and Utilization.** Avi. Publishing Company, Inc. Westport, Connecticut. p. 75-86.



# Mejoramiento del arroz en Chile por tolerancia a frío

por José Roberto Alvarado A.\*  
y Pablo Grau B.\*

## INTRODUCCIÓN

El clima del área arrocera en Chile es del tipo mediterráneo, con cuatro estaciones bien marcadas, lo que limita el cultivo del arroz a los meses del primavera y verano, obteniéndose sólo una cosecha al año. Considerando el régimen de temperatura, el IRTP ha clasificado a Chile en el grupo VIB (IRRI, 1983), al compararlo con otras áreas. Esta clasificación implica la presencia de temperaturas bajas en más de una etapa del cultivo. Por esta razón, el germoplasma extranjero ha presentado poca adaptabilidad a las condiciones ambientales imperantes en el país, ya que normalmente se presentaban temperaturas bajas para el arroz durante la etapa de germinación y la etapa reproductiva. Esta situación ha encaminado parte de los trabajos de investigación que realiza el programa arroz del INIA a conocer los efectos que las temperaturas bajas producen en el desarrollo del cultivo del arroz, cuantificar este efecto y desarrollar una metodología que permita conocer la tolerancia al frío del germoplasma nacional e introducido.

## TEMPERATURA Y CRECIMIENTO DEL ARROZ

En uno de los primeros trabajos destinados a conocer el efecto del clima sobre el comportamiento del arroz, (Alvarado, Miranda y Fuentes, 1975), se buscó relacionar diferentes parámetros climáticos con el rendimiento de arroz, encontrándose una relación positiva alta entre la sumatoria de temperaturas medias durante el período del cultivo y el rendimiento de grano

medio de la provincia de Ñuble (Figura 1). Durante el período analizado (1965-1974) el arroz se cultivaba sin mayor uso de tecnología y todavía no entraban al cultivo masivo variedades mejoradas como Oro y Diamante. La utilización de mejor tecnología y el uso de variedades mejoradas ha incrementado significativamente los niveles de rendimiento y es así que se pueden observar tres estratos de rendimiento, que se diferencian por el nivel de tecnología usada. En cada estrato se observa la misma tendencia, aumentos de rendimiento al incrementarse la temperatura (Figura 1). De acuerdo a esto, en forma general se puede decir que es posible esperar rendimientos bajos, cuando la sumatoria de temperaturas es menor a 2700°C, intermedios cuando la sumatoria de temperaturas varía entre 2700°C y 2850°C y altas cuando la sumatoria de temperaturas medias es mayoría 2850°C.

Al comparar las temperaturas mensuales con el crecimiento del arroz, se puede apreciar que durante los períodos de germinación y plántula, meiosis y floración normalmente se presentan temperaturas bajas que afectan el arroz en cada una de esas etapas (Figura 2). La experiencia del productor arrocero nos señala que ellos han sufrido problemas en los arrozales precisamente en estas etapas, produciéndose bajas poblaciones de arroz y alta esterilidad en algunos años. Las mediciones realizadas en el programa de arroz a través del tiempo, señalan la misma situación. Con el conocimiento actual, el efecto de las temperaturas bajas se ha podido clasificar según el tipo de daño, los que se presentan en el Cuadro 1.

### Efecto de las temperaturas bajas durante los primeros estados de crecimiento

Podemos considerar tres estados de desarrollo: germinación, semilla pregerminada y plántula.

\* Programa Arroz, Estación Experimental Quilamapu/ INIA, Chile.

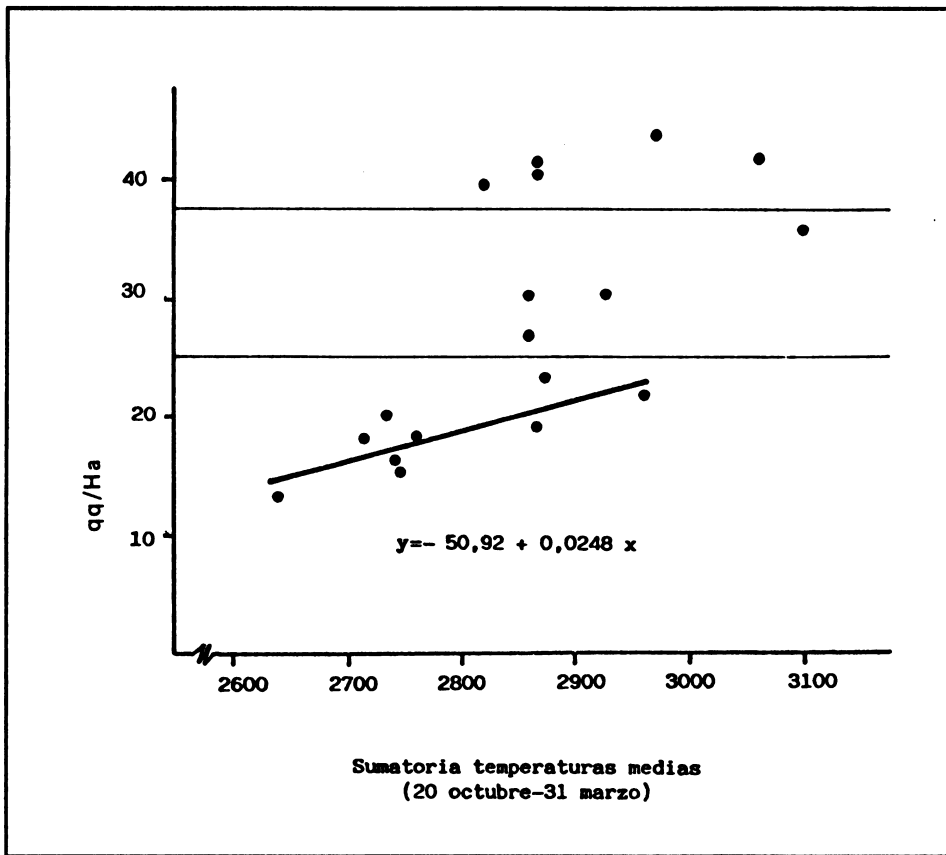


Figura 1.  
Relación entre la sumatoria de temperaturas medias y el rendimiento promedio de arroz en la provincia de Ñuble, Chile

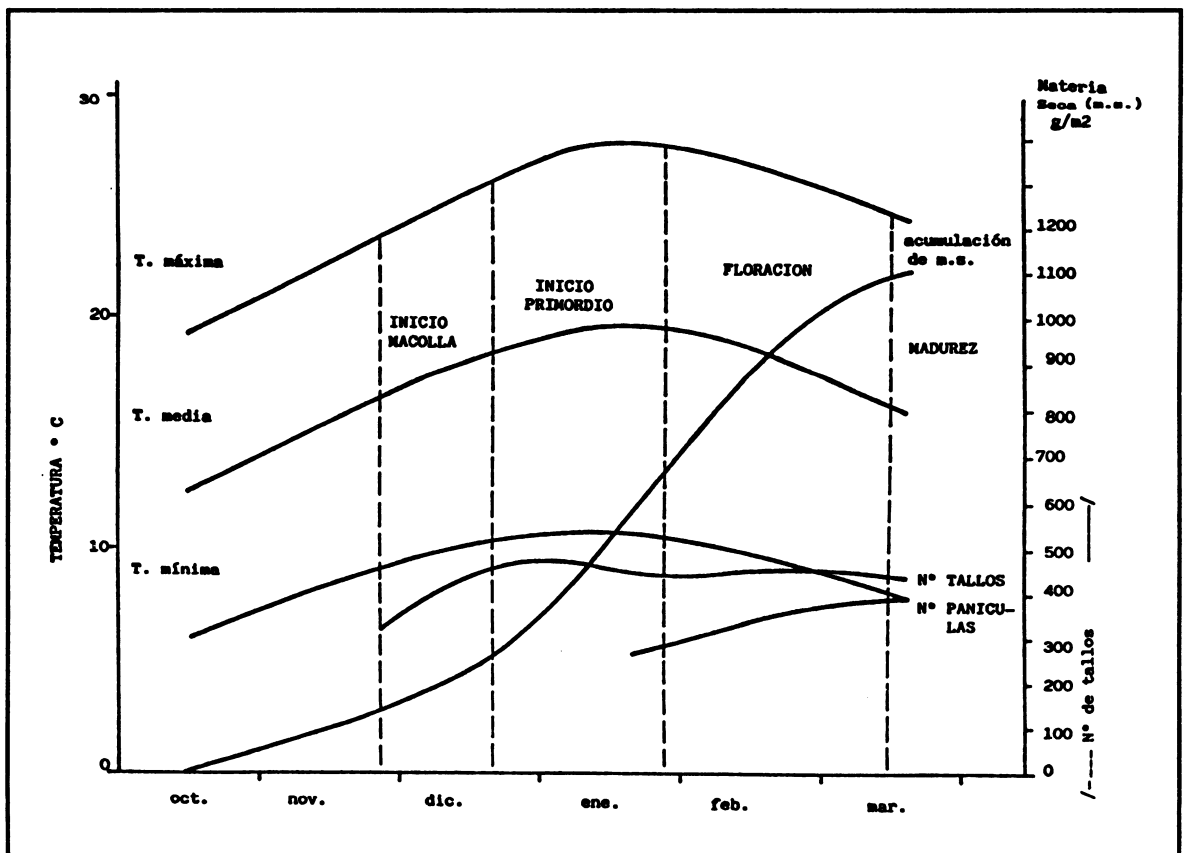
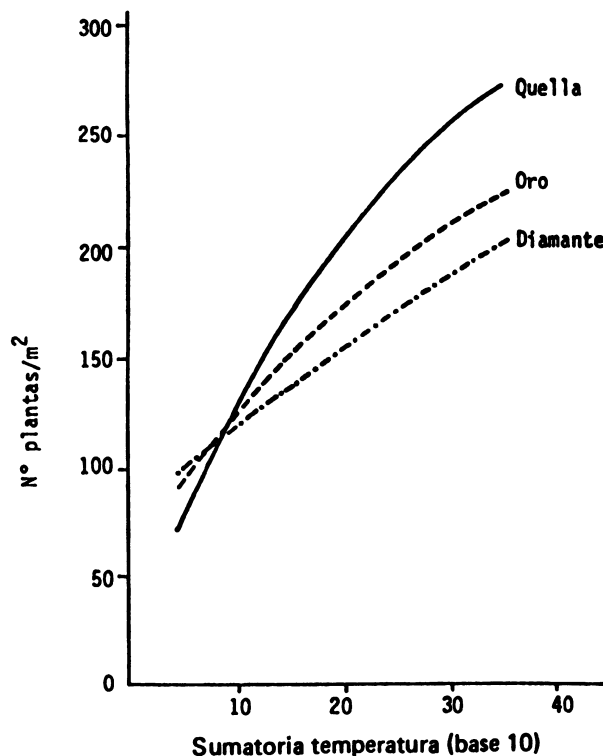


Figura 2.  
Temperaturas medias y crecimiento del arroz en Chile

Etapa de crecimiento	Tipo de daño
Germinación	Baja germinación
Plántula	Decoloración de la hoja
Hasta floración	Decoloración, atraso en la floración, algunos no alcanzan a madurar.
Meiosis y floración	Inhibición de la formación de polen y espiguillas (alta esterilidad).
Panículas	Mala ejerción
Madurez	Inhibición llenado grano, decoloración.

**Cuadro 1.**  
Tipo de daño producido por temperaturas bajas en Chile.

En general la evaluación de campo que se realiza es una sola, y ha estado basada en el número de plantas por superficie en relación a las variedades comerciales que son consideradas como testigos tolerantes. Las primeras evaluaciones se realizaron en tres variedades Quella, Diamante y Oro, sembradas en fechas diferentes. Se encontró que el número de plantas/m<sup>2</sup> obtenidas, se relacionaba con la sumatoria de la temperatura base 10 de los primeros cinco días de siembra (Figura 3). Esto mostró que una de las formas para poder diferenciar la tolerancia a temperaturas bajas consistía en sembrar el germoplasma en fechas diferentes: temprana (setiembre y primeros días de octubre) donde existe gran probabilidad de frío durante la primera época de crecimiento y siembras tardías con presencia de temperaturas mayores durante este primer período de crecimiento. Es así, que durante la temporada 1985/86 se inició una metodología de selección sembrando el germoplasma en tres fechas. En el Cuadro 2, se presentan los resultados de la evaluación de 100 variedades y líneas sembradas durante 1985/86 en tres fechas de siembra, donde se



*Figura 3. Relación entre número de plantas/m<sup>2</sup> y la sumatoria de temperatura (base 10) durante los primeros cinco días.*

compara la población obtenida por las líneas con la obtenida por la variedad Diamante.

En la tercera fecha se presentaron problemas de otra índole, como alta presencia de algas, lo que afectó esta medida de tolerancia a frío en algunas de las líneas.

Es interesante señalar que en la época más fría, siembra del 15 de setiembre, alrededor de un 16 por ciento de las líneas y variedades presentaron una población igual o superior al testigo, y que esto aumentó a un 45 por ciento en la segunda fecha.

El material utilizado, estaba compuesto por líneas avanzadas y estabilizadas, líneas en estudio, mutantes y material introducido. Los resultados obtenidos con el germoplasma introducido se presentan en el Cuadro 3. Es posible observar una situación bastante diferente a la presentada en el Cuadro 2. En la primera y segunda fecha todo el germoplasma introducido presentó una alta susceptibilidad al frío, 100 por ciento y 87,5 por ciento respectivamente en el rango de 0-10 por ciento de plantas sobre el testigo tolerante. Sólo en la tercera

fecha algunas líneas presentaron una población similar al testigo.

Parte del material estudiado en esa temporada, se volvió a estudiar durante 1986/87, y se encontró que existían algunas líneas con mejor comportamiento que los testigos tolerantes, como las que se presentan en el Cuadro 4.

Sólo en la línea Quila-71902, no se encuentra material chileno, ya que uno de los padres es de origen japonés y el otro es de origen francés. En ambos países, el arroz se cultiva en clima templado al igual que en Chile.

En CIAT (Mejías, 1988) se realizó un trabajo en el que se desarrollaron metodologías para medir tolerancia al frío en las etapas de germinación, semilla pregerminada y plántula. fue relacionado el comportamiento de las líneas estudiadas con testigos tolerantes provenientes de Chile y se encontró una serie de líneas con tolerancia en estas etapas. Parte de esas líneas fueron estudiadas en Chile, encontrándose coincidencias entre los dos métodos (Cuadro 5).

**Cuadro 2.**  
Tolerancia a frío  
(Nº de plantas/m<sup>2</sup>) en  
relación al testigo, de  
700 variedades y  
líneas, en tres fechas  
de siembra.

% sobre el testigo Tolerante *	% de líneas		
	Fecha de siembra		
	15 set.	5 oct.	29 nov.
0-10	25,5	13,1	12,0
11-30	20,9	4,6	11,7
31-50	13,3	6,3	7,4
51-70	15,9	13,6	12,7
71-90	8,0	17,1	14,4
91-100	3,7	15,3	8,7
+100	12,7	30,0	22,3

\* % =  $\frac{N^{\circ} \text{ de plantas genotipo}}{N^{\circ} \text{ plantas testigo}} \times 100$

% sobre el testigo tolerante	% líneas		
	Fechas de siembra		
	15 set.	5 oct.	29 nov.
Nº de plantas/m² *			
0 - 10	100	87,5	59,1
11- 30	0	10,2	26,1
31- 50	0	2,3	2,3
51- 70	0	0	8,0
71- 90	0	0	3,4
91-100	0	0	0
+ 100	0	0	1,1

\*  $\% = \frac{\text{Nº de plantas genotipo}}{\text{Nº plantas testigo}} \times 100$

Cuadro 3.  
Tolerancia a frío (Nº plantas/m²) en relación a testigo tolerante de variedades y líneas introducidas (1985-86).

Cuadro 4.  
Líneas con tolerancia al frío en la etapa de germinación-plántula mejor que los testigos

Líneas	Progenitores
Quila-64108	Oro/Diamante
Quila-67103	Diamante/Ñiquén
Quila-67108	Diamante/Ñiquén
Quila-68004	Diamante///Krasn/Gall/KtH1-1
Quila-70602	IR2061-2062 ch 2//Diamante/Ñiquén
Quila-71902	Fujisaka/Delta

Líneas	Porcentaje testigo tolerante				
	Semilla (1) seca	Semilla (1) pregerminada	plántula (1)	2 oct.	19 oct. (2)
CINIA-48	100	89	100	133	166
CINIA-169	109	100	100	86	113
CINIA-153	100	100	100	113	93
CINIA-223	91	84	100	120	124
CINIA-107	86	54	100	60	80

(1) Análisis realizado en CIAT (Mejías, 1988).  
(2) Sobre promedio de testigos, Diamante, Quella y Oro. Estación Experimental Quillamapu, sembrados el 2 y el 19 de octubre, 1987.

Cuadro 5.  
Algunas líneas que presentan tolerancia al frío en condiciones de laboratorio y campo.

A pesar de que el material analizado con ambos sistemas es poco, indica que es posible discriminar a nivel de laboratorio con la metodología desarrollada en CIAT acerca de la tolerancia al frío en esta primera etapa de crecimiento del arroz.

**Efecto de la temperatura sobre el período de crecimiento**

La evaluación de los días desde la siembra a la floración, indica que este período varía de acuerdo al año de siembra. El estudio de los datos indicaba que existía una relación entre el largo del período y las temperaturas. En ensayos de épocas de siembra realizadas en años diferentes (1977/78, 1978/79 y 1979/80) se encontró una relación lineal entre temperatura-media y el largo del período (Figura 4), para todas las variedades estudiadas. Durante 1980/81, se relacionó la duración del largo del período de siembra a inicio de macollamiento con las temperaturas medias (Figura 5). Se observa que la relación también

es tipo lineal. Esta situación está de acuerdo a la encontrada por Oldeman, Seshu y Cady (1987) que afirman que una temperatura más alta implica que se acorta el período de la fase fenológica, transplante a floración.

Es necesario caracterizar en mejor forma los diferentes períodos fenológicos y conocer si se poseen materiales que difieran en su comportamiento con respecto a este carácter, aunque mucho del germoplasma extranjero no alcanza a emitir panículas y algunas sólo quedan en etapa vegetativa.

**Efecto de la temperatura en bota y floración**

Utilizando los mismos ensayos de épocas de siembra, se realizó un estudio, en que se relacionó la temperatura con la esterilidad floral que presentaban los arroces en las diferentes fechas. Después de analizar el efecto de varias temperaturas y número de días, se llegó a la conclusión que existía una relación

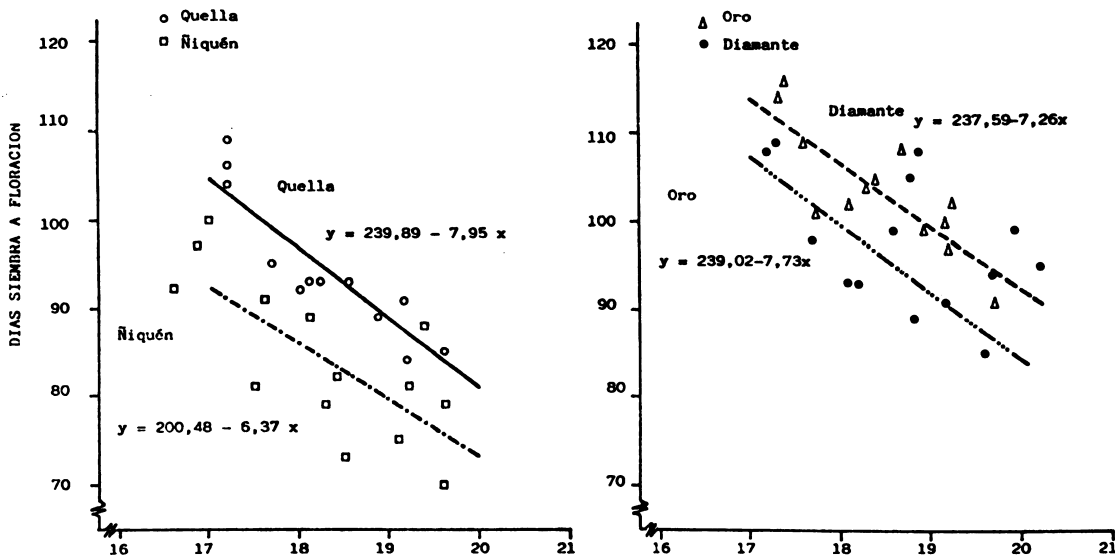


Figura 4. Relación entre temperaturas medias y largo del período siembra a floración en cuatro variedades chilenas.



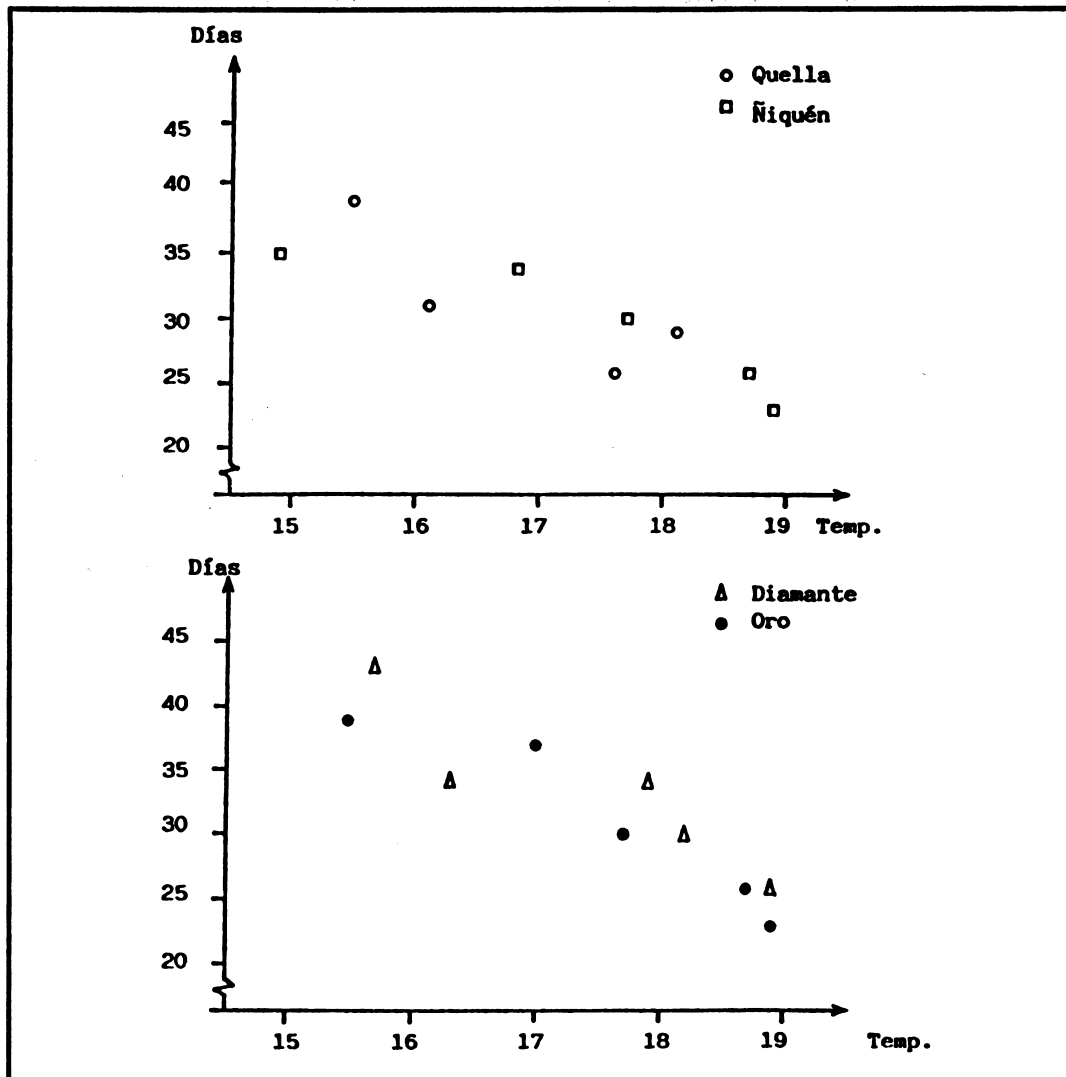
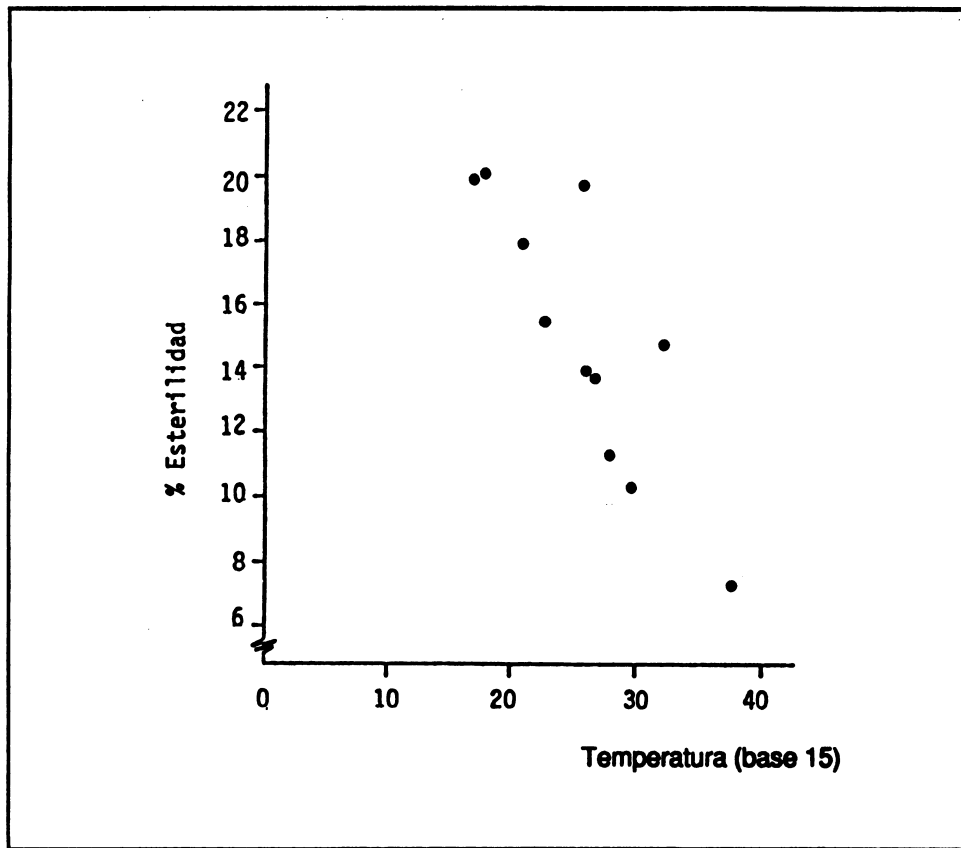


Figura 5. Relación entre temperatura media y largo del período siembra a inicio de macollamiento en cuatro variedades chilenas.

de tipo lineal entre acumulación de temperatura (base 15) y el porcentaje de esterilidad en Ñiquén y Diamante, durante el período de floración. La acumulación de temperaturas fue tomada durante cinco días, dos antes y dos después y el día que se produjo el 50 por ciento de la floración (Figuras 6 y 7). En Quella la situación fue algo diferente y se encontró una mayor relación entre la temperatura y la etapa de término de bota (embuchamiento), período en que probablemente se produce la meiosis (Figura 8). Los resultados indican que en Diamante a un mismo nivel de

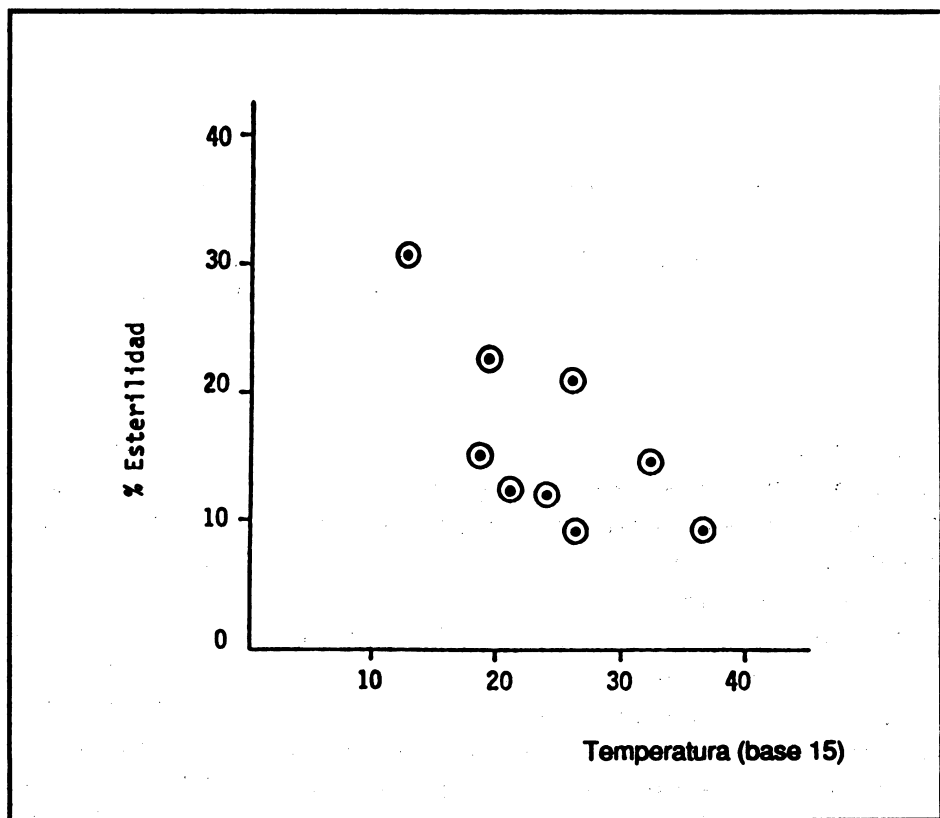
acumulación de temperatura se produce una mayor esterilidad que en Ñiquén y que el efecto de la temperatura se puede producir en ambos estados del período reproductivo.

Estos ensayos señalaban además que la siembra en diferentes fechas, y sobre todo tardías podría servir para discriminar por la tolerancia al frío en esta etapa. Por esta razón durante 1987/88 se realizó una selección en siembras tardías con líneas provenientes del Convenio INIA-CIAT, en el cual se pudo observar que



**Figura 6.**  
*Relación entre la acumulación de temperatura (base 15), durante la floración (5 días) y la esterilidad en la variedad Niquén.*

**Figura 7.**  
*Relación entre la acumulación de temperatura (base 5) durante la floración (5 días) y la esterilidad en la variedad Diamante.*



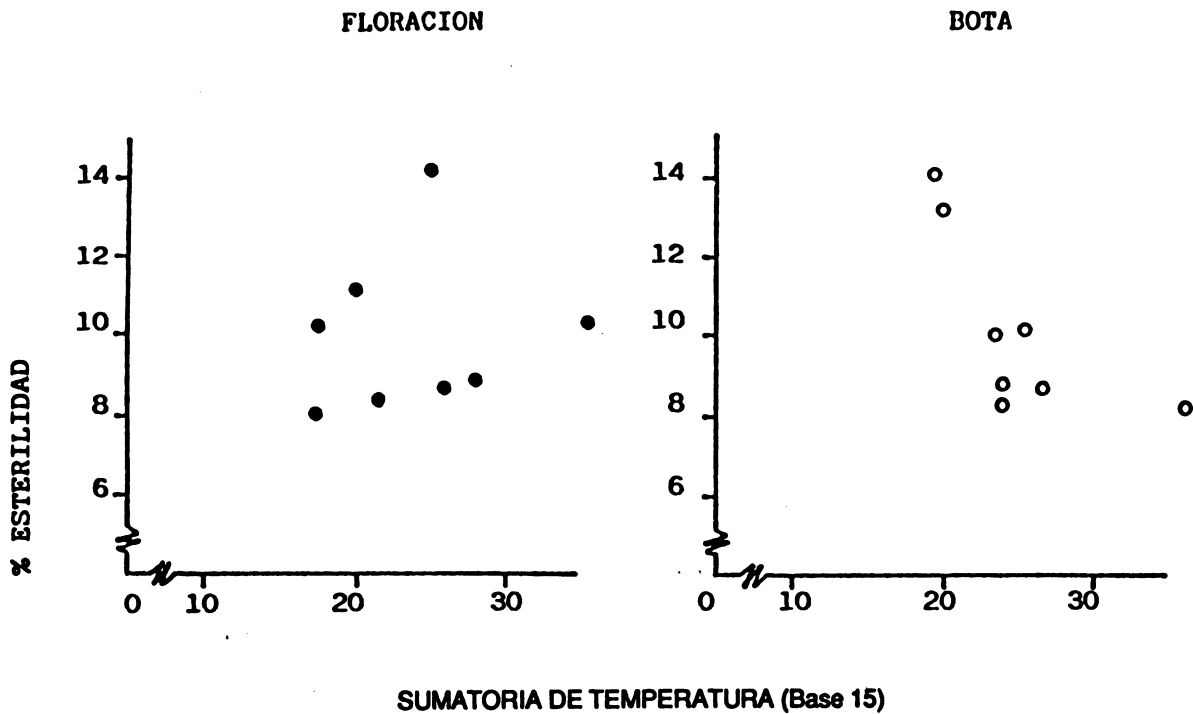


Figura 8. Relación entre la acumulación de temperatura (base 15) y esterilidad durante la floración y meiosis en la variedad Quella.

realmente es posible diferenciar genotipos por diferente tolerancia al frío en esta etapa, tomando como base la esterilidad en los testigos tolerantes (Cuadro 6).

Se puede observar además que Diamante y Oro presentan niveles semejantes de esterilidad, aunque ello depende de la fecha de siembra. Se observa que las variedades Lemont y Blue-Belle son altamente susceptibles a temperaturas bajas y que líneas como CINIA-177 y CINIA-178 presentan un grado de esterilidad similar a los testigos, a pesar de que estas líneas tienen a Lemont como uno de los progenitores.

Es interesante destacar que la tolerancia al frío, en las etapas de crecimiento y de reproducción, no están necesariamente presentes al mismo tiempo, por lo que es necesario evaluar el germoplasma en ambos períodos. Esto se puede apreciar en la línea CINIA-48 (Cuadro 7), la que presenta una mejor tolerancia al frío que los testigos Diamante y Oro en la primera etapa de crecimiento y una alta susceptibilidad en el período reproductivo.

Se puede concluir que es posible diferenciar tolerancia a frío en diferentes genotipos utilizando ya

Variedades y líneas	% de esterilidad			
	Fecha de siembra			
	16 nov.	25 nov.	6 dic.	14 dic.
Oro	12,5	5,6	27,1	22,0
Diamante	9,2	10,0	39,2	20,0
Lemont	29,1	70,3	100,0	100,0
Blue-Belle	85,3	77,5	100,0	100,0
CINIA-30	56,7	81,5	56,9	99,5
CINIA-69	11,7	13,2	33,4	42,9
CINIA-80	28,6	8,5	32,9	50,0
CINIA-177	15,0	4,9	29,1	23,9
CINIA-178	17,9	8,1	33,9	15,9
CINIA-19	21,6	12,7	30,5	13,3

Cuadro 6.  
Porcentaje de esterilidad presentado por arroces sembrados en cuatros épocas diferentes.

Cuadro 7.  
Comparación entre CINIA-48 y testigos chilenos \* en tolerancia a frío en dos etapas de desarrollo.

Líneas	Nº de plantas		Esterilidad			
	% sobre promedio testigo		16 nov.	25 nov.	6 dic.	14 dic.
	2 oct.	19 oct.				
CINIA-48	133	166	28,9	14,4	74,2	75,9
Diamante	93	99	9,2	10,0	39,2	20,6
Oro	111	87	12,4	5,6	27,1	22,0

\* Testigos: Oro, Diamante y Quella.

sea metodología de laboratorio y/o de campo en la primera etapa de crecimiento y con metodología de campo en la etapa reproductiva.

#### LITERATURA CITADA

ALVARADO, R.; MIRANDA, O. y FUENTES, V. 1975. Estudio de las relaciones entre algunos factores climáticos y rendimiento. In: XXVI Jornadas Agronómicas; Chillán, Chile.

IRRI. 1983. Final report of the seventh international an cold tolerance nursery (IRCTN-1982), IRRI, Filipinas. 34 p.

MEJIAS, J. 1988. Identificación de metodologías para la evaluación de tolerancia a temperaturas bajas en arroz (*Oryza sativa* L.). Tesis mimeografiada, Universidad Nacional de Colombia, Palmira 123 p.

OLDEMAN, L. R.; SESHU, D. V. and CADY, F. B. 1987. Responde of rice to weather variables. In: Weather and Rice. IRRI, Filipinas pp:5-39.

# Programa arroz híbrido no CNPAF

por Péricles de Carvalho F. Neves \* e  
James Emile Taillebois \*\*

## INTRODUÇÃO

As primeiras variedades híbridas de arroz foram comercializadas a partir de 1974, na China. Atualmente, mais de 25 por cento da área rizícola chinesa é ocupada por esse tipo de variedades (são previstos 14 milhões de ha para o ano 2000), com rendimentos 20 a 30 por cento superiores às melhores variedades tradicionais. Em função dos resultados chineses diversas instituições públicas e privadas iniciaram programas de pesquisa para obtenção de sementes híbridas. No entanto, ainda hoje a China é o único país a comercializar esse tipo de semente.

A maioria das variedades híbridas é produzida utilizando-se da macho-esterilidade genético-citoplasmática (alguns híbridos são produzidos com gameticidas e outros com esterilidade induzida por fotoperiodismo).

O maior obstáculo à difusão dos híbridos está na produção das sementes. O arroz, planta autógama, apresenta baixa taxa de fecundação cruzada, o que eleva o custo final das sementes. Na China o problema foi resolvido através da polinização assistida (passagens de cordas sobre as panículas em floração e corte das folhas bandeira) e plantio de poucas sementes (20 kg/ha), técnica que não é viável para o Brasil.

Para superar o problema, o IRAT iniciou a transferência de caracteres florais de alogamia (essencialmente o grande estigma) de uma espécie

selvagem de arroz estritamente alógama. *Oryza longistaminata*, à *O. sativa*. As primeiras etapas deste trabalho ( $F_1$ ,  $RC_1$ ,  $RC_2$ ) foram conduzidas na França, pelo IRAT, prosseguindo no Brasil em cooperação entre o CNPAF e o IRAT.

## SITUAÇÃO ATUAL DO PROGRAMA

### Macho esterilidade genético-citoplasmática

Três citoplasmas, Gam, BT e WA, fornecidos pelo IRRI (Quadro 1), foram introduzidos em diferentes variedades e submetidos a observações. Os resultados obtidos em cada caso são relatados a seguir:

Quadro 1. Citoplasma indutores de esterilidade masculina fornecidos pelo IRRI.

Citoplasma	Variedade portadora
Gam	YAR AI ZAO A
BT	WU 10A
WA	V41A
	ER JIU NAN 1A
	ZEN SHAN 97A

### Citoplasma Gam

A variedade indica YAR AI ZHAO A, portadora deste citoplasma é parcialmente fértil no Brasil. As anteras são de todos os tipos: de esbranquiçadas indeiscentes até totalmente deiscentes. O comportamento das anteras parece depender das condições do meio.

\* Pesquisador, CNPAF/EMBRAPA, Goiânia, GO, Brasil

\*\* Pesquisador, IRAT - CNPAF/EMBRAPA

Quatro variedades de sequeiro (japônica) IRAT 103, IRAT 313, IRAT 144 e IRAT 314 foram esterilizadas originando, respectivamente, as linhas CNA-IRAT 2A, CNA-IRAT 3A, CNA-IRAT 9A e CNA-IRAT 10A. As linhas "A" são perfeitamente estéreis. CNA-IRAT 2A, CNA-IRAT 3A e CNA-IRAT 10A possuem anteras finas, esbranquiçadas e indeiscentes, enquanto CNA-IRAT 3A apresenta anteras amarelas ligeiramente deiscentes.

Todas as variedades, japônica (de sequeiro ou não) cruzadas com estas linhas A japônica produzem híbridos estéreis. As anteras são finas, atrofiadas, esbranquiçadas e indeiscentes. Alguns testes realizados com variedades de sequeiro obtidas de cruzamento indica-japônica indicam a possibilidade de se encontrar linhas japônica boas restauradoras neste tipo de material.

Em variedades indica não parece haver dificuldades para se encontrar restauradores, embora será provavelmente mais difícil (mas não impossível) encontrar variedades esterilizáveis.

Todas as linhas macho-estéreis obtidas no CNPAF são apresentadas no Quadro 2.

### Citoplasma BT

A variedade japônica Wu 10A é perfeitamente macho-estéril, com anteras amareladas e indeiscentes.

As variedades japônica (de sequeiro ou não) são mantenedoras, mas não são todas esterilizáveis; muitas apresentam um retorno mais ou menos importante da fertilidade em RC<sub>1</sub> ou RC<sub>2</sub>. Algumas variedades de sequeiro provenientes de cruzamento indica-japônica mostram que é possível encontrar variedades restauradoras neste material. No caso das variedades indica, muitas são restauradoras. Mesmo quando é utilizada uma variedade japônica como testadora observa-se, freqüentemente, uma boa fertilidade do híbrido. No entanto, é bastante provável que poucas variedades desse grupo sejam esterilizáveis para este citoplasma.

Numerosas variedades japônica foram esterilizadas para o citoplasma BT. A esterilidade dessas linhas A não é sempre perfeita. O aspecto das anteras é diferenciado, do tipo amarelo indeiscente ao tipo deiscente.

Quadro 2. Linhas macho-estéreis obtidas no CNPAF

WA	Índica	CNA-IRAT 18A	IET 4094
	japônica	CNA-IRAT 1A	IRAT 313
	japônica	CNA-IRAT 6A	IRAT 103
	japônica	CNA-IRAT 13 A	IRAT 177
	japônica	CNA-IRAT 19A	Wu 10B
BT	japônica	CNA-IRAT 20A	CNA 4851
	japônica	CNA-IRAT 4A	IRAT 103
	japônica	CNA-IRAT 5A	IRAT 141
	japônica	CNA-IRAT 11A	IRAT 112
	japônica	CNA-IRAT 12A	IRAT 177
	japônica	CNA-IRAT 14A	IREM 873-2G
	japônica	CNA-IRAT 15A	PRECOCE BRANCO
	japônica	CNA-IRAT 16A	CUIABANA
	japônica	CNA-IRAT 17A	BEIRA CAMPO
	japônica	CNA-IRAT 21A	IAPAR 9
	japônica	CNA-IRAT 22A	IAC 165
	japônica	CNA-IRAT 23A	CNA 4135
	japônica	CNA-IRAT 24A	CNA 4111
	japônica	CNA-IRAT 25A	CNA 781041
	Gam	japônica	CNA-IRAT 2A
japônica		CNA-IRAT 3A	IRAT 313
japônica		CNA-IRAT 9A	IRAT 144
japônica		CNA-IRAT 10A	IRAT 314

Para obter linhas restauradoras do tipo japônica foi realizada a transferência de genes de restauração a partir de variedades índica. Esta transferência não apresenta dificuldades. Algumas dessas linhas obtidas restauram a fertilidade de todas as linhas macho-estéreis, enquanto outras restauram apenas algumas (CNA-IRAT 4A e mais fácil de restaurar que WU 10A).

### **Citoplasma WA**

As variedades índica V41 A, ER JIU JAN 1A e ZEN SHAN 97A são perfeitamente estéreis e todas possuem anteras finas, esbranquiçadas e indeiscentes. Estas variedades serviram de testador de restauração para um grande número de variedades índica. Dos testes resulta que dentro do grupo índica é fácil encontrar restauradores e mantenedores (os mantenedores não sendo todos esterilizáveis), embora mais da metade do material não seja restaurador ou mantenedor. Em uma mesma variedade é freqüente observar indivíduos que possuem aptidão diferenciada à restauração, o que torna necessário fazer uma purificação na variedade para isolar linhas perfeitamente restauradoras ou mantenedoras. Em certos casos foram obtidas plantas restauradoras e mantenedoras em uma mesma variedade. Uma variedade índica, IET 4094, está esterilizada (CNA-IRAT 8A) e outras estão em processo de esterilização.

Diversas variedades japônica (de sequeiro e irrigadas) foram esterilizadas. As linhas A são todas estéreis, mas o aspecto das anteras varia de uma linha para outra: algumas como CNA-IRAT 3A possuem anteras deiscentes e outras como CNA-IRAT 1A possuem anteras finas, esbranquiçadas e indeiscentes. Nenhuma variedade japônica testada se mostrou restauradora. As variedades mantenedoras não são todas esterilizáveis, e há o retorno da fertilidade em RC<sub>1</sub> ou RC<sub>2</sub>. Por fim, numerosas variedades japônica possuem um gene recessivo que em presença do citoplasma WA provoca uma malformação das espiguetas.

Para obter variedades japônica restauradoras foi realizada a transferência de genes de restauração a

partir de variedades índica. Foram obtidas linhas de sequeiro parcialmente restauradoras e, por meio de seleção, deverão ser identificadas linhas que restaurem perfeitamente a fertilidade.

As linhas japônica macho-estéreis obtidas são mais ou menos fáceis de restaurar. Assim, CNA-IRAT 1A parece muito difícil de restaurar enquanto CNA-IRAT 6A parece ser de restauração mais fácil.

### **CONCLUSÕES**

Para um programa de arroz híbrido índica, o citoplasma WA parece ser o mais indicado. Já para um programa com japônica o citoplasma BT parece ser o de emprego mais simples.

Qualquer que seja o citoplasma, o grupo japônica não possui material restaurador, ou possui em baixa quantidade, e desse modo um programa de arroz híbrido será mais complexo de conduzir, pois deverão ser criadas linhas restauradoras através de cruzamentos índica-japônica.

### **Alogamia**

A taxa de fecundação cruzada em uma planta macho-estéril de arroz é baixa. O estudo com populações onde segrega um gene de esterilidade masculina permitiu obter uma ordem de grandeza para essa taxa. As medidas foram realizadas em populações índica e japônica (conduzidas em condições irrigadas, à mesma época) com cerca de 50 por cento das plantas férteis e 50 por cento macho-estéreis. Constatou-se que a aptidão das plantas macho-estéreis à alofecundação é superior no grupo índica, 20 a 30 por cento, contra cinco a dez por cento do arroz de sequeiro. Além disso, a grande variabilidade existente na população índica faz supor que será possível obter linhas com grande aptidão à fecundação cruzada sem recorrer a *O. longistaminata*. De outro modo, para o arroz de sequeiro, o recurso à espécie selvagem é indispensável.

*O. longistaminata* é uma espécie perene de arroz selvagem, rizomatosa, originária da África, onde se encontra em grandes populações que são quase sempre compostas de indivíduos autoincompatíveis, cuja reprodução depende da alogamia. *O. sativa* e *O. longistaminata* possuem genomas muito próximos. Os principais caracteres florais de adaptação à alogamia são:

- estigmas muito grandes que, após o fechamento da espiguetta, permanecem externos e acessíveis ao pólen de outra planta;
- excelente exsurgência da panícula;
- anteras muito grandes, que liberam grande quantidade de pólen.

Os primeiros conduzidos na França mostraram que o caráter grande estigma é dominante e oligogênico.

#### ***Transferência do caráter grande estigma por seleção clássica***

Foram obtidas doze linhas férteis a mantenedoras para o citoplasma WA com estigmas excelentes, a partir do cruzamento V41B/[F<sub>2</sub>(IRAT 10/*O. longistaminata*/IR 36)]. As linhas possuem fenótipo índica e produzem híbridos férteis em cruzamento com variedades deste grupo. Todas as linhas foram esterilizadas para o citoplasma WA.

Para o grupo japônica as linhas com bons estigmas foram obtidas a partir do cruzamento IRAT 313 [F<sub>2</sub>(IRAT 13/*O. longistaminata*/IRAT 13)]. Algumas dessas linhas estão em curso de esterilização.

#### ***Transferência do caráter grande estigma por seleção recorrente***

Em função da condição poligênica e da complexidade da transferência do caráter grande estigma, decidiu-se produzir, a longo prazo, populações onde os indivíduos devem ser adaptados à fecundação cruzada.

Foram criadas populações índica e japônica com o gene de esterilidade masculina e o grande estigma.

Para cada geração de intercruzamentos foram utilizados somente os indivíduos com elevada taxa de alofecundação. Nas populações índica (CNA-IRAT 3 e CNA-IRAT 7) as taxas médias são, respectivamente, de 30 e 42 por cento ambas apresentando ciclo médio de 87 dias. Na população de sequeiro (CNA-IRAT 8) a taxa média de alofecundação foi de 18 por cento. Embora originadas de um número restrito de variedades, as populações apresentam grande variabilidade.

#### ***A eficiência do grande estigma***

Diversos resultados e observações mostram que o caráter grande estigma permite melhorar, efetivamente, a aptidão à alofecundação das plantas macho-estéreis.

As populações recorrentes onde o caráter grande estigma foi introduzido possuem taxas médias de alofecundação superiores em 20 por cento às populações que não sofreram introgressão para *O. longistaminata*. Geralmente observa-se que as plantas macho-estéreis com grande estigma apresentam uma taxa elevada mesmo quando a origem do pólen é distante.

Nas leituras dos testes de restauração, em arroz índica, plantas testes macho-estéreis e com grande estigma puderam ser comparadas com macho-estéreis normais, constatando-se, então, a grande diferença (50 % contra 10 a 15 % para as plantas com estigma normal). Em arroz de sequeiro, a diferença é de 18 contra sete por cento.

#### **Heterose**

Foi observado que a heterose pode ser elevada tanto no grupo japônica quanto no índica. No primeiro caso, a observação foi realizada em híbridos obtidos manualmente. No segundo, foram analisadas as leituras dos testes de restauração, a comparação entre uma população F<sub>1</sub> e outra F<sub>2</sub>, e um ensaio com híbridos fornecidos pelo IRRI, onde um híbrido superou em 78 por cento a melhor das testemunhas, Metica 1.



# Programa de seleção recorrente em arroz no CNPAF

por Péricles de Carvalho F. Neves \* e James Emile Taillebois \*\*

## PRINCÍPIOS

A utilização da seleção recorrente em programa de melhoramento, a longo prazo, deve conduzir à obtenção de melhores variedades, devido à exploração mais racional da variabilidade.

O princípio da seleção recorrente é formar uma população a partir de um número variável de indivíduos que apresentem características importantes para o ideotipo procurado e, em seguida, melhorar esta população por alternância de ciclos de seleção e intercruzamento das unidades selecionadas. Com esse procedimento os genes favoráveis concentram-se na população, facilitando a extração de variedades.

Uma das principais dificuldades em se tratando de plantas autógamas, incluindo o arroz, é a realização da fase de intercruzamento de uma forma simples, rápida e econômica. Este problema é resolvido com a obtenção de populações onde segrega um gene de esterilidade masculina. Nas populações compostas de indivíduos férteis e estéreis ocorre a alofecundação dos indivíduos estéreis pelos indivíduos férteis, e a colheita das sementes nas plantas estéreis assegura o intercruzamento total, mantendo o gene de esterilidade masculina na população (Fujimaki, 1979).

## OBJETIVOS DO PROGRAMA

O objetivo do programa de seleção recorrente foi criar quatro populações. Duas delas (uma índica e outra japônica de sequeiro) para apoiar os programas de seleção de linhagens, e outras duas (também

índica e japônica de sequeiro) para o programa de arroz híbrido. Para este último, o objetivo foi formar populações com elevado potencial de alogamia, servindo de base genética para a obtenção direta de linhas adaptadas à alofecundação.

## SITUAÇÃO ATUAL

Para a constituição das populações, a primeira etapa consiste da escolha das variedades parentais. De um modo geral, cada uma deve apresentar uma ou mais características que sejam importantes para o ideotipo procurado.

O esquema de formação, utilizando-se a IR 36 msms, é ilustrado na Figura 1. Observa-se que os retrocruzamentos foram feitos de forma a iniciar a mistura genética e obter uma população com diferentes citoplasmas.

A esterilidade masculina utilizada deve-se a um monogene recessivo fornecido pelo IRRI na forma de uma população IR 36 com segregação para este gene, que foi obtido por mutagênese (Singh & Ikehashi, 1981) sobre a variedade IR 36. Na floração as plantas macho-estéreis são facilmente identificáveis, possuindo anteras finas, brancas e totalmente indeiscentes.

A cada ciclo de intercruzamento o tamanho da população é ajustado de forma a permitir a colheita de pelo menos 100 plantas macho estéreis.

## Populações destinadas ao programa de seleção de linhagens

Foram obtidas duas populações com o objetivo de apoiar o programa de seleção de linhagens, CNA-IRAT 4 e CNA-IRAT 5.

\* Pesquisador, CNPAF/EMBRAPA, Goiânia, GO, Brasil.

\*\* Pesquisador, IRAT-CNPAF/EMBRAPA

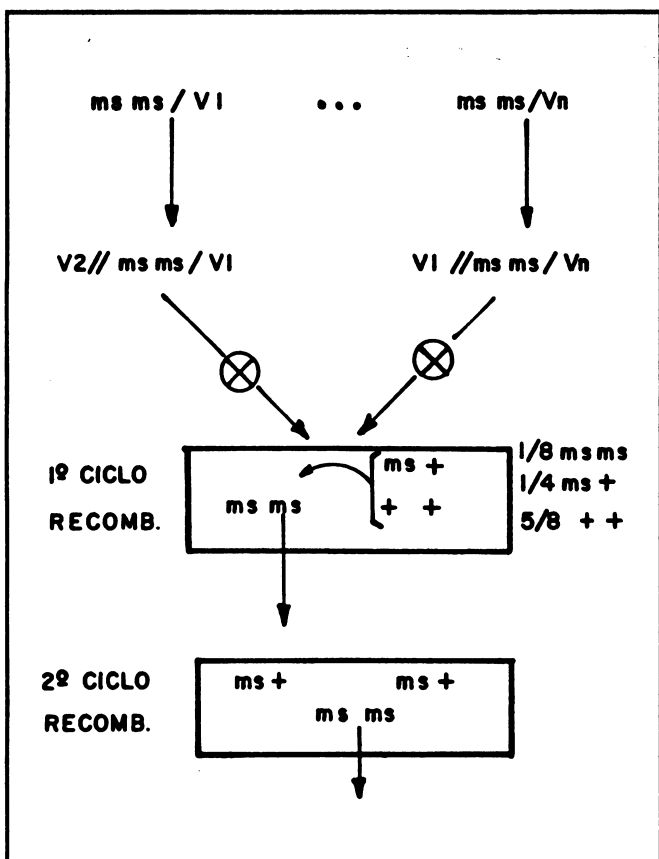


Figura 1. Esquema para obtenção das populações do programa de seleção recorrente.

**População Índica CNA-IRAT 4**

Uma população denominada CNA-IRAT 4 foi formada a partir de IR 36 msms e nove variedades indica (Quadro 1). À exceção de IR 36, todas as variedades participam em igual proporção. Esta população sofreu três ciclos de intercruzamento antes do primeiro ciclo de seleção, que foi realizado em famílias F<sub>2</sub> para vários caracteres. O ciclo médio desta população, antes da seleção, foi de 92 dias e a taxa média de alofecundação em plantas macho estéreis foi de 26 por cento.

A população inicial foi colocada à disposição da comunidade internacional em 1989.

**População Japônica de sequeiro CNA-IRAT 5**

Foi criada uma população denominada CNA-IRAT 5 a partir de IR 36 msms e 27 variedades de sequeiro (Quadro 2). O esquema para obtenção desta população foi semelhante ao de CNA-IRAT 4, mas de forma a

Quadro 1. Composição da população CNA-IRAT 4.

Variedade	Origem	Participação na população (%)
IR 36 (msms)	IR 1561-228-1-2-/IR 1737//CR 94-13	25,00
BG 90-2	IR 262/Remadja	8,33
CNA 7	T 141/IR 665-1-175-3	8,33
CNA 3815	CICA 4/BG 90-2//SML 5617	8,33
CNA 3848	5431//IR 36/CICA 7	8,33
CNA 3887	4440//BG 90-2/Tetep	8,33
Colombia 1	Napa/Takao Iku 18	8,33
Eloni	IR 454/SML KAPURI//SML 66H10	8,33
Nanicão	Germoplasma brasileiro	8,33
UPR 103-80-1-2	IR 24/Cauvery	8,33

obter uma taxa diferenciada na participação de cada parental. A população foi submetida a três ciclos de intercruzamentos antes do primeiro ciclo de seleção, que será realizado a partir de um índice considerando o rendimento, a resistência à seca e à brusone. Esta seleção será efetuada em famílias  $F_3$ . Estão previstos outros esquemas de seleção com objetivos mais específicos, como resistência a brusone (resistência poligênica) e à seca.

A taxa média de alofecundação medida nas plantas macho-estéreis foi de dez por cento. O material foi colocado à disposição da comunidade internacional em 1989.

#### Populações para o Programa Arroz Híbrido

Para este programa há três populações: CNA-IRAT 3, CNA-IRAT 7 (ambas índica) e CNA-IRAT 8 (japônica). Todas possuem taxa de alo cruzamento

Quadro 2. Composição da população CNA-IRAT 5.

Variedade	Origem	Participação na população (%)
IR 36 (ms+)	Mutante de IR 36	12,50
Palawan	Germoplasma asiático	12,50
Cuibana	IAC 47/SR 2041-50-1	8,10
IRAT 237	IAC 25/RS 25	6,73
Beira Campo	Germoplasma brasileiro	5,39
CNA 4097	63-83/IAC 25	5,39
CNA 4145	IAC 47/Kinandang Patongo	5,39
Cabacu (IRAT 177)	Mutante de 63-83	5,39
IREM 41-1-1-4	Mutante de Makouta	5,39
Palha Murcha	Germoplasma brasileiro	5,39
TOx 1011-4-2	IRAT 13/DP 689/TOx 490-1	5,39
IAC 5171	IAC 47/IRAT 13	2,69
IAC 165	Dourado Precoce/IAC 1246	2,69
IREM 247	Mutante de IAC 25	2,50
IAPAR 9	Batatais/IAC F.3-7	1,57
IRAT 112	Dourado Precoce/IRAT 13	1,47
CNA 4135	IAC 47/63-83	1,36
IREM 238	PJ 110/IAC 25	1,35
Arroz de Campo	Germoplasma brasileiro	1,25
CA 435	Germoplasma africano	0,84
Casa Branca	Germoplasma brasileiro	0,84
CNA 5179	IAC 47/IRAT 13	0,84
CNA 770187	Germoplasma brasileiro	0,84
Comum Crioulo	Germoplasma brasileiro	0,84
Jaguarí	Germoplasma brasileiro	0,84
L-13		0,84
L-81-24	IAC 2091/Jaguarí//IRAT 10	0,84
Santa America	Germoplasma brasileiro	0,84

notavelmente mais elevadas que as populações quatro e cinco.

## PERSPECTIVAS

### **Seleção recorrente para a seleção "clássica"**

No grupo índica será necessário verificar a eficiência do esquema adotado.

Uma forma simples de realizar esta medida é retirar, por SSD, um grupo de linhas da população inicial e, depois, da população obtida do primeiro ciclo de intercruzamentos, comparando em seguida os dois grupos.

Com o tempo será provavelmente interessante introduzir novas variedades parentais na população, o que deverá ser feito com cuidado para não destruir o progresso genético já obtido.

No grupo japônica, a população CNA-IRAT 5 foi objeto de diversos esquemas de seleção e são previstos

estudos para a observação da eficácia dos diferentes esquemas.

### **Seleção recorrente para o programa arroz híbrido**

Para o arroz de sequeiro a prioridade deverá ser a obtenção de uma população com forte aptidão ao alo cruzamento. No caso do arroz irrigado deve-se procurar obter, a médio e longo prazos, uma população fêmea, destinada à formação de linhas A/B e outra destinada à formação de linhas R, ambas com taxa elevada de alofecundação.

## LITERATURA CITADA

FUJIMAKI, H. (1979). Recurrent selection by using genetic male sterility for rice improvement. JARQ, 13(3):153-6.

SINGH, R. J. & IKEHASHI, H. (1981). Monogenic male-sterility in rice: induction, identification and inheritance. Crop. Sci., 21(2):286-9.

# A técnica da cultura de anteras no melhoramento de arroz irrigado do CPATB/EMBRAPA

por Arlei Laerte Terres \*

## RESUMO

*No trabalho é descrita a metodologia de uso a cultura "in vitro" de anteras como auxílio aos métodos convencionais de melhoramento de arroz irrigado no CPATB/EMBRAPA, visando a redução no tempo de obtenção de novas cultivares. Um histórico sucinto da cultura de anteras, inclusive de arroz no RS e as vantagens já obtidas com esta técnica na China, também, estão no artigo. Resultados preliminares obtidos no CPATB e algumas considerações a respeito desta tecnologia são, ainda, abordados no texto.*

## INTRODUÇÃO

Na década de 1970, um hectare de solo cultivado produzia alimentação suficiente para atender em média 2.6 pessoas, porém no ano 2000 aquele mesmo hectare terá que fornecer alimentos para quatro pessoas. Isto exigirá a sustentação na média da razão do aumento anual da produção mundial de alimentos, em cerca de 2,20 por cento ("The Global 2000 Technical Report", segundo Scowcroft e Larkin, 1982 a).

A alta pressão populacional que atinge a maioria das nações, inclusive o Brasil, tem forçado a comunidade científica mundial, em especial a da área agrícola, a investigar novas tecnologias. Visando, logicamente, aumentar a produtividade as espécies comerciais e/ou criar novas estirpes de alto rendimento, para atender esta demanda alimentar. Nesta árdua tarefa os

pesquisadores das ciências agrárias serão figuras proeminentes na contribuição do aumento efetivo de alimentos. Entretanto, para obtenção deste aumento efetivo é preciso que estejam disponíveis tecnologias mais eficientes que as convencionais de melhoramento vegetal.

Por outro lado, a busca de técnicas modernas de melhoramento de plantas, também tem se tornado necessária, dada a grande limitação de recursos, principalmente financeiro, que tem sofrido as instituições de pesquisas. Alguns métodos convencionais de melhoramento de plantas autógamas são onerosos, não só pela morosidade na obtenção de linhas puras, mas também, por ocuparem grande extensão de área na condução das populações segregantes. Em determinados casos, ainda, possuem baixa eficiência técnica (Reinert e Bajaj 1977, Kucherenko 1980, Shen Jin-Hua et al 1983), notadamente quando os híbridos provém de cruzamentos múltiplos. Isto pode ocorrer, em razão da seleção inadvertida de plantas heterozigotas, ocupando vários ciclos de seleção ineficiente.

Presentemente, já existem muitas inovações derivadas do desenvolvimento da cultura "in vitro" de células vegetais. A técnica da cultura de anteras por ter apresentado até o presente, resultados de uso imediato para o melhoramento genético de plantas, tem aparecido em primeiro plano e a seleção de mutantes celulares (células encontradas no meio "in vitro", oriundas de variações gênicas), em segundo. A hibridação somática entre de espécies sexualmente incompatíveis e, mais recentemente, a engenharia genética propriamente dita parecem demonstrar contribuição promissora ao processo produtivo (Yamada 1982, Scowcrof e Larkin 1982a, Vasil 1982, Carlson 1983).

\* Pesquisador em melhoramento de arroz irrigado, CPATB/EMBRAPA, Pelotas, RS, Brasil.

A cultura de anteras apresenta-se como uma alternativa muito útil para o melhoramento de autógamas, principalmente pela produção de genótipos autodiplóides homocigotos, que se formou naturalmente durante o processo. As plantas haplóides por outro lado podem ser diploidizadas artificialmente, tornando-se assim geneticamente puras. A importância de tais plantas para o melhoramento, prende-se ao fato de que a homocigose é obtida em uma única etapa sem nenhuma segregação posterior e as características governadas por genes recessivos são expressas imediatamente, o que não ocorre em plantas heterocigotas (Ghua e Maheshwari 1964, Nishi e Mitsouka 1969, Niizeki e Oono 1968 e 1971, Reinert e Bajaj 1977, Kucherenko 1980, Rush et al 1982, Niizeki 1983, Shen Jin-Hua et al 1983).

Assim, o melhoramento genético convencional de plantas pode ser, auxiliado pela técnica da cultura de anteras no desenvolvimento de novas cultivares, tanto pela redução expressiva no tempo de obtenção de linhagens como também, porque aumenta a eficiência do processo seletivo de plantas por ser realizado sob características de homocigose (Nitsch 1983).

Esta moderna metodologia é hoje o principal método "in vitro" de produção de plantas haplóides (Chu Chih Ching 1982) e pode contribuir para a elevação da produtividade das plantas exploradas pelo homem entre elas o arroz. Tal fato já se refletiu no aumento de rendimento do arroz na China, por exemplo, onde cerca de 100 mil hectares são explorados com cultivares desenvolvidas a partir de cultura de anteras (Shen Jin-Hua et al 1983, Chen Ying 1983). A técnica, também, pode criar variabilidade genética para ser explorada no melhoramento de plantas (Bajaj 1980).

O objetivo deste artigo é descrever o uso da técnica da cultura "in vitro" de anteras no programa de melhoramento genético de arroz irrigado do Centro de Pesquisa Agropecuária de Terras Baixas de Clima Temperado (CPATB) da EMBRAPA. E, também, mostrar alguns dados preliminares já obtidos desde que a técnica de cultura de anteras está sendo utilizada, "a priori", como metodologia auxiliar aos métodos convencionais de melhoramento de arroz, atualmente, usados no CPATB.

## HISTÓRICO SUCINTO E ALGUNS CONCEITOS DA CULTURA "IN VITRO" DE TECIDO VEGETAL

Em 1922, foi descoberta a primeira planta de haplóide em "Datura". A partir daí, haplóides esporofíticos, espontâneos ou derivados de experimentos "in vitro", tem sido reportados em muitas espécies de angiospermas. Entretanto, a produção de haplóides androgênicos (obtidos de antera-polem) foi estimulada, somente, a partir de 1964 com o sucesso conseguido na obtenção de embriões haplóides na cultura de anteras de *Datura innoxia* (Blakeslee et al, Kimber e Riley, todos citados por Chu Chih-Ching, 1982).

Em arroz, a cultura "in vitro", alcançou o seu primeiro êxito em 1964, quando foi obtido calo a partir de nó de colmos de plântulas (Furuhashi e Tayazawa, citado por Oono, 1983). Entretanto, em 1968, foi conseguido o primeiro sucesso com a obtenção de haplóides em cultura de anteras de uma gramínea de importância econômica, a *Oryza sativa*. Isto criou grande interesse entre os cientistas chineses (Oono 1983).

Na China, onde esta técnica moderna tem produzido os melhores resultados à nível mundial, os estudos começaram em 1970. Plantas clorofiladas derivadas de microsporos foram obtidas neste mesmo ano. Desde então, já foram desenvolvidas e liberadas à orizicultura chinesa sete cultivares, atualmente, abrangendo uma área em torno de 100 mil hectares. Mu-hua 1 e Sin-Siu semeadas em Shangai e Wan-dan 7 em Guang-xi, são as mais recentes cultivares chinesas de arroz oriundas de cultura de anteras de híbridos intervarietal e inter-sub-específico (Shen Jin-Hua 1980, Chen Ying 1983).

No Rio Grande do Sul, extremo sul do Brasil, as pesquisas com a cultura "in vitro" de anteras de arroz irrigado, iniciaram numa primeira tentativa em 1980 (Terres e Peters 1985) e numa segunda-com êxito-em 1983 (Peters et al 1984), através do Centro de Pesquisa Agropecuária de Terras Baixas de Clima Temperado (CPATB-ex UEPAE Pelotas) e da Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel" (FAEM), dentro do convênio EMBRAPA/UFPEL.

## TERMINOLOGIA

Plantas diferenciadas em cultura de anteras e suas gerações sucessivas são simbolizadas por A1, A2, A3... etc. Plantas regeneradas de calos somáticos (tecidos diploides) e suas descendências são codificadas como D1, D2, D3,... etc.

Os símbolos X, 2X, 3X, 4X, 5X indicam o nível de ploidia (Oono 1983, Chu Chih-Ching 1982).

Plantas oriundas de calos são chamadas de "calliclones" (Skirvin 1978). Aquelas derivadas de protoplastos (celulas desprovidas de parede celular) de "protoclones" (Shepard et al 1980). Plantas regeneradas "in vitro" são, coletivamente, denominadas de "somaclones" e a variação somaclonal como um termo geral para a variação entre plantas oriundas de cultura de células ou tecidos (Larkin e Scowcroft citado por Scowcroft e Larkin-1982a, Scowcroft e Larkin 1982b).

## ESTRATÉGIA METODOLÓGICA DO USO DA TÉCNICA DA CULTURA DE ANTERAS DE HÍBRIDOS DE ARROZ NO CPATB

### Objetivo do melhoramento

O programa de melhoramento de arroz irrigado, considerando a atual e projetada conjuntura da orizicultura do RS, está na busca de cultivares de produtividade alta e estável; grãos de alto valor comercial; ciclo tendendo a precoce; altura adaptada a colheita mecanizada; grande capacidade competitiva com plantas daninhas e menos exigentes em insumos. A estabilidade de rendimento é fruto de transferência, para as cultivares comerciais, de genes que controlam os estresses que ocorrem no cultivo de arroz, como frio e brusone (*Pyricularia oryzae* Cav.), os mais preocupantes na atualidade.

### Metodologia usada em campo

Na descrição da metodologia são incluídos, apenas, os trabalhos que tratam da manipulação das plantas extra laboratório.

As atividades "in vitro" da cultura de anteras, são feitas no Laboratório de Fisiologia Vegetal da UPFEL, seguindo a metodologia apropriada (Peters et al 1984 e 1985).

Por razões de limitação de espaço físico e de recursos humanos no "Laboratório", a preferência tem sido dada aos cruzamentos múltiplos por envolver vários genótipos inclusive sub-específico i.e. cultivares japonesas, fontes de tolerância ao frio. Devido ao número de materiais em recombinação e as vezes a distância genética existente entre alguns-japônica e indica-a uniformidade satisfatória em uma nova linhagem produzida pelos métodos convencionais, leva até seis gerações de autofecundação e cinco ciclos e seleção. Esta última, é uma tarefa difícil, porque por qualquer transtorno neste período, pode haver perda na identidade do material almejado inicialmente. Com o auxílio da técnica da cultura de anteras, a fixação das características é imediata, mesmo neste tipo de cruzamento, pois a estabilidade genética é conseguida já na primeira geração (A1). Entretanto pela pouca quantidade de sementes obtida por planta, multiplica-se o material até a geração de plantas A2 e alguns casos até A3. Nestas últimas gerações, é facilmente observada a homogeneidade fenotípica das plantas por parcela, dando assim mais segurança sobre a estabilidade genética do material.

- a) Inicialmente os híbridos em geração F1 do programa de melhoramento de arroz do CPATB, são semeados em casa de vegetação entre outubro e novembro e, posteriormente, transplantados para o campo experimental do Centro em dezembro.
- b) No meses de janeiro a março, são colhidas em torno de 20 panículas de cada híbrido, previamente escolhido em função de sua importância no programa. As panículas são apanhadas quando os microsporos estão, na grande maioria, em fase uninuclear a qual é identificada morfológicamente pela distância dos colares da folha bandeira e da penúltima folha e, também, pela coloração das anteras. Em termos médio, a distância entre os colares não ultrapassa de sete cm entre eles.

De alguns híbridos em geração F<sub>2</sub>, as vezes, também, são coletadas panículas para a cultura de

anteras em função de peculiaridades observadas durante o desenvolvimento no campo.

- c) As anteras são levadas imediatamente para a cultura "in vitro" no "Laboratório" da UFPEL, onde são obtidas as plântulas.
- d) Em razão das plântulas serem produzidas durante o inverno, são transferidas dos tubos de ensaio para potes com mistura de solo e areia e mantidas em laboratório por dois à quatro dias afim de não sofrerem muito com a troca de ambiente.

Após o período de adaptação ao novo substrato, as plântulas são levadas para a câmara de aclimação -Percival 1012- com controle de luz (13 horas-2/3 fluorescente), temperatura (25 graus Celsius-dia/22 graus noite) e umidade (cerca de 75%), para adquirirem melhor vigor e, ainda, desenvolverem o sistema radicular.

Ao tornarem-se vigorosas, as plantas são transplantadas para vasos maiores -5 kg- contendo solo e adubo mineral NPK onde permanecem até o transplante final, geralmente, feito entre os meses de novembro e dezembro. Devidamente identificadas por cruzamento, cada planta é colocada em cova individual, em linhas identificadas por estacas numeradas.

- e) Em condições naturais, durante o período reprodutivo e/ou de maturação, as plantas são avaliadas fenotipicamente para o grau de ploidia, conforme o critério a seguir:

- plantas haplóides** - Apresentam alta capacidade de perfilhamento, folhas pequenas e estreitas, estatura bastante reduzida e espiguetas curtas, algumas atrofiadas e totalmente estereis;
- plantas autodiplóides** - Possuem todos os órgãos normais e com alta fertilidade em relação as plantas dos demais grupos;
- plantas poliplóides** - Geralmente possuem as folhas largas, de coloração verde-escura, espiguetas grandes e largas, as vezes possuindo aristas, com baixa fertilidade, produzindo em média três grãos por planta.

Por enquanto, somente as plantas autodiplóides tem tido preferência por apresentarem uso mais direito dentro do programa.

A diploidização artificial das plântulas haplóides, não tem sido feita, mais por fatores inerentes a conjuntura atual de recursos. A significativa quantidade de plantas autodiplóides que foi obtida inicialmente, também, não estimulou muito tal artifício.

Por envolver muito tempo, devido ao número de plantas obtidas e mão de obra apropriada na coleta de amostras e, posterior exame de cada uma no microscópio, a determinação citológica do nível de ploidia, ainda, não tem sido feita.

As plantas regeneradas de cultura de anteras, são denominadas de A1, A2, A3, respectivamente, primeira, segunda e terceira geração. A existência das duas últimas decorre do fato de algumas plantas A1, por precocidade ou ótima condição ambiental, produzem sementes antes do transplante final as quais são semeadas em campo no mesmo ano, originando a geração A2. A planta mãe (A1) mesmo assim, também, é transpiantada para produzir mais sementes. A outra situação, é porque que parte das sementes da geração A2, ainda dentro do ano, vai para "geração de inverno" como A3. Isto tudo, é para prevenir possíveis enganos ou trocas na identificação de cada genótipo.

Na geração A1 as plantas sofrem uma seleção preliminar, principalmente, para tipo de planta e grão, em razão da existência de uma só planta. A partir de A2, a seleção é feita em população. Cada população constitui uma parcela de sete metros quadrados, aproximadamente, onde a seleção é realizada seguindo os objetivos do programa. Portanto neste estágio, a avaliação dos genótipos é realizada entre parcelas. Nesta etapa, já começa a surgir vantagens em relação a seleção convencional, como obtenção de grande quantidade de sementes por genótipo selecionado, melhor visual de conjunto, por não haver a presença de plantas segregantes e, se ocorrer ataque de praga, o dano dificilmente será total em razão do número de indivíduos na população.



## RESULTADOS PRELIMINARES OBTIDOS COM A CULTURA DE ANTERAS DE ARROZ

No Quadro 1, está o número de plantas regeneradas (1984/85) de cultura de anteras de três híbridos ( $F_1$ ) de arroz do programa de melhoramento do CPATB. A geração A2, obtida dentro do mesmo ano das plantas A1, já demonstraram algumas características, aparentemente, úteis ao programa, como ciclo biológico, altura e tipo de grão. O híbrido TF 242 teve mais plantas produzidas, em razão do maior número de plantas desejáveis. Nos dois primeiros híbridos, ocorreu predominância de plantas haplóides, provavelmente por fatores inerentes ao meio de cultura e, também, pelo fato que no TF 222, está envolvida uma cultivar japonesa (Hayayuki) e três indicas, já no TF 242, são cinco cultivares envolvidas (todas indicas). Na primeira, existe a distância genética entre as sub-espécies e no segundo grande número de genótipos envolvidos, certamente, aumenta a probabilidade de ocorrer desarmonia cromossômica e/ou gênica no híbrido formado.

O desempenho agrotecnológico apresentado, em 1987/88, por quatro genótipos de arroz irrigado, obtidos por cultura de anteras no CPATB, está sumarizado no Quadro 2. A cultivar Bluebelle foi incluída, como termo comparativo e os materiais foram semeados tardiamente, visando observar o desempenho deles sobre condições de baixa temperatura do ar, durante o ciclo final reprodutivo.

Por terem apresentado grãos gessados após o polimento, os genótipos TF242-CA2-29 e TF242-CA2-30, já fizeram parte da relação dos cruzamentos de 1988/89. Objetivando eliminar este defeito, e conseqüentemente, aumentar a qualidade industrial e, ainda, melhorar a produtividade.

Os três primeiros, por terem a casca de cor dourada, apresentam reduzidas possibilidades de uso direto na lavoura comercial, tendo em vista o aumento do processo de parboilização do grão do arroz no RS-preferência por grãos de casca clara.

Quadro 1. Frequência aparente do grau de ploidia, de plantas regeneradas de cultura "in vitro" de anteras de híbridos de arroz irrigado do CPATB/EMBRAPA

Híbrido	Combinação (planta mãe à esquerda)	Nº plantas obtidas			
		X	2X	nX	2X úteis
TF222	TF86/BR-IRGA 410	52	21	12	12
TF242	RS138-139-3-1P-1/RS220-503-4-1P-1-2	29	11	4	38
CL44	RS129-501-2-1-2P/T 1	41	54	6	7

TF = codificação do CPATB, para "Tolerância ao Frio" em arroz / CL = Capão do Leão município onde está o CPATB. / X = plantas haplóides / 2X = plantas autodiplóides / nX = plantas poliplóides / A1 = plantas de cultura de antera na primeira geração / A2 = plantas de cultura de antera na segunda geração

Quadro 2. Comportamento agroindustrial de 4 genótipos de arroz oriundos de cultura "in vitro" em semeadura tardia na Zona Sul do RS-1987/88. CPATB/EMBRAPA.

QUALIDADE Genótipos	Ester. (%) a	Altura (cm)	Prod. (t/ha) b	Ciclo c	Tipo Grão d	QUALIDADE				
						e	f	g	Peso 1000 h	Rel. C/L i
TF 222-CA2-13	24	97	4,9	119	Plo	68	2,5	Ism	24,50	3,00
TF-242-CA3-3	30	95	4,7	120	Plo	72	1,0	Ssm	24,40	3,46
CL-44-CA2-16	28	96	4,4	122	Plo	70	2,0	Ssm	24,90	2,75
TF242-CA2-29	25	104	4,3	119	Plc	66	4,0CB	-	23,90	2,96
TF242-CA2-30	19	102	5,3	109	Plo	50	3,0CB	-	26,10	2,95
BLUEBELLE(T)	25	96	5,8	108	Plo	69	1,5	Ssm	29,40	3,39

*a = esterilidade / b = produtividade de grãos com casca, seco à 13 % de umidade / c = em dias da emergência à maturação completa do grão. / d = Plo (grão tipo "patna", casca lisa ouro); Plc (grão tipo "patna", casca lisa clara) / e = % de grão inteiro polido / f = aspecto do grão polido (nota 1 = completamente vitreo; nota 5 = "glutinoso") / g = Ism (cocção inferior a da Bluebelle, grão solto e macio após frio); Ssm (cocção semelhante a da Bluebelle, grão solto e macio após frio) / h = em gramas de sementes, com casca, com 13 % de umidade / i = relação comprimento-largura do grão polido / T = cultivar testemunha.*

No Quadro 3, contém os resultados, de forma sucinta, obtidos com o emprego da técnica da cultura de anteras no melhoramento de arroz irrigado do CPATB, em 1987/89. Foram regeneradas ao todo 1296 plantas, das quais, 51 por cento foram haplóides, 37 por cento autodiplóides e 12 por cento poliplóides. Na primeira avaliação preliminar, em 1987/88, foram escolhidas 218 plantas autodiplóides, dum total de 482. Na segunda, já em condições de parcelas maiores, foram selecionados 25 genótipos em geração A1 e 50 em geração A2, conforme os objetivos do programa. Destas linhagens, 23 apresentam grande potencial de utilização direta nos ensaios avançados de rendimento de grãos.

#### CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O USO DA CULTURA DE ANTERAS NO MELHORAMENTO DE ARROZ

É perfeitamente notável, a homogeneidade das plantas na geração A2. Certas características como ciclo

biológico, estatura de plantas com a casca e tipo de grão, dão assim, um testemunho quase absoluto da alta pureza genética de tais atributos.

A técnica da cultura de anteras apresenta grande potencial de uso dentro do melhoramento genético. A sua maior utilização e com vantagens, tem sido como metodologia auxiliar aos métodos convencionais de obtenção de linhagens de arroz, reduzindo o tempo em sua formação de modo marcante. No CPATB, os trabalhos com esta técnica, tem demonstrado que já no segundo ano, tem-se o híbrido fixado e grande quantidade de sementes, principalmente quando se obtém duas gerações por ano.

Outro fator que deve ser considerado é quanto a condução do uso desta metodologia. A responsabilidade em definir a direção e as metas deve ficar a cargo daqueles que estabelecem a evolução dos novos genótipos. Segundo alguns pesquisadores, o comportamento de características genéticas

Quadro 3. Número de plantas obtidas a partir da cultura "in vitro" de anteras de híbridos do programa de melhoramento de arroz irrigado do CPATB/EMBRAPA-1987/89.

Híbrido	Geração	Cruzamento (genótipo pai à direita)	Nº Haplóide	Total	1987/88		1988/89		
					Nº autopoliploides		Nº genótipos selecionados por geração		
					CPATB(A2)	Plantas escolhidas G. INVERNO(A1)	A2	A1	
CL 72	F1	Lemont/RS 487-506-2CL-2BM	23	17	5	2	3	1	2
CL 76	F1	Lemont/RS 660-500-93-1-11C	230	163	65	21	25	29	7
CL 89	F1	Lemont/RS 735-500-81-24I	306	247	72	43	15	17	16
TF 283	F2	BR-RGA 414/Esco Torto	4	19	0	0	1	0	0
TF 289	F2	CL Seleção 84/Silvestre	5	4	1	0	9	0	0
TF 290	F2	BR-RGA 414/CL Seleção 49-2	30	2	2	1	1	1	0
TF 294	F1	CL Seleção 49-2/Lemont	12	2	0	0	2	0	0
TF 296	F2	RS 487-506-2CL-1BM/FP 798-L 386	37	1	1	0	0	1	0
TF 298	F2	RS 487-506-2CL-1BM/RU 8003050	14	23	4	0	6	0	0
TF 302	F1	CL Seleção 62a/RS 656-501-S1-R1	0	4	1	0	0	1	0
<b>TOTAL</b>			<b>663</b>	<b>482</b>	<b>151</b>	<b>57</b>	<b>62</b>	<b>50</b>	<b>25</b>

a = "geração de inverno" conduzida em cooperação com o CIMPAF-1988, Goiás.  
 A1 = primeira geração de plantas obtidas de cultura "in vitro" de anteras.  
 A2 = segunda geração de plantas obtidas de cultura "in vitro" de anteras.

regeneradas "in vitro" freqüentemente não é o mesmo "in vivo", portanto é fundamental a avaliação rotineira desempenhada pelo melhorista em condições adequadas de cultivo em campo.

Um ponto que tem preocupado o emprego da cultura de anteras, é alta percentagem de plantas albinas e haplóides que tem sido observado no transcurso de proceso no CPATB. A pequena proporção de calos formados em relação ao número de anteras inoculadas, também, é outro fator que deve ser melhorado na cultura "in vitro".

#### LITERATURA CITADA

- CHEN YING (1983) Anther and pollen culture of rice in China. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Cell and Tissue Culture Technlques for Cereal Crop Improvement**. p. 11-26.
- BAJAJ, O. S. (1980) Implications and prospects of protoplast, cell and tissue culture in rice improvement programs. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Innovative Approaches to Rice Breeding**. Manila, Philippines. p. 103-134.
- CARLSON, P. S. (1983) Beyond haploids. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Cell and Tissue Culture Technlques for Cereal Crop Improvement**. Manila, Philippines. p. 407-418.
- CHU CHIH-CHING (1982) Haploids in plant improvement. In: VASIL, I. K.; SCOWCROFT, W. R.; FREY, K. J. **Plant Improvement and Somatic Cell Genetics**. Academic Press, Inc. Ltd., London. Chapter 7. p. 129-158.
- GHUA, S. e MAHESHWARI, S. C. (1964) "In vitro" production of embryos from anthers of "Datura". **Nature**. 204:497.
- KUCHERENKO, L.A. (1980) Tissue culture in rice improvement experiences in the USSR. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Manila, Philippines. **Innovative Approaches to Rice Breeding**. Manila, Philippines, p. 93-102.
- NIIZEKI, H. e OONO, K. (1968) Induction of haploid rice from anther culture. **Proc. Japan Acad.** 44:554-557.
- e OONO, K. (1971) Rice plant obtained by anther culture. **Collag. Int. C. N. R. S.** 193:251-257.
- (1983) Uses and application of anther and pollen culture in rice. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Cell and Tissue Culture Technlques for Cereal Crop Improvement**. Manila, Philippines. p. 165-171.
- NISHI, T. e MITSUOKA, S. (1969) Occurrence of various ploidy plants from anther and oar culture of rice plant. **Japan J. Genetics**. 44:341-346.
- NITSCH, C. (1983) Progress in anther and pollen culture techniques. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Cell and Tissue Culture Technlques for Cereal Crop Improvement**. Manila, Philippines. p. 1-10.
- OONO, K. (1983) Genetic variability in rice plants regenerated from cell culture. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Cell and Tissue Culture Technlques for Cereal Crop Improvement**. Manila, Philippines. p. 95-104.
- PETERS, J. A.; TERRES, A. L.; BORSOI, L.S. (1984) Indução de androgênese a partir do cultivo de anteras de arroz "in vitro". In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 13. Balneário Camburiú. **Anals...** Florianópolis, EMPASC. p. 47-53.
- BORSOI, L. S.; TERRES, A. L. S. (1985) Cultura de anteras de cinco híbridos F1 de arroz. In: REUNIÃO DA CULTURA DE ARROZ IRRIGADO, 14. Pelotas. **Anals... Pelotas/RS, CPATB/EMBRAPA**. p. 48-55.
- REINERT, J. e BAJAJ, P. A. (1977) Anther culture haploid production and its significance. In: REINERT, J. e BAJAJ, P. S. **Plant Cell, Tissue, and Organ Culture**. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York. Chapter 2, p. 251-267.
- RUSH, M. C.; SHAO QI-QUAN; CRILL, J. P. (1982) Protoplast, cell, and tissue culture in rice: prospects for the future. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Rice Tissue Culture Planning Conference**. Manila, Philippines. p. 31-40.
- SCOWCROFT, W. R. e LARKIN, P. J. 1982 a Somaclonal variation: a new option for plant improvement. In: VASIL, I. K.; SCOWCROFT, W. R.; FREY, K. J. **Plant Improvement and Somatic Cell Genetics**. Academic Press, Inc. Ltd., London. Chapter 8, p. 159-178.
- e LARKIN, P. J. (1982b) Tissue culture research: status and potential. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Rice Tissue Culture Planning Conference**. Manila, Philippines. p. 15-24.
- SHEN JIN-HUA (1980) Rice breeding in China. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Rice Improvement in China and Other Asian Countries**. Manila, Philippines. p. 9-30.

----- LI MEI-FANG; CHEN YIN-QUAN; ZHANG ZHEN-HUA (1983) Improving rice by anther culture. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Manila, Philippines. **Cell and Tissue Culture Techniques for Cereal Crop Improvement**. Manila, Philippines. p. 183-205.

SKIRVIN, R. M. (1978) Natural and induced variation in tissue culture. **Euphytica**. 27(1):241-266.

SHEPARD, J. F.; BIDNE, D.; SHAHIN, E. (1980) Potato protoplasts in crop improvement. **Science**. 28:17-24.

TERRES, A. L. S. e PETERS, J. A. (1985) Cultura "in vitro" de tecidos no melhoramento genético de arroz irrigado

no Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 14, Pelotas. **Anals...** Pelotas/RS, CPATB/EMBRAPA. p. 56-60.

VASIL, I. K. (1982) Plant cell culture and somatic cell genetics of cereals and grasses. In: VASIL, I. K.; SCROWCROFT, P. J.; FREY, K. J. **Plant Improvement and Somatic Cell Genetics**. Academic Press, Inc. Ltd., London. Chapter 9, p. 179-203.

YAMADA, Y. (1982) The significance for rice improvement of studying regeneration in plant tissue culture. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Rice Tissue Culture Techniques for Cereal Crop**. p. 41-46.



# Biotecnologia nos programas de melhoramento de arroz

por Adelson de Barros Freire \* e Isabelle Reiffers \*\*

## IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA E REVISÃO DE LITERATURA

O arroz faz parte da alimentação de base da população brasileira e constitui uma fonte importante de proteínas, carboidratos e calorias. A cultura se estende em todo o território nacional com uma concentração preferencial nas regiões do centro-oeste, sudeste e sul (Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, São Paulo, Rio Grande do Sul e no Maranhão).

Tendo em vista diversos fatores que afetam os rendimentos das lavouras (fatores varietais, de fertilidade do solo, de condições climáticas, de doenças e pragas, de ervas daninhas...) e considerando a importância do arroz no contexto sócio-econômico brasileiro, muitas pesquisas foram direcionadas para melhorar a espécie.

O programa de melhoramento genético, iniciado em 1977 no CNPAF/EMBRAPA, tem por objetivo criar e selecionar cultivares de arroz de sequeiro que apresentem, bons rendimentos, resistência à doenças (brusone) e boa adaptação às condições de estresses ambientais (resistência à seca).

Recentemente, a biotecnologia, i. e. a cultura de anteras "in vitro" foi introduzida nos programas de melhoramento do CNPAF.

A cultura de anteras (androgênese, haplométodo, haplodiploidização) é um processo destinado a provocar

o desenvolvimento partenogênético das células masculinas (pólem), visando a obtenção de plantas haploides (estóque cromossômico =  $n$ ). O uso direto dos haploides é limitado; o seu valor potencial é baseado na possibilidade de obtenção, após dobramento do estoque cromossômico ( $2n$ ) das plantas haploides, de linhagens homozigóticas fixadas.

Após os primeiros sucessos obtidos em androgênese de arroz, *Oryza sativa* L. ssp. japônica (Niizeki & Oono, 1968), as pesquisas foram orientadas também para a produção de haploides do grupo indica (Zapata et al, 1982; Reddy et al, 1985; Torrizo & Zapata, 1986; Rout & Sarma, 1987; Karim, 1987) e de híbridos entre os grupos indica e japônica (Pulver & Jennings, 1985; Zapata et al, 1982; Reiffers & Freire, 1989). Os resultados promissores obtidos mostram que o haplométodo "in vitro" pode se tornar uma das biotecnologias vegetais mais úteis para o melhorista.

Além disso, as plantas haploides obtidas a partir de um híbrido, visualizam as segregações potenciais desse híbrido na sua descendência; a haplodiploidização permite a difusão dessas segregações como linhagens fixadas (Demarly, 1983).

Hoje o haplométodo, ou fixação rápida de linhagens de arroz mediante cultura "in vitro" de anteras está sendo usado nos centros nacionais (China, Japão) e internacionais (IRRI, CIAT, IRAT/CIRAD) de pesquisa de arroz.

## OBJETIVOS

Para que o haplométodo seja realmente eficiente dentro dos programas de seleção de arroz, é preciso continuar o melhoramento da técnica e testar o seu uso nos programas de pesquisa existentes. Essas

\* Pesquisador, CNPAF/EMBRAPA, Goiânia, GO, Brasil

\*\* Pesquisador, CCE-CNPAF/EMBRAPA

etapas são necessárias toda vez, que se trata de generalizar o uso de uma biotecnologia nova em grande escala.

Portanto nesse projeto pretende-se desenvolver a técnica de cultura de anteras "in vitro" para que ela possa se tornar uma ferramenta confiável para o melhoramento.

Além do aspecto técnico, o haplometodo vai ser introduzido nos programas de melhoramento da seguinte maneira:

#### **Programa seleção e de criação de cultivares**

Fixação rápida de linhagens a partir de cruzamentos simples ou múltiplos ( $F_1$ ).

#### **Programa de arroz-híbrido**

Fixação de linhagens restauradoras de fertilidade e de linhagens mantenedoras de esterilidade com estigma longo. A cultura de embriões híbridos e a multiplicação vegetativa "in vitro" podem ser de utilidade nesse programa.

#### **Programa de seleção recorrente:**

Haplodiplodização de amostras de plantas da população inicial ( $P_n$ ) e das populações a cada ciclo de seleção recorrente ( $P_{n+1}$ ,  $P_{n+2}$ ...).

Avaliação das linhagens haplodiploidizadas para selecionar diretamente para o valor em linhagem e para determinar o progresso genético e a evolução da variabilidade a cada ciclo.

### **HIPÓTESES**

A técnica da cultura "in vitro" de tecidos de arroz, auxilia os métodos tradicionais do melhoramento genético, reduz o período de obtenção de novas linhagens, aumenta a variabilidade genética e traz economia de tempo nos trabalhos de pesquisa.

### **METODOLOGIA**

#### **Plantio**

Os plantios do material vegetal (cruzamentos simples ou múltiplos, gerações  $F_1$ ) serão feitos de uma maneira escalonada, em casa de vegetação, em vasos de seis L, com fertilização e irrigação controlada.

#### **Colheita e pre-tratamento das panículas**

O estágio adequado de desenvolvimento do grão de pólen para indução de calos é o estágio uninucleado avançado (Asselim de Beauville, 1976; Chen, 1977), estágio situado logo antes da mitose assimétrica. Para cada cruzamento, estudos citológicos serão feitos para estabelecer uma relação entre o estágio do grão de pólen e a morfologia da panícula. No estágio assim determinado (a distância entre a base da folha bandeira e a aurícula da última folha = 3-6 cm), as panículas serão colhidas e colocadas em sacos de plástico e submetidas a um pretratamento durante oito dias a 6°C.

#### **Cultivo de anteras**

Antes do cultivo, as panículas livres da bainha foliar serão esterilizadas com hipoclorito de sódio (NaOCl) a dez por cento durante 15 minutos, e em seguida lavadas três vezes com água esterilizada. As espiguetas serão dissecadas em condições de esterilidade (Fluxo laminar) e as anteras serão cultivadas em placas de Petri contendo o meio de indução de calos N6 (Chu et al, 1975) adicionado com um mg/L de ácido-naphthalen-acético (ANA), 60 g/L de sacarose, oito g/L de Bacto Agar Difco; o pH reajustado para 6,5. As placas de Petri serão levadas para a câmara de crescimento, a 26°C sem luz. Dentro de 4-6 semanas formarão calos.

#### **Replagem de calos**

Os calos obtidos serão repicados separadamente para cada antera em placas de Petri contendo o meio de regeneração de plantas MS (Murashige e Skoo, 1962) adicionado com 0,5 mg/L de ANA, três mg/L de cinetina, 50 g/L de sacarose, oito g/L de Bacto Agar Difco; o pH será 6,5.



As placas de Petri serão levadas para a câmara de crescimento regulada à 26°C e fotoperíodo à 16 h luz/oito h escuro, a intensidade luminosa será de 500  $\mu\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

#### Replacagem das plântulas

As plântulas formadas a partir de calos serão transferidas para tubos de ensaio contendo o meio MS adicionado com 60 g/L de Sacarose, 10 g/L de Bacto Agar Difco sem substâncias de crescimento. Assim que o sistema radicular for desenvolvido, as plântulas serão repicadas em copos contendo uma mistura de solo e vermiculita (2:1).

Após dois a três semanas correspondendo à aclimação em casa de vegetação, as plantas serão transplantadas para vasos de seis L contendo solo previamente fertilizado.

#### Determinação da ploidia das plantas, diploidização do estoque cromossômico das plantas haploides

A diploidização das plantas haploides, freqüente em arroz, se traduz na obtenção de panículas férteis, enquanto as plantas haploides apresentam panículas com espiguetas de tamanho reduzido e totalmente estéreis.

As plantas haploides serão submetidas à um tratamento com colchicina (solução a um por cento de colchicina e 1,5 por cento de Dimethylsulfoxide-DMSO), visando o dobramento do estoque cromossômico. (Reiffers, 1985).

#### Multiplicação e avaliação das linhagens haplodiploidizadas

As sementes obtidas a partir das plantas diploidizadas serão colhidas separadamente para cada planta. Essas sementes serão plantadas em ensaios de observação (EO).

A metodologia desses ensaios (plantio, fertilização, controle fitossanitário, colheita, trilhagem e armazenamento) será a mesma usada no departamento de melhoramento.

#### Critérios de avaliação

- Brusone no estágio foliar e de maturação (brusone do pescoço): notas de 1-9, em função da intensidade dos sintomas da doença, atribuídas às linhagens.
- Altura da planta na época de maturação.
- Peso dos grãos permitindo calcular o rendimento em kg/ha.
- Outras observações: características morfológicas da planta e dos grãos (parte da planta, aristas, pilosidade etc.) infestação de outras doenças.

Todas as linhagens obtidas no laboratório de cultura de tecidos no CNPAF serão plantadas em condições irrigadas (Palmital) ao mesmo tempo que serão plantados os (EO). Isso permite multiplicar, de uma maneira eficiente, as linhagens em (EO) e de dispor de uma boa quantidade de sementes das linhagens a serem incluídas nos ensaios comparativos preliminares (ECP).

## ETAPAS DA CULTURA DE ANTERAS

### Seleção dos progenitores

Avaliação de germoplasma da coleção de arroz do pesquisador ou do banco ativo de germoplasma quanto às qualidades deste ao: acamamento, tolerância à seca, resistência às doenças, degrane, comprimento do grão, qualidade do grão, arquitetura da planta, tolerância a níveis altos de alumínio ou sódio.

Também torna-se necessário testar os genótipos quanto à reação ao cultivo de anteras, na formação ou não de "calos"; a variedade Dourado Precoce, tem ótima reação ao cultivo de anteras.

### Produção de híbridos F<sub>1</sub>

Geralmente se faz em casa de vegetação, usando o processo normal de hibridação, cortando a ponta da palha e lema da espiguetas da planta mãe, posteriormente introduzido os pólenes da planta usada como pai.

**Cultivo de anteras**

Cultivo "in vitro" para formação de "calos" e diferenciação somática para regeneração em plantas.

1. Colher as panículas florais juntamente com a bainha envolvente, na fase do emborrachamento; para certas cultivares, quando a distância da junção da folha bandeira com sua bainha até a junção da penúltima folha for de cinco a seis cm, é a época em que os grãos de pólen devem estar no estágio de une-nuclear adiantado.
2. Lavar as flores paniculares protegidas pela bainha, com água de torneira e sabão líquido.
3. Retirar de dentro da bainha abarcante, a flor panicular e esterilizar com etanol 70 por cento, por um período de cinco a 20 segundos.
4. Enxaguar com água destilada.
5. Colocar as flores paniculares em placa de Petri esterilizada e adicionar um pouco de água destilada; tampar e vedar com fita apropriada para evitar a desidratação da flor panicular; ou colocar as flores paniculares, protegidas pela bainha, em sacos de plásticos ligeiramente umedecidos.
6. Colocar as placas de Petri ou sacos de plásticos em geladeira a temperatura de cinco graus Celsius, durante cinco a 12 dias, para receber choque frio para aumentar a frequência de formação de "calos".
7. Após o choque frio, descartar o terço superior e o inferior de cada flor; usar apenas o terço mediano, que será esterilizado assepticamente em câmara de fluxo laminar, usando solução aquosa de hipoclorito de cálcio ou hipoclorito de sódio cinco a dez por cento, durante 15 a 20 minutos.
8. Lavar as partes florais quatro vezes, em água destilada esterilizada -DDH<sub>2</sub>O, para eliminar o hipoclorito.
9. Estirpar as seis anteras de cada espiguetta e colocar em tubos de ensaio ou placa de Petri, com o meio de cultura N6, mg/L; (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 463, KNO<sub>3</sub> 2830, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 400, MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 185, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O 166, FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 27,85, Na<sub>2</sub>EDTA 37,25; MnSO<sub>4</sub>.4H<sub>2</sub>O 4, 4; ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 1,5; H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 1,6; KI 0, 8; Glicine 2, Tiamina HCL 1, Piridoxina HCL 0,5; Ac. Nicotínico 0,5; Sacarose 60, agar 9, ANA 1, pH 6,5.
10. Encubar em câmara escura à temperatura de 25 a 28°C, durante dois a quatro semanas, para formação de "calos".
11. Repicar (transferir) os "calos" mais desenvolvidos, após a terceira semana, para outra placa de Petri com o mesmo meio de cultura.
12. Transferir os "calos" mais desenvolvidos para o meio de cultura MS modificado mg/L: NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> 1650, KNO<sub>3</sub> 1900, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 170, MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O 370, CaCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O 440, MnSO<sub>4</sub>.4H<sub>2</sub>O 22,30, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 6,2, KI 0,33, Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O 0,25, CuSO<sub>4</sub>.5H<sub>2</sub>O 0,025, CoCl<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O 0,025, Vitamina e ferro = item 9, ANA 0,5, Cimetrina 3, Sacarose 40, Agar 9, pH 6,6.
13. Armazenar em câmara de crescimento com 2000 lux, sendo luz fria e incandescente à temperatura de 25 a 28°C, para regeneração.
14. Retirar as plântulas dos tubos de ensaio, lavar sob torneira para retirar resíduos do meio de cultura.
15. Plantar em copos de plástico com mistura de solo e vermiculita esterilizada; após o plantio, colocar os copos em bandeja com água e manter em casa de vegetação por uma semana.
16. Transferir as plantinhas com o bloco de solo para vasos grandes com solo.
17. Tratar as plantas haploides com colchicina e DMSO, para duplicação dos cromossomos.
18. Colher as sementes das plantas diploidizadas.

19. Levar as sementes para o campo para multiplicar e fazer as primeiras observações desejadas ao melhoramento.
20. Avaliação a nível de campo.

#### LITERATURA CITADA

- ASSELIN DE BEAUVILLE, M. 1976. Androgenèse "In Vitro" ches *Oryza sativa* L. (variété Cizalon). L'Agron. trop., 31 (1): 50-57.
- CHEN, C. C. 1977. In vitro development of plant from microspores of rice. In vitro, 13 (8): 484-488.
- CHU, C. C.; WANG, C. C.; SUN, C. S., 1975. Establishment of an efficient medium for anther culture of rice through comparative experiments on the nitrogen sources. Scientia Sinica, 28 (5): 659-668.
- DEMARLY, Y. 1983 Les plantes haploides. Le courrier du CNRS, 50:35-40.
- KARIM, N.H., 1987. Regeneration of anther derived Calli. IRRN, 12 (2): 26.
- MURASHIGE, T., SKOOG, F., 1962. A revised medium for rapide growth and bioassays with tobacco tissue culture. Physiol. Plant., 15: 473-497.
- NIIZEKI, H. OONO, K., 1968. Induction of haploid rice plant from anther culture. Proc. Japan Acad., 44:554-557.
- PULVER, E.; JENNINGS, P.R., 1985. Application of anther culture to high volume rice breeding. Rice Genetics. Proceedings of the International Rice Genetic symposium IRRI, 27th-31st may, 1985. 16p.
- REDDY, V. S.; LEELAVATHI, S.; SEN, S. K., 1985. Influence of genotype and culture medium on microspore callus induction and green plantlet regeneration in anthers of *Oryza sativa*. Physiol. plant., 63: 309-314.
- REIFFERS, I., 1985. Mises au point de quelques méthodes de multiplication végétative et de doublement chromosomique du riz. Thèse de Docteur 3<sup>e</sup> cycle, Amélioration des végétaux. Univ. de Paris-Sud: 125 p.
- Freire, A. B., 1989. Production, through "in vitro" anther culture, of doubled-haploid rice plants (*Oryza sativa* L.) Plant Cell, Tissue and Organ culture, accepted for publication N<sup>o</sup> 89015, april 1989.
- ROUT, J. R.; SARMA, N.P., 1987. High frequency plantlet regeneration in rice anther culture. Rice Genetic Newsletter, 3: 105-107.
- TORRIZO, L. B.; ZAPATA, F. J. , 1986. Anther culture in rice: the effect of abscissic acid on plant regeneration. Plant Cell Reports, 5:136-139.
- ZAPATA, J. J.; HERI, N. H.; KUSH, G. S., 1982. Anther culture research for rice breeding at IRRI. Interm. Rice Res. Conf. IRRI Los Baños Phylippines, April 19-23. 8p.



## Banco ativo de germoplasma de arroz (*Oryza sativa* L.)

por Marlene Silva Freire \*

Os recursos genéticos vegetais precisam ser preservados nos bancos de germoplasma. Existe uma preocupação internacional não só na conservação da natureza, mas dos recursos genéticos ameaçados de imediata destruição nos seus "habitats" ou nos centros de diversidade primários e secundários. Esta destruição se deve a expansão da agricultura, substituindo materiais primitivos e tradicionais por outros melhorados e economicamente mais vantajosos e também pelo declínio das coleções de germoplasma existentes.

Germoplasma constitui células reprodutivas de um organismo, particularmente envolvidos na hereditariedade; as propriedades hereditárias de uma planta individual ou de uma população são transmitidas de uma geração a outra - tipo de planta, cor da flor, cor da semente, tipo de grão, qualidade do grão, resistências a doenças e pragas. Sementes, bulbos, raízes, tubérculos, pólen, meristemas, gemas de brotação, callus, folhas, constituem germoplasma, que armazenados sob condições apropriadas, podem ser multiplicados por metodologias específicas e então distribuídos à pesquisa.

A disponibilidade de germoplasma com variação genética útil é a base do êxito na pesquisa vegetal.

O Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de Arroz, do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), é parte de um sistema nacional de bancos de germoplasma da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), todos sob a coordenação do Centro Nacional de Recursos Genéticos (CENARGEN).

A câmara de conservação de germoplasma (no caso do CNPAF - sementes de arroz, feijão e caupi) tem uma capacidade de 350 m<sup>3</sup> e foi projetada para funcionar a 12°C e 25 por cento UR (umidade relativa); condição ideal para armazenamento de sementes de coleções ativas em uso na pesquisa. A baixa temperatura é obtida pelo uso de técnica convencional de refrigeração com forçadores de ar frio. A umidade do ar é reduzida pelo sistema de aparelhos desumidificadores contendo dessecantes como sílica-gel, cloreto de cálcio, alumina ativa, sulfato de cálcio anidro. A construção da câmara é toda fundamentada em precauções de passagem de temperatura e umidade do ambiente externo para o interior da câmara; um cuidadoso sistema de isolamento, térmico e de umidade (chapa de isopor, cortiça, conglomerado vegetal) é necessário tanto nas paredes como no piso e forro. É imprescindível a ante-câmara para evitar mudanças bruscas de temperatura e umidade dentro da câmara quando da abertura da porta. Deve-se limitar a frequência de entrada na câmara.

O BAG tem as seguintes funções:

**Introduzir germoplasma.** A introdução pode ser de pedidos feitos pelo CNPAF, de remessas espontâneas de outras instituições de pesquisa do país ou do exterior e de coleta. Todo germoplasma introduzido do exterior entra pelo CENARGEN, onde passa pelos testes de controle fitossanitários e quarentenários, sendo então enviados aos centros de produtos.

**Catalogar e arquivar as entradas.** As amostras quando chegam, são identificadas e todos os seus dados são compilados em livros e fichas de entrada: número da amostra, identificação, procedência, origem, introdutor, data de entrada, número de entrada no CENARGEN e observações (genealogia, características específicas, etc.).

\* Pesquisador, CNPAF/EMBRAPA, Goiânia, GO, Brasil

**Armazenar.** O armazenamento é feito pelo acondicionamento das sementes em embalagens apropriadas - caixas de papel cartão resistente de 1.200 ml. Os recipientes são identificados pelo número de entrada no BAG e, pelo nome do material.

**Multiplicar.** As amostras chegam normalmente em pequena quantidade, principalmente as provenientes do exterior. A primeira multiplicação é feita em telado ou casa de vegetação, dando oportunidade de outra avaliação e inspeção quarentenária. A segunda multiplicação é feita em telado (se a primeira colheita for pequena) ou em campo.

**Renovar.** A renovação do material é feita quando o poder germinativo da amostra estiver abaixo de 80 por cento ou quando o volume da amostra alcançar 1/3 do volume total ( $\pm$  900 g) e ainda por pedido do CENARGEN.

Tanto a renovação quanto a multiplicação a campo, seguem metodologia própria para se evitar misturas e cruzamentos naturais.

**Avallar.** Todo material introduzido passa por uma avaliação geral com a participação da equipe multidisciplinar do CNPAF, e a avaliação específica do material destacado da avaliação geral, é desenvolvida por pesquisadores das diferentes áreas interessadas.

As informações obtidas das avaliações são catalogadas e computadorizadas.

**Distribuir.** O BAG atende aos pedidos de germoplasma de Instituições de pesquisa do país e do exterior.

Existe um programa intensivo de intercâmbio, tanto a nível nacional como internacional.

A coleção do Banco Ativo está dividida em dois grandes grupos:

- germoplasma proveniente de outras instituições de pesquisa do país e do exterior;
- germoplasma originado de expedições de coleta a nível nacional; são os materiais regionais ou tradicionais, que estão em risco de desaparecimento, e constituem valiosa fonte de adaptabilidade e variabilidade genética.

O Banco Ativo de Germoplasma do CNPAF conta atualmente com 9.006 amostras de arroz, incluindo entradas com duplicatas.

O seguinte Quadro apresenta um resumo das atividades desenvolvidas com germoplasma de arroz, pelo BAG do CNPAF, no período de 1976 - 1989.

Espécie	Germoplasma introduções						
	De Instituições de Pesquisa		De Coleta Brasil	Regeneração	Multiplicação	Distribuído	
	Brasil	Exterior				Brasil	Exterior
Arroz	3716	3245	2045	2328	3430	5493	1453
<b>Total</b>		<b>9006</b>		<b>2328</b>	<b>3430</b>	<b>6946</b>	

Todo acervo do BAG já está sob um programa de computação, o que facilita o uso e manuseio do germoplasma.

O Banco de Germoplasma fornece o material inicial de uma pesquisa e recebe o produto final, fazendo parte importante e essencial no desenvolvimento da agricultura.

#### LITERATURA CONSULTADA

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. 1986. Informe CIAT 1986, 91-94.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 1984. Relatório Técnico Anual do Centro de Recursos Genéticos, 1981. 62-64.

INTERNATIONAL BOARD FOR PLANT GENETIC RESOURCES. 1979. Seed Stores for Crop Genetic Resources. 1.31.





# Fitopatología en arroz en Uruguay - Líneas de investigación

por Stella Avila \*

## INTRODUCCION

En la Estación Experimental del Este, Fitopatología funciona como subproyecto del proyecto Cultivos y sus líneas de investigación se planifican esencialmente, como apoyo a programa de mejoramiento de arroz.

Los trabajos se iniciaron en 1976 y el primer relevamiento de enfermedades fue realizado por el Ing. Chebataroff, conjuntamente con el técnico fitopatólogo de la Misión China que comenzó a hacerse efectiva en este año.

Se detectaron las siguientes enfermedades identificándose sus organismos causales:

Enfermedad	Organismo causal
Brusone, o Marchitamiento del cuello	<i>Pyricularia oryzae</i> cav.
Necrosis o manchado de la vaina	<i>Rhizoctonia oryzae</i>
Mancha lineal de la hoja	<i>Cercospora oryzae</i> - Miyake
Mancha parda de la hoja	<i>Helminthosporium oryzae</i>
	Breda de Haan
Podredumbre de la vaina	<i>Sclerotium oryzae</i> Catt
Podredumbre de la vaina	<i>Acrocyllindrum oryzae</i> - Sawada
Manchas de las glumas	<i>Phyllosticta glumarum</i> - Miyake
Carbón del grano	<i>Neovosia Horrida</i>

Otras enfermedades de las glumas provocadas por varios organismos como: *Alternaria* sp, *Curvularia* sp,

*Fusarium* sp, *Nigrospora* sp, *Helminthosporium* sp, *Penicillium* sp, *Aspergillus* sp, y también *Pyricularia oryzae*.

Esta información fue obtenida de un trabajo no publicado: Enfermedades del arroz en Uruguay, Chang Kan Fa y N. Chebataroff.

Unos años más tarde se detectó también el carbón de la hoja, provocado por *Entyloma oryzae* y en 1981 se encontró en plantas aisladas o en focos pequeños en el campo experimental, *Sclerotium oryzae sativae*, que produce síntomas en las vainas, similares a *Rhizoctonia solani*.

Desde el principio, se consideró como más importante, *Pyricularia oryzae*, por su amplia difusión en el mundo y las características del daño que provoca. En 1978 fue detectada en diferentes zonas arroceras del Uruguay: La Coronilla, Paso de la Laguna, Rincón de Ramírez y Río Branco.

El síntoma que se da con mayor frecuencia en el país, es en la base de la hoja bandera en la floración o poco antes. Se extiende luego a la vaina y al cuello de la panoja, que toma una coloración gris oscura, provocándose el marchitamiento de ésta total o parcialmente, según el estado de desarrollo.

La enfermedad puede aparecer atacando sólo el cuello de la panoja o también el raquis, provocando vaneado de los granos. Cuando existe este tipo de ataque en las panojas, a la cosecha, se observa caída de calidad de los granos y rendimiento industrial del arroz.

Otro síntoma que puede aparecer es en el nudo superior, provocando marchitamiento del tallo y

\* Ingeniero Agrónomo, Proyecto Cultivos, EE del Este/ CIAAB/MGAP, Treinta y Tres, Uruguay.

quebrado del mismo. Este ataque puede darse al mismo tiempo o posteriormente al ataque en las panojas.

Existen determinadas condiciones ambientales y de manejo, que favorecen el desarrollo de esta enfermedad.

En nuestro país, las condiciones en general no son favorables y los ataques se dan en forma de manchones, en zonas con algún problema de manejo.

Existe resistencia diferencial entre variedades, a este patógeno. La variedad más sembrada en el país, Bluebelle, se comportó en principio, como resistente en condiciones de campo, pero susceptible en condiciones de clima o manejo que favorecen la enfermedad.

En la zafra 1983-84 en que existieron precisamente condiciones de clima favorables, la incidencia de Brusone fue muy importante, comportándose Bluebelle como susceptible y provocando pérdidas importantes en algunas chacras.

En los años siguientes se presenta, con diferente grado de intensidad, prevalece en algunas zonas arroceras y constituye un riesgo a tener en cuenta.

El programa de mejoramiento incluye en sus líneas de investigación, el obtener resistencia a esta enfermedad, eligiendo para los trabajos progenitores con genes de resistencia.

#### **METODOLOGIA DE TRABAJO PARA EVALUACION DE RESISTENCIA A *PYRICULARIA ORYZAE*.**

En principio se trabajó con material del IRRI, instalándose camas de infección según el sistema de Ou, ya conocido, haciéndose inoculaciones artificiales mediante suspensión de esporas de aislados obtenidos en nuestro país.

Posteriormente se comenzó a trabajar -y es lo que se hace actualmente-, con el material genético que maneja el programa de mejoramiento en sus ensayos. Se prueba resistencia a *Pyricularia oryzae* a nivel de F<sub>4</sub>. Se instalan todos los años camas de infección

modificadas, tratando de adaptarlas a nuestras condiciones, para probar resistencia a nivel de plántulas, de dicho material genético.

Durante varios años se probaron distintas formas de manejo de las camas de infección con el objetivo de obtener mayor infección.

Hasta ahora se ha obtenido mayor efectividad con el modelo observado en T.A.R.I., Taiwan, de camas de infección rodeadas de barreras de maíz para obtener sombreado y protección del viento.

Se siembran las variedades en surcos de 1,0 m, intercalados con una variedad resistente: Lebonnet, con 0,12 m de separación.

A su vez, se siembra, unos 15 días antes, una faja de 0,40 m de ancho, con las variedades susceptibles: Fanny y Balila 10-A, que también se intercalan cada 10 variedades, junto con Bluebelle. Estas funcionan como propagadoras.

Las variedades a testar se siembran cuando el maíz tiene unos 40 cm de alto.

Se pretende que en el momento de sembrar las variedades a testar (mediados a fines de Enero), ya exista infección en la faja propagadora.

El manejo es, alta fertilización nitrogenada y riegos mediante baños espaciados una semana, uno de otro.

Las inoculaciones se realizan una a tres veces por semana con suspensión de esporas obtenidas de colonias incubadas en laboratorio entre siete y 14 días, a 28 por ciento, sobre PDAA.

Se realizan las lecturas al estado de plántulas y durante el macollamiento.

Luego se riega por inundación para favorecer la floración y obtener información en ese nivel de desarrollo pero en general la mayoría de las variedades no florecen a causa de la época de siembra y las condiciones climáticas ya no favorecen el desarrollo de la enfermedad.

Se plantea la duda de la efectividad de esta forma de selección por resistencia en nuestro clima, donde lograr infección artificial (mediante suspensión de esporas) es muy difícil y no se logra en algunos años en que las condiciones ambientales no son favorables.

## RAZAS FISIOLÓGICAS

### Identificación de razas fisiológicas

Se llevó a cabo en trabajos de invernáculo y campo durante la zafra 1983-84, con 11 aislados obtenidos en la zafra anterior, mediante cultivos monospóricos.

Se utilizó el Set Internacional de Variedades (8) + Bluebelle. En el campo se identificaron las razas: IC-30 e IG-2. En invernáculo se identificaron las razas: IG-1, IG-2, IC-21, IC-29, e IC-30.

## CONTROL

Paralelamente, se llevan a cabo todos los años desde 1981 ensayos de prueba de fungicidas para control de enfermedad, con resultados no siempre satisfactorios por la falta de infección.

Se usa un diseño de bloques al azar, con cuatro repeticiones y parcelas de tres x tres metros, separados por una variedad susceptible, Terso, con caminos de 1,0 m entre bloques, sembradas también con las variedades susceptibles: Fanny + Balila 10-A. La variedad que se usa en todos los ensayos es Bluebelle.

Solo en las zafras 1982-83, 1983-84 y 1986-87 se obtuvo, en forma artificial, (en condiciones ambientales favorables), infección suficiente para permitir las evaluaciones. Se evalúa nivel de daño, rendimiento en granos, calidad y rendimiento industrial.

## ENFERMEDADES QUE ATACAN EL TALLO DEL ARROZ

De las otras enfermedades indetificadas, las más generalizadas fueron durante varios años *Rhizoctonia oryzae* y *Cercospora oryzae*, consideradas como enfermedades secundarias que generalmente aparecen

al final del ciclo del cultivo, sin provocar daños importantes.

Pero en los últimos años, al incrementarse la intensidad de uso con arroz en los campos, ha tomado mayor importancia la incidencia de este complejo de enfermedades que atacan el tallo. En orden de importancia son: *Sclerotium oryzae*, *Slerotium oryzae sativa* (que se incrementó y generalizó en los campos de uso intensivo desde su detección en el campo experimental de Paso de la Laguna en 1981), *Rhizoctonia oryzae* y *Cercospora oryzae*.

Esta situación ha hecho que se plantee la necesidad de obtener resistencia a esta enfermedad, y su posible control por métodos de manejo o de productos químicos fungicidas.

Desde 1984 se establecieron métodos de evaluación de resistencia a estas enfermedades del tallo, del mismo material genético que se evalúa para *Pyricularia oryzae*.

Se instalaron "camas de infección", sembrando los cultivares en surcos de 2,0 o 3,0 m (según siembra manual o a máquina), separados 0,15 a 0,20 m, intercalando un cultivar que se ha comportado como susceptible y otro resistente.

En los primeros años se intentó inoculación artificial, no obteniéndose buenos resultados. En lo sucesivo estas "camas de infección" se instalaron sobre suelos con antecedentes de ataque de estas enfermedades.

Las lecturas realizadas en estas evaluaciones muestran mayor resistencia en cultivares con tallos más vigorosos y de mayor diámetro en los cuales el ataque es superficial, pero los resultados son variables.

La mayor incidencia de este complejo de enfermedades fue corroborado por los resultados obtenidos en 1981-82 en el sistema de producción de la Estación Experimental del Este donde se utiliza una rotación de dos años de arroz y cuatro años de pasturas mejoradas. En un ensayo de fertilización instalado en rastrojo de arroz luego del ciclo de praderas con el cultivar Bluebelle, la respuesta a nitrógeno fue

negativa, observándose vuelco total en los niveles N=80 y N=120 U/ha, mientras que el testigo, N=40, mostró menor incidencia. El patógeno presente en estos ensayos fue *Sclerotium oryzae* principalmente.

Dicha depresión fue prácticamente lineal, bajando 1 t/ha en el nivel máximo de N respecto al testigo, que en ese año fue muy alto (8,0 t/ha). En el año anterior, (1980-81) dicha respuesta había sido positiva, con un máximo físico de (7,3 t/ha) con 106 UN, y un incremento sobre el testigo de 1,3 t/ha sin presencia importante de enfermedades (Resultados de la Experimentación Regional en Arroz, Informes Anuales de la Estación Experimental del Este).

En base a esta situación, se han planteado desde la zafra 1987-88, ensayos para evaluar la posibilidad de realizar un manejo integral, que incluya, variedad, manejo de la fertilización nitrogenada y aplicación de productos fungicidas para minimizar el daño provocado por estas enfermedades en chacras de mayor uso con arroz, donde se prevé la existencia en el suelo de estos patógenos.

Importa señalar, por último, la existencia en aumento de la enfermedad (podredumbre de las vainas) causada por *Sclerotium oryzae sativae*, patógeno muy similar

por sus características, a *Rhizoctonia solani*. Su efecto en la producción de arroz aún no ha sido bien determinado, pero su existencia se hace prevalente en algunos campos arroceros.

En esta última zafra se evaluó en camas de infección, la reacción de los diferentes cultivares a esta enfermedad y también estuvo presente como principal patógeno, en ensayos de control.

Se ha concluido, mediante ensayos realizados desde 1981 que existen algunos productos fungicidas capaces de controlar en cierta medida estas enfermedades, información corroborada por bibliografía proveniente de Brasil, en trabajos de A.S. Ribeiro y Louisiana: Rush et al.

Mediante la aplicación de estos productos, manejando adecuadamente la fertilización, se puede lograr un incremento alrededor de 14 por ciento en rendimiento y cierto control de la enfermedad, que permita al cultivo permanecer sin vuelco por algún tiempo después de la madurez fisiológica.

Queda todavía por establecer la mejor época de aplicación en cuanto a desarrollo de las enfermedades y estado vegetativo del cultivo, además del número de aplicaciones de fungicidas.

#### Evaluación de los nuevos cultivares de la EEE según su comportamiento en cama de infección.

Cultivar	<i>Sclerotium oryzae</i>	<i>Rhizoctonia oryzae</i>	<i>Cercospora oryzae</i>
El Paso L 48	MS	MS	R
El Paso L 94	S	MS	MR-MS
El Paso L 227	MR	R	MR
El Paso L 144	R	R	MS
El Paso L 43	S	-	-
Bluebelle	S	MS-S	MS

Fuente. Subproyecto Fitopatología, EEE

## Lista de Participantes

### ARGENTINA

*Blas, Livore Alberto*  
EEA Concepción del Uruguay/INTA  
Casilla de Correo 6  
3260 Concepción del Uruguay, Entre  
Ríos

*Damilano, Adelqui Luis*  
EEA Pergamino/INTA  
Casilla de Correo 57  
3400 Corrientes

*Carcagno, Arturo David*  
EEA Corrientes/INTA  
Casilla de Correo 57  
3400 Corrientes

### BOLIVIA

*Jiménez, Raúl Candia*  
*Reyes Ross Nelson*  
Av. Ejército Nacional 131  
Casilla de Correo 359  
Santa Cruz

### BRASIL

*Anjos e Silva, Sérgio Delmar Dos*  
EMGOPA  
Rua 58 N°94  
Centro Educacional Waldemar Dutra  
74000 Goiânia/GO

*Bacha, Richard Elías*  
EMPASC  
Caixa Postal 738 e 781  
Florianópolis / SC

*Carmona, Paulo Sérgio*  
IRGA  
Caixa Postal 1927  
90000 Porto Alegre/RS

*Costa, Leila Kátia da Silva*  
*Cutrin, Veridiano Dos Anjos*  
*Ferreira Neves, Péricles de Carvalho*  
*Ferreira, Reinaldo de Paula*  
*Freire, Adelson de Barros*  
*Freire, Merlene Silva*  
*Moraes, José Francisco Valente*  
*Moraes, Orlando Peixoto de*  
*Pereira, Pedro Antonio Arraes*  
*Prabhu, Anne Sitamara*  
*Rangel, Paulo Hideo Nakano*  
*Santana, Evaldo Pacheco*  
CNPAP / EMBRAPA  
Caixa Postal 179  
74000 Goiânia/GO

*Franz, Claudio A.F.*  
CEPAI - Arroceria Curi  
Av. Salgado Filho 927  
96100 Pelotas/RS

*Terres, Arlei Laerte Silva*  
CPATB  
Campus da UFPEL  
96001 Pelotas/RS

## CHILE

*Alvarado, José Roberto*  
*Gerding, Marcos*  
INIA  
Casilla de Correo 426  
Chillán

## FRANCIA

*Chatel, Marc-Henri*  
*Veillet, Stanislas Andre*  
IART - CPAF/EMBRAPA  
Caixa Postal 179  
74000 Goiânia/GO

## PARAGUAY

*Aldama, Rafael*  
*Rodasgi, Jorge E.*  
Campo Experimental de Arroz/MAG  
Ruta II, Km 48,5  
Caacupé

## URUGUAY

*Chebataroff, Nicolás*  
*Stella Avila, Mariflor*  
EE del Este/CIAAB  
Casilla de Correo 42  
Treinta y Tres

*Gastal, Edmundo*  
IICA/PROCISUR - Director  
Casilla de Correo 1217  
Montevideo

## **Nota del Editor**

PROCISUR en su etapa de Institucionalización tiene un Proyecto Arroz cuyo objetivo es el aumento de la producción, productividad y rentabilidad de dicho cultivo, al menor costo posible.

El logro de lo anteriormente expuesto se hará a través de la identificación, intensificación y consolidación entre los Organismos de Investigación de los países participantes del PROCISUR de un sistema permanente de apoyo recíproco, de intercambio de conocimientos y de acciones cooperativas.

Este DIALOGO es un aporte al intercambio de conocimientos y es el primero que el Programa Cooperativo publica sobre arroz.

En él se presentan los informes sobre mejoramiento de arroz en Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay.

La información de los países se complementa con otros trabajos técnicos en el área genética y de fitopatología tanto a nivel de arroz de secano como arroz irrigado.

Confiamos que esta publicación sea de utilidad para todos los técnicos que se dedican a este cultivo tan importante en la alimentación humana.

**Dr. Juan P. Puignau**  
*Especialista en Comunicación*

**Esta publicación constituye el número XXXIII de la Serie DIALOGO del PROCISUR, tiene un tiraje de 850 ejemplares y se terminó de imprimir en la ciudad de Montevideo, Uruguay, en el mes de octubre de 1991.**

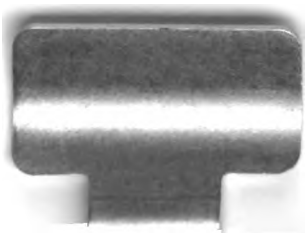
**Levantamiento de texto: Srta. Grisel Almeida**

**Diagramación y armado: Sra. Cristina Díaz**

**Impresión, encuadernación y portadas: Impresora Maker SRL**

**Comisión del Papel. Edición amparada al Artículo 79 de la Ley 13.349.**





---

INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACION PARA LA AGRICULTURA  
Andes 1365, P. 8 - Tel. 92 04 24 - Fax (598) 2 92 13 18 - Casilla de Correo 1217 - Telex IICA UY 22571

Digitized by Google