

Informe Anual 2000

Proyecto IP-4:

**Mejoramiento del Germoplasma de Arroz para América
Latina y el Caribe**

**Para Circulación Interna
y Discusión**

Octubre 2000



CIAT

Centro Internacional de Agricultura Tropical
International Center for Tropical Agriculture

Informe Anual 2000

Proyecto IP-4:

**Mejoramiento del Germoplasma de Arroz para América
Latina y el Caribe**

**Para Circulación Interna
y Discusión**

Octubre 2000

Proyecto IP-4. Mejoramiento del Germoplasma de Arroz para América Latina y el Caribe. Informe Anual 2000. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. Octubre 2000.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
Resumen Ejecutivo	1
Principales Logros de Investigación	6
Meta y Propósito del Proyecto	11
Registro del Proyecto	12
RESULTADO 1. MEJORAMIENTO DE LOS ACERVOS GENÉTICOS	
1.A. Mejoramiento Convencional de Arroz para el Ecosistema de Sabanas	17
1.B. Mejoramiento de los Recursos Genéticos de Arroz para América Latina y el Caribe – Subproyecto Proyecto Colaborativo CIAT-CIRAD	32
1.C. Avance y Evaluación de Poblaciones Inter-Específicas	43
1.D. Introgresión de Genes del Nuevo Tipo de Planta en los Acervos Genéticos de LAC	50
1.E. Uso del Cultivo de Anteras y del Cultivo <i>in vitro</i> para el Mejoramiento de los Acervos de Genes	55
RESULTADO 2. CARACTERIZACIÓN DE LAS PLAGAS DEL ARROZ Y LA GENÉTICA DE LA RESISTENCIA	
2.A. Caracterización y Genética de la Resistencia a la Pyricularia del Arroz, Añublo de la Vaina y Manchado del Grano	59
2.B. Mejoramiento de los Recursos Genéticos de Arroz para América Latina y Caribe – Subproyecto Proyecto Colaborativo CIAT-CIRAD	85
2.C. Virus de la Hoja Blanca y <i>Tagosodes orizicolus</i>	107
2.D. Genes Foráneos como Nuevas Fuentes de Resistencia al Virus de la Hoja Blanca (VHB) del Arroz y a <i>Rhizoctonia solani</i>	139
2.E. Caracterización del Entorchamiento: Un Complejo de <i>Polymyxa graminis</i> y al Virus del Rayado Necrótico del Arroz	150
RESULTADO 3. FORTALECIMIENTO DE LAS CAPACIDADES REGIONALES DE INVESTIGACIÓN EN ARROZ Y ASIGNACIÓN DE PRIORIDADES A LAS NECESIDADES CON ÉNFASIS EN LOS PEQUEÑOS AGRICULTORES	
3.A. FLAR y Economía de los Sistemas de Producción de Arroz	158
3.B. Economía del Arroz	199
ANEXO 1. PERSONAL PRINCIPAL Y DE APOYO	219

Informe Anual 2000

IP-4 Mejoramiento del Germoplasma de Arroz para América Latina y el Caribe

Resumen Ejecutivo

El Proyecto IP-4 del CIAT para mejorar el germoplasma de arroz para América Latina y el Caribe (ALC) ha sufrido cambios continuos a lo largo de sus tres décadas de existencia para satisfacer las necesidades de los cultivadores de arroz. El proyecto da énfasis especial a los pequeños cultivadores, a nuestros socios colaboradores y al entorno externo de financiamiento. El enfoque del proyecto es regional. Nuestra ventaja comparativa es la capacidad para abordar las limitaciones y las oportunidades que tienen un alcance regional pero son propias de ALC. Este resumen ejecutivo refleja nuestra estrategia para superar estas limitaciones; se destacan algunos de los estudios que se están realizando y se señalan las áreas en que existen necesidades y oportunidades adicionales.

Resultado 1. Mejoramiento de los Acervos Genéticos

El mejoramiento de los acervos genéticos constituye la esencia del proyecto de arroz. Este es un esfuerzo colaborativo con socios en todo el mundo. El aumento de la diversidad genética de variedades comerciales depende de la disponibilidad de acervos genéticos para utilizar como progenitores en cruzamientos. En colaboración con el IRRRI, se está adaptando el “nuevo tipo de planta” a las condiciones de América Latina. Se realizaron y evaluaron cruzamientos convencionales. Para acelerar el proceso, también se está utilizando el cultivo de anteras para producir haploides dobles de las mejores líneas que, a su vez, se están evaluando respecto a tipo de planta, calidad de grano, rendimiento y adaptación a plagas, enfermedades y limitaciones no biológicas, como el frío y la toxicidad de hierro. Durante el pasado año, el laboratorio de cultivo de anteras del CIAT produjo más de 7,200 haploides dobles que se están utilizando en diversos trabajos de mejoramiento tanto en el CIAT como por el FLAR y los programas nacionales.

Las especies silvestres son otra fuente para ampliar la base genética del germoplasma de arroz. Lamentablemente, los cruzamientos con especies silvestres también introducen muchos rasgos indeseables. Los cruzamientos amplios son útiles para demarcar áreas con rasgos deseables potenciales en el genoma de arroz gracias a que los progenitores tienen un mayor número de diferencias detectables mediante técnicas moleculares. En colaboración con WARDA, se realizaron muchos cruzamientos interespecíficos que incluían *O. sativa* Bg90-2/*O. rufipogon* y, junto con el Proyecto SB-2 del CIAT y la Universidad de Cornell, se identificaron al menos 25 loci de caracteres supuestamente cuantitativos (QTL) de rasgos agronómicos importantes. Los resultados

de estos esfuerzos son los nuevos acervos genéticos que serán la base para gran parte de la nueva diversidad en futuras variedades comerciales.

La selección recurrente es la selección sistemática de individuos deseables de una población, seguida por la recombinación de los individuos seleccionados para formar nuevas poblaciones. El rasgo estéril masculino se utiliza para reforzar el proceso cíclico de la selección recurrente. Esta es una de las principales estrategias del proyecto de arroz para producir acervos genéticos mejorados. El CIAT y el CIRAD tienen una historia de esfuerzos colaborativos; dos científicos del arroz del CIRAD tienen su sede de trabajo en el CIAT. Muchas poblaciones mejoradas se encuentran en desarrollo y el proceso es tan flexible que, a menudo, las mismas poblaciones se convierten en la base para acervos genéticos mejorados para muchas localidades diferentes. Estos acervos genéticos mejorados están diseñados para superar limitaciones específicas. Se utilizó una fuente proveniente de Madagascar para desarrollar un acervo génico por tolerancia al frío en arroz de secano. Este acervo génico se destinó para desarrollar variedades para los pequeños cultivadores de secano. Otro de los acervos genéticos se utiliza para seleccionar materiales adaptados a la altillanura de Colombia. Este año se enviaron diversos tipos de acervos genéticos para evaluación por SNIA y ONG.

Resultado 2. Caracterización de las Plagas del Arroz y la Genética de la Resistencia

Existen varios problemas relacionados con plagas y enfermedades que son únicos de América Latina. Estos incluyen razas específicas del añublo del arroz y de *Rhizoctonia*, el virus de la hoja blanca del arroz (VHBA), *Tagosodes orizicolus* y entorchamiento, una enfermedad recientemente introducida en América Latina desde África. El año pasado aumentó el número de informes de otras plagas y enfermedades como *Sarocladium*, una enfermedad fúngica que causa pudrición de la vaina. El reto del proyecto de arroz del CIAT será expandir su alcance y promover soluciones de manejo integrado de plagas y enfermedades.

El desarrollo de variedades con resistencia duradera al añublo del arroz ha sido por mucho tiempo una meta esquiva. El CIAT y sus socios colaboradores, mediante la selección en sitios críticos para mejoramiento, han aumentado significativamente el nivel de resistencia al añublo del arroz, lo que se refleja en algunas variedades comerciales. Aún así hay informes del desdoblamiento de la resistencia al añublo, y es necesario continuar investigando. Una comprensión molecular de la interacción hospedante/patógeno es esencial para desarrollar métodos de fitomejoramiento más sistemáticos.

Este año se estableció un nuevo método para evaluar la estructura genética del hongo causante del añublo, el cual se está transfiriendo a nuestros socios colaboradores en la región. Existe evidencia adicional que la combinación de los genes Pi-1, Pi-2 y Pi-11 de resistencia al añublo deben conferir resistencia duradera. En colaboración con el CIRAD, se están identificando otros genes de resistencia al añublo. Se identificaron

más de 50 donantes potenciales de genes de resistencia al añublo para utilizar en programas de fitomejoramiento. La selección recurrente aplicada para desarrollar acervos genéticos con resistencia parcial puede ser útil para desarrollar líneas con resistencia duradera y es otra actividad en la que ya se registran adelantos. El proyecto promueve esfuerzos para identificar poblaciones locales, conocer la reacción a los genes de resistencia y utilizar métodos moleculares junto con el mejoramiento en sitios críticos para finalmente desarrollar un gran número de variedades comerciales con resistencia duradera.

Durante muchos años, el complejo del virus de la hoja blanca del arroz y el saltahoja *T. orizicolus* ha sido uno de los principales puntos de investigación del CIAT. Sin embargo, hasta hace poco la mayoría de las variedades comerciales eran sumamente sensibles a la enfermedad de la hoja blanca. Con mejores metodologías de selección cada año se liberan variedades con mayores niveles de resistencia al virus y al insecto. Una nueva variedad y varias líneas avanzadas ahora presentan más resistencia que la fuente principal de resistencia al virus. Esto probablemente se deba a una mayor resistencia al vector. En la actualidad, los arroceros colombianos y venezolanos disponen de más opciones de germoplasma, pero todavía es necesario promover variedades para otros países. Este año, la investigación cambió el enfoque de desarrollar técnicas adicionales de control y de selección para conocer los mecanismos de resistencia al VHBA y *T. orizicolus*. Este cambio se está integrando a los esfuerzos para desarrollar marcadores moleculares para componentes específicos de resistencia y un enfoque más sistemático para desarrollar variedades altamente resistentes.

La enfermedad del entorchamiento es un complejo del hongo vector *Polymyxa graminis* y el virus del rayado necrótico del arroz (VRNA). Este problema se ha difundido en todo Colombia durante la última década y ahora está en Panamá. Se anticipa que pronto se convertirá en un problema regional. En colaboración con FEDEARROZ se están investigando prácticas de manejo y de desarrollo de germoplasma para controlar la enfermedad. Este año se continuó mejorando los métodos de evaluación de germoplasma. Se ha desarrollado un método altamente reproducible para seleccionar germoplasma en condiciones de invernadero y se seleccionaron varias líneas comerciales y avanzadas. Existen fuentes moderadamente buenas de resistencia en el germoplasma de arroz, en las que *O. glaberrima* se presenta como una fuente aún mejor. Se está empezando a desarrollar bancos de germoplasma mejorados con múltiples fuentes de resistencia al entorchamiento.

Desde hace varios años, el CIAT ha estado desarrollando arroz transgénico con resistencia al VHBA. Este año el gobierno colombiano otorgó permiso para iniciar los experimentos de campo, y se está evaluando en condiciones de campo el arroz transgénico con resistencia al VHBA en condiciones de invernadero. Esto también permite, por primera vez, la identificación selectiva de grandes poblaciones. Este fue el segundo año de investigación colaborativa con la Universidad de Rutgers para desarrollar arroz transgénico con resistencia a múltiples enfermedades mediante el uso de un nuevo gen (PAP). Se obtuvieron plantas transgénicas que expresan la proteína y

que se encuentran en proceso de evaluación respecto a su resistencia al añublo de la vaina.

Resultado 3. Fortalecimiento de las Capacidades Regionales de Investigación en Arroz y Asignación de Prioridades a las necesidades con énfasis en los Pequeños Agricultores

El CIAT es miembro fundador del FLAR y tiene, por ende, una relación especial con sus miembros. Las actividades del Fondo responden a las solicitudes específicas de sus miembros y, por tanto, es necesario responder rápidamente a sus necesidades. Este es una de las principales formas mediante las cuales el proyecto de arroz del CIAT conocer las necesidades y perspectivas de los arroceros. El CIAT y el FLAR deben seguir explorando maneras de mejorar la efectividad de sus esfuerzos colaborativos y así asegurarles el éxito a los arroceros latinoamericanos.

Se realizó un estudio regional sobre las brechas en rendimiento, es decir, la diferencia entre el rendimiento potencial de una variedad y los rendimientos reales a nivel de finca. Este factor indica que existe potencial para aumentar la producción de arroz en un 20% aproximadamente sin que los cultivadores incurran en costos adicionales. Si se adoptan prácticas para reducir las brechas en rendimiento, el arroz latinoamericano se tornará aún más competitivo en el mercado mundial. Este año los miembros del FLAR liberaron 12 variedades. Existe la percepción de que los estudios realizados y las nuevas variedades benefician a los agricultores más prósperos. El estudio concluye que dentro del mismo agroecosistema, los agricultores, independientemente del tamaño de las siembras, la tenencia de tierra, el tipo de tecnología y las variables sociales como edad y experiencia, pueden obtener rendimientos similares; esto indica que las tecnologías de arroz son neutrales, relativamente sencillas y rápidamente adoptadas. Esto significa que los pequeños productores de arroz se están beneficiando de las tecnologías generadas por el CIAT y sus socios colaboradores.

Conclusión

Para el Proyecto de Arroz IP-4 este año ha sido colmado de muchos éxitos, con adelantos de investigación significativos en todos los niveles, desde la investigación básica hasta la investigación aplicada en colaboración con una diversidad de socios colaboradores. De esta manera se están creando las bases para futuras variedades de rendimientos más altos y más estables, mejor calidad, resistencia duradera a los diversos tipos de estrés biótico y abiótico. Los esfuerzos anteriores comienzan a dar fruto en la medida que los países de la región liberen nuevas variedades y estén de nuevo produciendo suficiente arroz para satisfacer las exigencias de la creciente población. Con el amplio acervo de recursos de tierra con suministro adecuado de agua, los países latinoamericanos tienen potencial de convertirse en grandes exportadores de arroz. Pero, para que esto suceda, se debe continuar con la investigación orientada hacia el logro de mayores rendimientos y mayor competitividad global.

El CIAT tiene como misión el alivio de la pobreza y una obligación especial para asegurar que los resultados de su investigación estén al alcance de los pequeños agricultores de escasos recursos. El arroz es un cultivo donde las tecnologías mejoradas han tenido un efecto altamente benéfico al aumentar directamente el ingreso de los cultivadores de arroz, tanto grandes como pequeños. De esta manera se contribuye al crecimiento económico de las regiones donde los pequeños agricultores también obtienen otros ingresos asociados con la expansión de este cultivo. El proyecto de arroz busca fortalecer alianzas que aumenten las oportunidades para tener un impacto más directo en los cultivadores de arroz más pobres. Ya están las bases para trabajar con todos los socios colaboradores del Centro y hacer que esto sea una realidad.

Informe Anual 2000 del Proyecto IP-4

Principales Logros de Investigación

RESULTADO 1. MEJORAMIENTO DE LOS ACERVOS GENÉTICOS

1.A. Mejoramiento Convencional de Arroz para el Ecosistema de Sabanas

- Las líneas del CIAT y CIRAD para condiciones de secano se liberaron en Brasil como las variedades BONANÇA y CARISMA; en Bolivia una línea de CIRAD se liberó como JASAYE y en Colombia se liberará el próximo año una línea del CIAT, "Línea 30".
- En China FCRI/YAAS liberaron la variedad YUNLU 29, proveniente del cruzamiento entre una línea china e IRAT 216.
- Para las poblaciones de secano PCT-4, PCT-A y PCT-5 se realizaron cuatro ciclos de mejoramiento mediante selección recurrente masiva en ambos sexos por resistencia al virus de la hoja blanca del arroz y al añublo y los principales rasgos agronómicos. Estas poblaciones mejoradas se están utilizando para el desarrollo de líneas.
- Para la población PCT-4 se completaron dos ciclos de selección recurrente basada en la evaluación de líneas S_2 .
- Se creó un grupo formal denominado "Grupo de Mejoramiento Genético Avanzado del Arroz" (GRUMEGA), coordinado por CIAT/CIRAD y EMBRAPA.
- Se están desarrollando poblaciones compuestas específicas al sitio, en colaboración con organizaciones de Venezuela, Chile, Uruguay, Brasil y China.
- Socios en Colombia (Fedearroz), Argentina (Universidad de La Plata y Corrientes), Chile (INIA Quilamapu), Venezuela (Fundación Danac) y Cuba (IIA) desarrollaron líneas fijas.
- En Chile se completó un ciclo de mejoramiento de poblaciones mediante selección recurrente de la población PQUI-1 por tolerancia al frío y rendimiento de grano, y en Venezuela con la población PFD-1 por rendimiento y calidad de grano.

I.B. Mejoramiento de los Recursos Genéticos de Arroz para América Latina y el Caribe – Subproyecto Proyecto Colaborativo CIAT-CIRAD

- Se obtuvieron dos proyectos especiales para seguir la investigación en arroz de secano para pequeños productores en zonas de ladera.
- Se ha desarrollado una nueva actividad colaborativa con socios de América Central y se ha fortalecido la colaboración con China.
- Los socios colaboradores de siete países han recibido la primera población recurrente de arroz de secano para zonas de ladera, con base genética estrecha.

I.C. Avance y Evaluación de Poblaciones Inter-Específicas

- Los estudios paralelos AB-QTL indican que algunas regiones del genoma del arroz contienen genes para el mejoramiento del arroz cultivado.
- Los datos indican que el QTL derivado de *O. rufipogon* se expresa en diferentes antecedentes genéticos y ambientes.
- Veinticinco QTL putativos, derivados de *O. rufipogon*, que afectan varios rasgos agronómicos importantes en el fenotipo Bg90-2/*O. rufipogon*, han mostrado un rendimiento de grano consistente a través de diferentes generaciones. Estos se identificaron en el cruzamiento Caiapo/*O. rufipogon*. En el cruzamiento Bg90-2/*O. rufipogon* se identificaron 22 supuestos QTL.
- Las líneas de mejoramiento seleccionadas en Bg90-2/*O. rufipogon*, con base en el fenotipo, han mostrado un rendimiento de grano uniforme a través de diferentes generaciones.

I.D. Introgresión de Genes del Nuevo Tipo de Planta en los Acervos Genéticos de LAC

- En el germoplasma proveniente de América Latina se ha realizado introgresión de nuevos rasgos de tipo de planta. Se seleccionaron líneas convencionales y haploides dobles con rasgos fijados mediante cultivo de anteras. Los resultados hasta ahora han sido promisorios.

I.E. Uso del Cultivo de Anteras y del Cultivo *in Vitro* para el Mejoramiento de Acervos de Genes

- Se generaron 7,200 líneas haploides dobles a partir de cultivo de anteras del arroz para diversos trabajos de mejoramiento en el CIAT. Este año se distribuyeron 300 líneas R2 y 900 líneas R3 a programas nacionales en América Latina y al FLAR.

RESULTADO 2. CARACTERIZACIÓN DE LAS PLAGAS DEL ARROZ Y LA GENÉTICA DE LA RESISTENCIA

2.A. Caracterización y Genética de la Resistencia a la Pyricularia del Arroz, Añublo de la Vaina y Manchado del Grano

- La combinación de los genes Pi-1, Pi-2 y Pi-11 de resistencia al añublo del arroz se identificó como la más apropiada para conferir resistencia duradera a todos los linajes genéticos y al espectro de virulencia del patógeno.
- Se inició un vivero de añublo con más de 50 donantes potenciales de genes de resistencia para los ensayos rutinarios de estabilidad y distribución en la región.
- Se estableció una técnica rep-RCP para caracterizar la estructura genética de las poblaciones de añublo, la cual se está transfiriendo a los investigadores en la región que trabajan con el añublo.

- El arroz silvestre *Oryza rufipogon* y el cultivar asiático Remadja se identificaron como posibles fuentes de genes de resistencia al añublo de la vaina.
- Se identificaron siete fuentes con altos niveles de resistencia a la decoloración del grano que incluían cinco líneas de seco y dos de riego.
- Se inició un programa de retrocruzamiento para la introgresión de genes de resistencia al añublo en cultivares de arroz.

2.B. Mejoramiento de los Recursos Genéticos de Arroz para América Latina y Caribe – Subproyecto Colaborativo CIAT-CIRAD

El FLAR seleccionó 17 líneas F₅ resistentes al frío, muy precoces y con un progenitor con una alta resistencia parcial al añublo del arroz; estas líneas fueron inmunes al añublo del arroz en los ensayos de Santa Rosa.

- Se evaluó un ciclo completo de selección recurrente para resistencia parcial y completa al añublo del arroz y para otros rasgos agronómicos; se observó avances genéticos promisorios en cuanto a la resistencia al añublo del arroz.
- Las cinco primeras poblaciones recurrentes, con una base genética estrecha, para los diferentes tipos de sistemas de cultivo del arroz han sido enviados a 10 países colaboradores en América Latina, África, Asia y Europa.
- Se ha establecido un nuevo convenio de colaboración con los socios de América Central, y se ha fortalecido la colaboración con China.

2.C. Virus de la Hoja Blanca del Arroz (VHBA) y *Tagosodes orizicolus*

- Nuevas variedades con niveles altos de resistencia al VHBA y a *T. orizicolus* se liberaron en Colombia y Venezuela el año pasado. Con estas variedades los agricultores cuentan con más opciones y esto debe contribuir a prevenir brotes del VHBA y a disminuir el uso de los plaguicidas.
- Dos nuevas variedades y algunas líneas avanzadas presentan mayor resistencia al VHBA que Colombia 1, que es considerada como la fuente primaria de resistencia al virus. De esta forma se muestran los avances que se están logrando mediante el mejoramiento convencional.
- Los avances logrados para identificar los mecanismos de resistencia al VHBA y a *T. orizicolus* deben conllevar a un desarrollo más sistemático de los acervos genéticos.
- Las variedades altamente resistentes tienen tipos múltiples de resistencia a *T. orizicolus* y al VHBA.
- Se determinó que la variedad Fedearroz 50 posee antixinosis y antibiosis a *T. orizicolus*. Aunque los biotipos desarrollados a menudo superaron la resistencia, es posible que la resistencia compleja de Fedearroz 50 la convierta en una variedad con resistencia duradera.
- Este año se realizó un estudio para determinar si existen biotipos de *T. orizicolus*. Gracias a la utilización de rasgos biológicos y de métodos moleculares, se concluyó que en Colombia no existe ningún biotipo diferenciado de *T. orizicolus*.

2.D. Genes Foráneos como Nuevas Fuentes de Resistencia al Virus de la Hoja Blanca del Arroz (VHBA) y a *Rhizoctonia solani*

- Un total de 421 líneas transgénicas seleccionadas como representantes de varias generaciones y poblaciones F₂ derivadas de cruzamientos con diferentes variedades se sembraron en el campo en noviembre del 2000. Estas líneas se evaluarán respecto a su resistencia al VHBA y sus rasgos agronómicos en CIAT- Palmira, aplicando las normas de bioseguridad ambiental internacionales y colombianas. El Comité de Bioseguridad Colombiana expidió en septiembre del 2000 la aprobación para los ensayos de campo.
- La transformación del arroz con el gene VHBA NS4 fue un éxito.
- Hasta la fecha se ha generado un total de 35 eventos transgénicos independientes portadores del gene mutante de supresión PAPI y 50 eventos transgénicos independientes portadores del gene PAP II. Este verano se envió una primera muestra de tejido vegetal a la Universidad Rutgers para análisis y se identificaron plantas con expresión del gene PAP con base en el análisis Western. Las plantas que expresaron PAP se evaluarán en condiciones de invernadero respecto a resistencia al añublo de la vaina.

2.E. Caracterización del Entorchamiento: un Complejo de *Polymyxa graminis* y el Virus del Rayado Necrótico del Arroz

- Se desarrolló un método del invernadero que proporciona consistentemente altos niveles de presión de enfermedad. Este método se está utilizando para examinar el germoplasma del arroz respecto a resistencia al entorchamiento.
- Las especies silvestres, especialmente *Oryza glaberrima*, fueron las mejores fuentes de resistencia y puede ser posible desarrollar variedades de arroz inmunes al entorchamiento.

RESULTADO 3. FORTALECIMIENTO DE LAS CAPACIDADES REGIONALES DE INVESTIGACIÓN EN ARROZ Y ASIGNACIÓN DE PRIORIDADES A LAS NECESIDADES CON ÉNFASIS EN LOS PEQUEÑOS AGRICULTORES

3.A. FLAR y Economía de los Sistemas de Producción de Arroz

- Los miembros de FLAR liberaron este año 12 variedades.
- Un estudio, basado en los datos obtenidos de 180 productores de arroz en el período 1991-98 en Colombia, reveló que las nuevas tecnologías han sido adoptadas fácilmente por todo tipo de agricultores.
- Dentro de condiciones edafoclimáticas altamente homogéneas (a nivel municipal), es probable que los agricultores obtengan rendimientos muy similares. El rendimiento es independiente de las habilidades individuales del cultivador de arroz,

el tipo de tecnología y las variables sociales como edad, experiencia como agricultor y en la producción de arroz, y nivel de educación. Tampoco depende del tamaño de la finca o del tipo de ocupación.

3.B. Economía del Arroz

- La clasificación de los productores en buenos o malos agricultores es variable y difiere de un semestre a otro. Lo más probable es que los cambios observados en desempeño correspondan a variables incontrolables, que afecten aleatoriamente las operaciones de producción del arroz. No parecen existir agricultores con paquetes, prácticas y desempeño sistemáticamente “superiores”, lo que sugiere que las tecnologías del arroz son neutrales, muy universales, relativamente sencillas, y de fácil y rápida adopción.

Proyecto IP-4. Mejoramiento de Germoplasma de Arroz para América Latina y el Caribe

Meta del Proyecto

Mejorar el bienestar nutricional y económico de los cultivadores y los consumidores de arroz de bajos ingresos en América Latina y el Caribe mediante el aumento sostenible de la producción y la productividad del arroz

Propósito del Proyecto

Aumentar la diversidad genética del arroz y mejorar los acervos genéticos para obtener rendimientos mayores y más estables a menores costos unitarios de producción, que favorezcan a los consumidores y reduzcan los riesgos ambientales.

Mejoramiento de los acervos genéticos

Caracterización de las plagas del arroz y la genética de la resistencia

Fortalecimiento de las capacidades regionales de investigación en arroz y asignación de prioridades a las necesidades con énfasis en los pequeños agricultores

Registro del Proyecto

Resumen Narrativo	Indicadores Mensurables	Medios de Verificación	Suposiciones Importantes
<p>Meta Recolectar, conservar y mejorar el germoplasma de frijol, yuca, forrajes tropicales, arroz y sus parientes silvestres y ponerlo a disposición de los SNIA y otros socios.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se conservan y manejan <i>ex situ</i> un número suficiente de accesiones (de frijol, yuca y forrajes tropicales) que representan la diversidad genética. • Se han desarrollado y ensayado con los usuarios las estrategias y las pautas para el manejo <i>in situ</i> de la diversidad biológica de frijol, yuca y forrajes tropicales. • El germoplasma asequible de frijol, yuca, forrajes tropicales y arroz se ajusta a las normas de los SNIA en términos de productividad, estabilidad, rasgos agronómicos y necesidades de los usuarios. • Los usuarios tienen a su disposición técnicas e información pertinente y confiable para el mejoramiento de germoplasma. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los inventarios del banco de germoplasma del CIAT. • Los informes técnicos de los socios colaboradores. • Los informes anuales. 	
<p>Propósito Aumentar la diversidad genética del arroz y mejorar los acervos genéticos respecto a rendimientos mayores y más estables con menores costos unitarios de producción que beneficien a los consumidores y reduzcan los riesgos ambientales.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluaciones del potencial de rendimiento (cruzamientos interespecíficos, amplios y avanzados y selección recurrente). • Uso continuo de germoplasma mejorado por los SNIA. • Seguimiento de las prácticas de producción del arroz y los mercados. • Prácticas de MIP aplicadas para una producción estable y ambiente más sano. • Líneas de arroz seleccionadas con genes que portan rasgos deseados. • Fuentes potenciales para mayores niveles de resistencia a tipos de estrés biótico y abiótico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bases de datos. • Informes anuales de proyectos, del CIAT y de los SNIA. • Publicaciones. • Actividades promocionales (conferencias, capacitación, talleres, días de campo) 	<ul style="list-style-type: none"> • Estabilidad (interna y externa) • Las políticas nacionales favorecen la adopción de nueva tecnología.

<p>Resultados</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mejoramiento de los acervos genéticos. 2. Caracterización de las plagas del arroz y de la genética de la resistencia. 3. Fortalecimiento de las capacidades regionales de investigación en arroz y asignación de prioridades a las necesidades, con énfasis en los pequeños agricultores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de variación patógeno/plaga y fuentes de resistencia. • Estrategias del MIP. • Talleres. • Cursos de capacitación. • Encuestas de agricultores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Informe de progreso del proyecto para el año 2000. • Publicaciones. • Informes de progreso del proyecto y de talleres. 	<ul style="list-style-type: none"> • Continúa el apoyo de CIAT/CIRAD/FLAR. • Continúa un nivel adecuado de financiamiento. • Los SNIA adoptan las recomendaciones y los agricultores los implementan.
---	--	--	--

Resumen Narrativo	Indicadores Mensurables	Medios de Verificación	Suposiciones Importantes
<p>Resultado 1. Mejoramiento de los Acervos Genéticos</p> <p>Actividades</p> <p>1.A. Mejoramiento Convencional de Arroz para el Ecosistema de Sabanas. 1.B. Mejoramiento de los Recursos Genéticos de Arroz para América Latina y el Caribe – Subproyecto Proyecto Colaborativo CIAT-CIRAD. 1.C. Avance y Evaluación de Poblaciones Inter-Específicas. 1.D. Introgresión de Genes del Nuevo Tipo de Planta en los Acervos Genéticos de LAC. 1.E. Uso del Cultivo de Anteras y del Cultivo <i>in Vitro</i> para el Mejoramiento de los Acervos de Genes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Poblaciones de arroz desarrolladas y mejoradas (tolerancia a la acidez del suelo; resistencia al añublo, al VHBA, a <i>T. orizicolus</i> (13); buena calidad del grano; madurez precoz. • Número de ensayos de campo sembradas y de líneas seleccionadas. • Poblaciones distribuidas a los SNIA para el desarrollo de líneas. • Poblaciones desarrolladas (14); poblaciones en proceso (12); ensayos de rendimiento de poblaciones y caracterización molecular (4). Socios colaboradores (WARDA, CIRAD, EMBRAPA, CORNELL). • Número de cruzamientos realizados (433); arroz de riego para regiones tropicales (226), regiones templadas (155), áreas de secano (52). Número de líneas seleccionadas. • Haploides dobles: cruzamientos interespecíficos (386), poblaciones mejoradas de aceleración (815), somaclones (3,758 en Venezuela; 4,440 en Colombia) 	<ul style="list-style-type: none"> • Informe de progreso del proyecto para el 2000. • Visitas del campo y evaluaciones en los sitios de ensayo. • Poblaciones mejoradas distribuidas en LAC. • Poblaciones mejoradas en almacenamiento y en el campo. • Identificadas las mejores líneas y QTL. • Haploides dobles en almacenamiento • Publicaciones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Continúa el apoyo de CIAT/CIRAD/FLAR. • Financiamiento suficiente y desembolso oportuno del presupuesto. • Clima favorable. • Continúa el apoyo financiero para el laboratorio de cultivo de anteras. • El FLAR proporciona los cruzamientos, el apoyo de campo y los costos operativos.

Resumen Narrativo	Indicadores Mensurables	Medios de Verificación	Suposiciones Importantes
<p>Resultado 2. Caracterización de las Plagas del Arroz y la Genética de la Resistencia</p> <p><u>Actividades</u></p> <p>2.A. Caracterización y Genética de la Resistencia a la Pyricularia del Arroz, Añublo de la Vaina y Manchado del Grano.</p> <p>2.B. Mejoramiento de los Recursos Genéticos de Arroz para América Latina y Caribe – Subproyecto Proyecto Colaborativo CIAT-CIRAD.</p> <p>2.C. Virus de la Hoja Blanca y <i>Tagosodes oryzae</i>.</p> <p>2.D. Genes Foráneos como Nuevas Fuentes de Resistencia al Virus de la Hoja Blanca (VHB) del Arroz y <i>Rhizoctonia solani</i>.</p> <p>2.E. Caracterización del Entorchamiento: Un Complejo de <i>Polymyxa graminis</i> y el Virus del Rayado Necrótico del Arroz.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Espectro de virulencia y estructura genética de los agentes patógenos del arroz. • Marcadores moleculares asociados y número de genes de resistencia. • Fuentes de resistencia completa, complementaria y parcial. • Líneas de arroz con resistencia diversificada al VHBA y a <i>T. oryzae</i>. • Conocimiento de los componentes de resistencia al complejo VHBA. • Componentes desarrollados para el manejo de cultivos. • Desarrollo y evaluación de líneas transgénicas con genes virales del VHBA, con síntomas reducidos. • Introgresión de transgenes en cultivares comerciales. • Uso de nuevos genes de resistencia de múltiples componentes a patógenos del arroz. • Caracterización del VRNA y el complejo de vectores. • Desarrollo de métodos de evaluación de germoplasma. 	<ul style="list-style-type: none"> • Recolección de patógenos del arroz. • Base de datos de las fuentes de resistencia. • Cruzamientos realizados entre fuentes de resistencia. • Líneas F₇ con genes de resistencia estable al añublo que combinan los genes Pi-1 y Pi-2. • Mapa del genoma del arroz con genes de resistencia al añublo. • Informe de progreso en arroz para el año 2000. • Publicaciones. • Disponibilidad de una serie de publicaciones y herramientas de diagnóstico. • Germoplasma resistente seleccionado en condiciones artificiales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cruzamientos de arroz y poblaciones desarrollados por los fitomejoradores. • La Unidad de Biotecnología identifica marcadores moleculares asociados con la resistencia. • Continúa la colaboración con el FLAR. • Continúa la financiación adecuada de Colombia y la Fundación Rockefeller. • Continúa el apoyo y la financiación adecuada del CIAT, CIRAD y FLAR. • Continúa la financiación de Colombia, la Fundación Rockefeller y Colciencias. • Se otorga permiso para ensayos de campo con plantas transgénicas. • Continúa el apoyo y la financiación adecuada.

Resumen Narrativo	Indicadores Mensurables	Medios de Verificación	Suposiciones Importantes
<p>Resultado 3. Fortalecimiento de las Capacidades Regionales de Investigación en Arroz y Asignación de Prioridades a las necesidades con énfasis en los Pequeños Agricultores</p> <p><u>Actividades</u></p> <p>3.A. FLAR y Economía de los Sistemas de Producción de Arroz</p> <ul style="list-style-type: none"> - Análisis de muestras de arroz nacional en Colombia. - Creación de una red de economía en arroz en América Latina (RECAL). - Actividades de fitomejoramiento y de manejo de cultivos del FLAR en ALC (capacitación). - Actividades de promoción y difusión y evaluación de impacto. <p>3.B. Economía del Arroz</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Costos y coeficientes de producción. • Redacción de planes nacionales para el fitomejoramiento. • Número de científicos capacitados. • Publicación de informes de cursos. • Publicaciones del FLAR. • Presupuesto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Informe de progreso del arroz para el año 2000. 	<ul style="list-style-type: none"> • Continúan los fondos especiales. • Recomendaciones adoptadas por los agricultores. • Financiamiento adecuado y desembolso oportuno del presupuesto.

RESULTADO 1. MEJORAMIENTO DE LOS ACERVOS GENÉTICOS

1.A. Mejoramiento Convencional de Arroz para el Ecosistema de Sabanas

M. Châtel, Y. Ospina, F. Rodríguez y V.H. Lozano

1.A.1. Introducción

Como ya se ha planteado en informes de años anteriores, estamos terminando de manera paulatina las actividades de desarrollo de líneas fijas cruces convencionales, para su entrega inmediata a los programas nacionales. Sin embargo, existen líneas avanzadas creadas anteriormente por el proyecto, cuya evaluación sigue tanto en Colombia como en otros países.

Además, estamos evaluando y seleccionando líneas procedentes de cruces inter-específicos entre *Oryza sativa* y *O. glaberrima* introducidas de WARDA, como también líneas de *Oryza sativa* introducidas de Madagascar.

1.A.1.1 Selección de Líneas en Colombia

En Colombia continuamos la evaluación y selección de líneas para el desarrollo de líneas fijas que serán entregadas a CORPOICA para su adaptación a las condiciones de la Altillanura Colombiana.

Líneas del proyecto convencional CIAT/CIRAD

En 1999, se evaluaron 156 líneas (26 familias de 6 líneas) y se seleccionaron 16 (10.2%). En cada una se escogieron 6 plantas individuales. La semilla se guardó en el cuarto frío, y una muestra se envió al CIRAD.

Líneas inter-específicas de WARDA y de *O. glaberrima*

En 1999, una línea de WARDA y 3 de *O. glaberrima* fueron seleccionadas. Los resultados de las evaluaciones se remitieron al Dr. César Martínez.

1.A.1.2. Lanzamiento de Líneas en Brasil

La participación del material vegetal del proyecto CIAT/CIRAD sigue siendo muy importante. Las principales características de este material son precocidad, tipo de grano y tipo de planta bien adaptado a las condiciones brasileñas.

En 1999 2 de ellas, CT 11614-1-4-1-M (CNA8172) y CT 11251-7-2-M-M (CNA8305), fueron lanzadas como BONANÇA y CARISMA, respectivamente.

1.A.1.3. Lanzamiento de Líneas en Bolivia

En 1999, la línea IRAT 170 del CIRAD fue lanzada como JASAYE.

Está muy bien adaptada a las condiciones de cultivo de los pequeños agricultores.

1.A.1.4. Línea para ser Lanzada en Colombia

La línea 30 (CIRAD 409) será lanzada el próximo año por CORPOICA. Ella fue evaluada previamente en diferentes sistemas agronómicos, en rotación con otros cultivos y en asociación con plantas perennes.

1.A.1.5. Utilización de las Líneas del CIAT y del CIRAD en la China

CIRAD-CA tiene estrecha colaboración con el FCRI/YAAS en la Provincia del Yunnan. Se enviaron líneas de arroz de secano que después de su evaluación y selección fueron lanzadas como cultivar, o utilizadas como progenitores potenciales (IRAT 104, IRAT 359 y IRAT 216 respectivamente).

En 1999 el FCRI/YAAS lanzó la variedad YUNLU 29, que proviene de un cruce entre una línea china y la IRAT 216.

Líneas del proyecto CIRAD/CIAT, como también descendencias de cruces entre líneas chinas y CT, están siendo evaluadas en diferentes ensayos.

1.A.2. Mejoramiento Poblacional de Arroz para el Ecosistema de Sabanas

1.A.2.1. Introducción

El proyecto de mejoramiento poblacional utilizando la selección recurrente tiene como objetivo la adaptación, el desarrollo y la selección de poblaciones y acervos genéticos de tipo japonés tropical. Las principales características que se buscan mejorar para las condiciones de sabanas son las siguientes:

- Tolerancia a la acidez del suelo
- Resistencia a *pyricularia* (*Pyricularia grisea* Sacc.)
- Resistencia al insecto vector del virus de la Hoja Blanca (*Tagosodes orizicolus*)
- Buena calidad de grano (translúcido y largo- fino)
- Precocidad (ciclo total de 115 días)

1.A.2.2. Mejoramiento Poblacional

Las actividades reportadas en este informe fueron conducidas durante la estación de cultivo, Abril – Septiembre 1999, semestres A y B, y Abril - Septiembre 2000, semestre A, en Villavicencio – Meta, en la Estación Experimental “La Libertad” (EELL) y la Estación Experimental Palmira (EEP).

1.A.2.2.1. Desarrollo de Líneas de Poblaciones Recurrentes

Durante el mejoramiento de las poblaciones por selección recurrente, se seleccionan plantas fértiles. Estas son el punto de partida para el desarrollo de líneas fijas o de progenitores potenciales, en colaboración con nuestros principales socios (Argentina, Brasil, Bolivia, Venezuela y el Caribe, CRID Net).

1.A.2.2.1.1. Generación S₁

La generación S₁ viene de la semilla guardada de las plantas Se seleccionaron en la EELL en el 1999B, en la población PCT-4 que se utilizó para la tesis de Yolima Ospina.

- PCT-4\0\0\0 (población original)
- PCT-4\0\0\2 (población original con 2 recombinaciones)
- PCT-4\SA\1\1 (un ciclo de selección para Suelos Ácidos y una recombinación)
- PCT-4\SA\2\1 (un ciclo de selección para Suelos Ácidos y dos recombinaciones)
- PCT-4\SA\3\1 (un ciclo de selección para Suelos Ácidos y tres recombinaciones)
- PCT-4\SA\4\1 (un ciclo de selección para Suelos Ácidos y cuatro recombinaciones)
- PCT-4\SA\1\1,SA\1 (dos ciclos de selección recurrente para Suelos Ácidos).

Durante el 2000A se observaron un total de 229 líneas la EELL. 71 líneas S₁ fueron seleccionadas por los mejoradores de los 6 países que atendieron el Taller Internacional de selección de líneas del 7 al 11 de Agosto en la EELL. (Bolivia: 14; Brasil: 10; Colombia: 14; Cuba: 14; Venezuela: 5; Argentina: 14).

1.A.2.2.1.2. Generación S₂

La generación S₂ viene de plantas S₀ fértiles seleccionadas en dos poblaciones en 1999A.

- Población PCT-11\0\0\2 (Segundo ciclo de recombinación\2\)
1999A, fueron seleccionadas diecinueve (19) plantas individuales S₀.
1999B, la generación S₁ se avanzó en la EEP.
2000A, la generación S₂ se observó y se seleccionó en la EELL.
- Poblaciones PCT-4\0\0\0; PCT-4\SA\1\1; PCT-4\SA\2\1 y PCT-4\SA\3\1
(Población original, una recombinación\1\ después de una selección para Suelos Ácidos\SA\; dos recombinaciones\2\ después de una selección para Suelos Ácidos\SA\ y tres recombinaciones\3\ después de una selección para Suelos Ácidos\SA\, respectivamente).
1999A, Se seleccionaran doscientos treinta y siete (237) plantas fértiles individuales.
1999B, la generación S₁ se avanzó en la EEP.
2000A, la generación S₂ se observó y se seleccionó en la EELL.

Treinta y siete (37) líneas S₂ fueron seleccionadas por 3 mejoradores de los 6 países que atendieron el Taller Internacional realizado en la EELL durante Agosto 7-11. (Brasil: 8; Colombia: 15; Venezuela: 14).

1.A.2.2.1.3. Generación S₄

La generación S₄ viene de las plantas fértiles S₀ seleccionadas en la EELL durante 1998A.

Las generaciones S_1 y S_3 se avanzaron durante 1998 B en la EEP. La generación S_2 se seleccionó en la EELL durante 1999A.

- Poblaciones PCT-5\PHB\1\0,PHB\1,PHB\1 PCT-A\PHB\1\0,PHB\1,PHB\1; y PCT-4\PHB\1\1,PHB\1,PHB\1 (Tercer ciclo de selección recurrente para Pyricularia P y Hoja Blanca HB)
1999A, las 107 líneas S_2 fueron evaluadas y 3 se seleccionaron (3%) en dos poblaciones (ninguna selección se hizo en la PCT-5\PHB\1\0,PHB\1,PHB\1).
1999B, la generación S_3 se avanzó en la EEP y todas las líneas fueran descartadas.
- Población PCT-4\SA\2\1 (Segundo ciclo de recombinación\2\ después de una selección para Suelos Acidos\SA\)
1999A, las 73 líneas S_2 fueron evaluadas y 5 seleccionadas (6.8%) en la EELL. En cada una se eligió un número diferente de plantas individuales.
1999B, las 23 líneas S_3 (3 familias de 6 líneas, 1 familia de 2 líneas y 1 familia de 3 líneas) se avanzaron en la EEP. Todas fueran descartadas.
- Población PCT-11\0\0\1 (un ciclo de recombinación\1 de la población original)
1999A, las 84 líneas S_2 fueron observadas y 4 se seleccionaron (4.8%) en la EELL. En cada una se eligió un número diferente de plantas individuales.
1999B, las 22 líneas S_3 (3 familias de 6 líneas, 1 familia de 4 líneas) se avanzaron en la EEP, y 7 se seleccionaron.

Durante 2000A la generación S_4 se observó y se seleccionó en la EELL. Seis (6) S_4 líneas fueron seleccionadas por los mejoradores de 3 de los 6 países que atendieron el Taller Internacional realizado durante Agosto 7-11, (Brasil:1; Colombia:3; Venezuela:2).

1.A.2.2.1.4. Generación S_6

La generación S_6 viene de plantas fértiles S_0 seleccionadas durante 1997A en la EELL. Las generaciones S_1 , S_3 y S_5 se avanzaron en la EEP durante 1997B, 1998B y 1999B, respectivamente.

Las generaciones S_2 y S_4 se observaron y se seleccionaron en la EELL durante 1998A y 1999A, respectivamente.

- Poblaciones PCT-5\PHB\1\0,PHB\1; PCT-A\PHB\1\0,PHB\1 y PCT-4\PHB\1\1,PHB\1 (Segundo ciclo de selección recurrente para Pyricularia P y Hoja Blanca HB)
1999 A, Las 35 líneas S_4 se evaluaron en la EELL y 7 se seleccionaron (17%) en la población PCT-4\PHB\1\1,PHB\1. En cada línea seleccionada se cosecharon 6 plantas individuales.
1999 B, las 42 líneas S_5 (7 familias de 6 líneas) se sembraron en la EEP y 38 se seleccionaron.
2000A, la generación S_6 se observó y se seleccionó en la EELL.
- Población PCT-4\SA\1\1 (Primer ciclo de recombinación \1\ después de una selección para suelos ácidos \SA\)

1999 A, Las 390 líneas S₄ fueron evaluadas y se seleccionaron 44 (11%) en la EELL. En cada una se escogió 6 plantas individuales.

1999 B, las 264 líneas S₅ (44 familias de 6 líneas) se sembraron en la EEP y 251 líneas fueran seleccionadas.

2000A, la generación S₆ se observó y se seleccionó en la EELL.

De un total de 289 S₆ líneas de las poblaciones (PCT-4\PHB\1\1, PHB\1 y PCT-4\SA\1\1), 387 líneas fueron seleccionadas por los mejoradores de los 6 países que atendieron el Taller Internacional de Agosto 7-11. (Bolivia: 61; Brasil: 52; Colombia: 133; Cuba: 47; Venezuela: 33; Argentina: 61). El número de líneas seleccionadas es mayor que el número total de líneas, pues hay coincidencia en las selecciones de los diferentes países.

1.A.2.2.1.5. Generación S₇

La generación S₇ viene de las plantas S₀ seleccionadas en la EELL, en 1996A.

Las generaciones S₁, S₃ y S₅ se avanzaron en la EEP durante 1996B, 1997B y 1998B respectivamente.

Las generaciones S₂, S₄ y S₆ se observaron y se seleccionaron en la EELL durante 1997A, 1998A y 1999A respectivamente.

- Poblaciones PCT-5\PHB\1\0; PCT-A\PHB\1\0 y PCT-4\PHB\1\1

(Primer ciclo de selección recurrente para *Pyricularia* en hoja P y Hoja Blanca HB).

1999A, las 150 líneas S₆ fueron evaluadas y se seleccionaron 13 (8.6%) en la EELL.

En cada una de las líneas seleccionadas se cosecharon 6 plantas individuales.

1999B, las 78 líneas (13 familias de 6 líneas) no se sembraron en la EEP pero pasaran por evaluación de calidad de grano y de *Tagosodes orizicolus*. 78 líneas fueran seleccionadas.

2000A, la generación S₇ fue observada y seleccionada en la EELL.

De un total de 78 líneas S₇ observadas, 54 fueron seleccionadas por los mejoradores de los 6 países que atendieron el Taller Internacional de Agosto 7-11. (Bolivia: 4; Brasil: 20; Colombia: 15; Cuba: 3; Venezuela: 8; Argentina: 4).

1.A.2.2.1.6. Generación S₉

La generación S₈ viene de las plantas S₀ seleccionadas en la EELL durante 1995A.

Las generaciones S₁, S₃, S₅ y S₇ fueron avanzadas en la EEP durante 1995B, 1996B, 1997B y 1998B, respectivamente.

Las generaciones S₄, S₆ y S₈ se observaron y se seleccionaron en la EELL durante 1996A, 1997A, 1998A y 1999A, respectivamente.

- Poblaciones PCT-5\0\0\0, PCT-A\0\0\0, y PCT-4\0\0\1

(Poblaciones originales sin selección recurrente)

1999A, las 301 líneas S₈ se evaluaron y se seleccionaron 44 (14.6%) en la EELL. En cada línea seleccionada se cosecharon 6 plantas individuales.

1999B, las 264 líneas (44 familias de 6 líneas) no se sembraron en la EEP pero pasarán por evaluación de calidad de grano y de *Tagosodes orizicolus*. Un total de 307 plantas fue seleccionado.

- Población PCT-4\0\0\1>S₂

(Selección en líneas S₂ de la población original, EELL 1996A)

1999A, las 72 líneas S₈ se evaluaron y se seleccionaron 6 (8%) en la EELL. En cada una se cosecharon 6 plantas individuales.

1999B, las 36 líneas (6 familias de 6 líneas) no se sembraron en la EEP pero pasarán por evaluación de calidad de grano y de *Tagosodes orizicolus*. La semilla se guardó en el cuarto frío de CIAT.

2000A, las 36 líneas se evaluarán en la EELL.

- Poblaciones PCT-5\0\0\0>S₃, PCT-A\0\0\0>S₃ y PCT-4\0\0\1>S₃

(Población base con selección de plantas en líneas S₃ en la EEP en 1996 B)

1999A, las 12 líneas S₈ se evaluaron y se seleccionó 1 (8%) en la EELL. En cada una se cosecharon 6 plantas individuales.

1999B, las 6 líneas (1 familia de 6 líneas) no se sembraron en la EEP pero pasarán por evaluación de calidad de grano y de *Tagosodes orizicolus*. La semilla se guardó en el cuarto frío de CIAT.

2000A, las 6 líneas S₉ se observarán y se seleccionarán en la EELL.

De un total de 307 líneas S₉, 272 fueron seleccionadas por los mejoradores de los 6 países que atendieron el Taller Internacional de Agosto 7-11. (Bolivia: 41; Brasil: 66; Colombia: 56; Cuba: 38; Venezuela: 30; Argentina: 41).

1.A.2.2.2. Ensayos

1.A.2.2.2.1. Ensayo de Rendimiento y Calidad de Grano de Líneas en Generación Avanzadas

Las generaciones avanzadas corresponden a líneas fijas que pasarán por todas las etapas de evaluación y selección. Se hizo una selección de algunos materiales en la EELL y la EEP durante 1999A y 1999B.

Durante 2000A, un ensayo fue montado en la EELL con un set de 23 líneas y tres testigos. Los resultados todavía no están disponibles, pero visualmente algunas líneas parecen superar el mejor testigo: Línea 30.

1.A.2.2.2.2. Ensayos de la Red INGER-LAC para Suelos Ácidos

En 1999, el Vivero Internacional de Observación para América Latina (VIOAL suelos ácidos) fue preparado y enviado a los países.

1.A.2.2.3. Registro de Líneas

El CIAT no registra líneas: Cuando una línea CIAT presenta un buen comportamiento en un país, la institución nacional de este país puede decidir de nombrarla y lanzarla para cultivo.

El CIRAD tiene un mecanismo por el cual un mejorador puede registrar un material específico. Se le da un nombre CIRAD, como también su sinónimo si fue desarrollado por un trabajo de colaboración con otra Institución.

En 1998 se registró la línea 30 como CIRAD 409, y en 1999 se ha multiplicado la semilla en la EELL.

1.A.2.2.4. Distribución de Líneas a los Programas Nacionales

Durante 1999 se enviaron muestras de líneas fijas a los principales programas nacionales de América Latina y del Caribe para evaluación y selección. Muestras de 385 líneas se enviaron a:

Argentina	Universidad de Tucumán
Brasil	EMBRAPA Arroz e Feijão
Bolivia	CIAT- Bolivia, Santa Cruz de la Sierra
Venezuela	FONAIAP
El Caribe	CRID Net
Cuba	IIA
China	FCRI/YAAS – Provincia de Yunnan CATAS – Provincia de Hainan

Los resultados de las evaluaciones todavía no están disponibles

1.A.2.2.5. Mejoramiento Poblacional

EL proyecto de Arroz de CIAT se concentra en el pre-mejoramiento. Nos concentramos en el mejoramiento de poblaciones para su posterior entrega a los programas nacionales.

La estrategia es desarrollar y mejorar germoplasma para características de interés. Este germoplasma mejorado sirve como fuente para el desarrollo de líneas fijas y/o progenitores potenciales para los programas nacionales.

Durante los tres primeros años del proyecto, las actividades se concentraron en la introducción, caracterización y selección de germoplasma de Brasil, desarrollados por el proyecto colaborativo CIRAD/EMBRAPA. A partir de 1995, el proyecto se concentró en el mejoramiento de los mejores adaptados y a la creación de nuevas poblaciones.

1.A.2.2.5.1. Selección Recurrente con Evaluación de Descendencias S₂

- Población PCT-4\SA\2\1
1999 A
Recombinación

La población PCT-4\SA\2\1, con un ciclo de selección recurrente seguido de dos recombinaciones, se sembró en la EELL para obtener el tercer ciclo de recombinación identificado como PCT-4\SA\3\1

Evaluación multi-local de líneas S₂

155 líneas S₂ fueron enviadas a Brasil (EMBRAPA Arroz e Feijão), Bolivia (CIAT Santa Cruz), y Venezuela (UNELLEZ) para evaluación, selección y desarrollo de líneas. En Bolivia, 22 líneas fueron seleccionadas y sus progenies S₃ evaluadas durante la campaña 1999/2000. 13 líneas S₃ fueron seleccionadas.

- Población PCT-4\SA\3\1

Después del primer ciclo de selección para Suelos Acidos (SA), la población PCT-4 fue recombinada 3 veces (3\). La población resultante fue sembrada en la EELL durante el año 2000 y se seleccionaron plantas fértiles. La generación S₁ será avanzada en la EEP durante 2000B y la generación S₂ será evaluada en la EELL en el 2001A.

- Población PCT-4\SA\1\1

La población PCT-4\SA\1\1, con un ciclo de selección recurrente(SA\1), fue sometida a un segundo ciclo de recurrencia. La población mejorada resultante (PCT-4\SA\1\1,SA\1) fue sembrada durante 2000A en la EELL. Un tercer ciclo de selección recurrente empezó con la selección de plantas fértiles S₀. La generación S₁ será avanzada en la EEP durante 2000B, y la generación S₂ será evaluada en la EELL durante 2001A.

1.A.2.2.5.2. Selección Recurrente Masal en Ambos Sexos para Pyricularia, Hoja Blanca, y Caracteres Agronómicos

- Poblaciones PCT-4\0\0\1, PCT-4\0\0\0, y PCT-5\0\0\0

1998B, después de haber completado 4 ciclos de selección recurrente, las poblaciones mejoradas se almacenaron en el cuarto frío de CIAT. Ellas serán enviadas a los programas nacionales para analizar su comportamiento y seleccionarlas.

Resultados del Mejoramiento

- Resistencia total a Pyricularia hoja

A partir del primer ciclo de selección se observó una muy fuerte disminución del número de plantas infectadas.

- Resistencia al virus de la Hoja Blanca

La evaluación de líneas S₂ del germoplasma mejorado mostró que 97.2% de ellas presentaron resistencia o reacción intermediaria al virus de la Hoja Blanca.

La utilización de la selección recurrente masal sobre los dos sexos fue eficiente para el mejoramiento de las 3 poblaciones. Al mismo tiempo que se seleccionaba para la resistencia total a la Pyricularia, se ha hecho unas selecciones para los caracteres agronómicos. Las poblaciones mejoradas serán utilizadas por los programas nacionales como fuente de germoplasma mejorado para el desarrollo de líneas.

1.A.2.2.5.3. Recombinación de la Población PCT-11

La nueva población fue desarrollada durante los años 1997 y 1998.

Durante 1999 se completó el segundo ciclo de recombinación en la EELL. También plantas fértiles fueran seleccionadas (ver generaciones S_1 y S_2 arriba).

Durante el 2000, la población PCT-11\0\2 fue recombinada otra vez en EELL y se identificó como PCT-11\0\3.

1.A.2.2.6. Registro de Nuevas Poblaciones de Secano

En 1999, una población fue registrada a solicitud de nuestro socio en la China.

- PYN-1: Población Japonesa para los ecosistemas de sabana y de laderas de baja altitud (FCRI/YAAS, Provincia de Yunnan- China).

1.A.2.2.7. Estudio Especial: Progreso Genético en la Población PCT-4

Objetivo Principal

Tesis de Maestría de Yolima Ospina en la Universidad Nacional de Palmira, Colombia..

Objetivo Específico

Evaluación del progreso genético para tolerancia a suelos ácidos y diferentes características agronómicas como floración, altura de planta, y rendimiento, después de un ciclo de selección recurrente y diferentes ciclos de recombinación.

Método

Evaluación de líneas S_1 en dos ambientes contrastantes para acidez del suelo. Diseño estadístico de Bloques Aumentados de Federer compuestos de S_1 de 4 poblaciones y 6 testigos (3 susceptibles – CICA 8, CICA 9 y Oryzica Llanos 5- y 3 tolerantes - Oryzica Sabana 6 – Oryzica Sabana 10, y CIRAD 409)

Los datos están siendo procesados y analizados.

1.A.2.2.8. Relaciones con CORPOICA

CORPOICA Regional 8 en Villavicencio está interesado en incrementar la investigación en arroz de sabana. Hemos tenido dos entrevistas con el Director, Dr. Jaime Triana, uno en Villavicencio durante la visita a Colombia del Dr. Pierre Fabre del CIRAD-CA , la otra en CIAT. El Dr. Hernando Delgado está nuevamente encargado del proyecto de arroz para sabana. Él participó del taller de selección organizado por el proyecto en Agosto del 2000 y seleccionó 236 líneas.

1.A.3. Mejoramiento Poblacional para Arroz de Riego

M. Châtel, Y. Ospina

1.A.3.1. Introducción

El proyecto de mejoramiento poblacional para el arroz de riego se está desarrollando en América Latina en colaboración con los socios del FLAR, y en Europa y Asia, con los socios del CIRAD.

El proyecto comenzó con la introducción en Colombia de diferentes acervos genéticos y poblaciones desarrolladas en Brasil por EMBRAPA Arroz e Feijão y el CIARD, y en Guyana Francesa por CIRAD.

El germoplasma introducido fue caracterizado en CIAT Palmira, y los mejores adaptados fueron utilizados para crear nuevas poblaciones. El resultado fue la obtención de 3 nuevas poblaciones que se registraron como PCT-6, PCT-7, y PCT-8. Este trabajo se hizo en colaboración con los Dr. C. Martínez y E. P. Guimarães. Se creó también un acervo genético con un nuevo gene de androesterilidad diferente del utilizado anteriormente. El acervo se registró como GPCT-9.

Otro acervo anteriormente desarrollado por el CIRAD para las condiciones de clima templado fue registrado como GPIRAT-10.

A partir del final del año de 1996, el germoplasma base fue enviado a diferentes programas nacionales en América Latina. Este germoplasma fue el punto de partida de los programas de mejoramiento poblacional en los países.

En septiembre de 1999 el Segundo Taller Internacional de Selección Recurrente en Arroz se realizó en Goiania-Brasil. Durante este evento, los diferentes colaboradores presentaron los avances alcanzados en sus proyectos de mejoramiento. Un documento con todas las publicaciones fue distribuido a los participantes. El Dr. Elcio Guimarães editó un libro que será publicado en Octubre del año 2000 por el CIRAD, el CIAT, EMBRAPA y la Fundación DANAC.

Al final del segundo Taller de Selección Recurrente de Goiânia se discutió la oportunidad de formalizar la actual "red informal" que se desarrolló a lo largo de los años con los socios.

Se decidió la creación de un grupo formal llamado "Grupo de Mejoramiento Genético Avanzado de Arroz" (GRUMEGA) con dos coordinadores: Dr. Elcio P. Guimarães de EMBRAPA Arroz e Feijão) y Marc Châtel del proyecto CIAT/CIRAD. Una propuesta de proyecto de red fue sometida a los socios y presentado a la FAO para que nos ayudara en encontrar un financiamiento. Hasta el momento, la red informal ha funcionado perfectamente pero si se pudiera conseguir más fondos, se podría desarrollar más actividades.

1.A.3.2. Desarrollo de Poblaciones Locales

1.A.3.2.1. Venezuela

Las dos poblaciones, PCT-6 y PCT-7, fueron seleccionadas como las mejores dentro de las introducidas. Ellas fueron utilizadas como fuente de androesterilidad para crear dos poblaciones locales identificadas como PFD-1 y PFD-2.

1999

La población PFD-2 fue sintetizada en CIAT Palmira y se envió a DANAC-Venezuela.

1.A.3.2.2. Argentina

En Argentina se están creando tres poblaciones denominadas PARG-1, PARG-2 y PARG-3.

Durante 1999, la población PARG-3 se estuvo sintetizando en CIAT Palmira por la introducción de 6 líneas, representando 50% de nueva variabilidad, en la población PCT-8. La nueva población estará lista al final del 2000.

1.A.3.2.3. Chile

La población chilena PQUI-1 fue seleccionada en dos sitios (Chillán y Colchagua) que corresponden a dos situaciones climáticas diferentes. Las dos poblaciones se identifican como PQUI-1\Ch\0\1 y PQUI-1\Co\1\0 y se mandarían al CIAT Palmira para completar sur segundo ciclo de recombinación.

1999

En CIAT Palmira, se completó el tercer ciclo de recombinación de ambas poblaciones durante el primer semestre de 1999.

1.A.3.2.4. Uruguay

Tres (3) poblaciones están siendo creadas en colaboración con el CIAT Palmira. Son ellas: PURG-1, PURG-2 y PURG-3

1999 y 2000

La creación de estas poblaciones se está realizando en CIAT Palmira.

1.A.3.2.5. Brasil

El CIRAD-CA ha desarrollado dos poblaciones, 00EP y 00NP a partir de las poblaciones IRAT MANA y PCT-6 respectivamente. El IRGA está desarrollando una población por introducción de 7 líneas dentro de la población chilena PQUI-1.

1.A.3.2.6. China

El FCRI de la provincia de Yunnan ha desarrollado una población de arroz de riego para condiciones de altura, utilizando la esterilidad de la población PCT-5. La población china fue identificada como GPYN-2. Es un acervo genético pues hay menos del 50% de participación de la población fuente de androesterilidad PCT-5.

1.A.3.3. Multiplicación de Poblaciones

Al manejar el catalogo de registro de las poblaciones para selección recurrente, tenemos también la responsabilidad de disponer de semilla en el banco de germoplasma. No se ha hecho ninguna multiplicación debido a que se encuentra semilla suficiente.

1.A.3.4. Distribución de Germoplasma

En 1999, se envió unas poblaciones base a nuevos socios, en Europa (España y Francia).

1.A.3.5. Registro de Nuevas Poblaciones

En 1999 se registraron 4 nuevas poblaciones a pedido de nuestros colaboradores en Chile, China y Venezuela. PQUI-1 Población Japónica para las condiciones de clima templado (INIA Quilamapu, Chile). GPN-2 Acervo genético Japónica para las condiciones de clima templado (FCRI/YAAS, Yunnan Provincia - China). PFD-1 y PFD-2 Poblaciones Indica para riego tropical (DANAC – Venezuela).

1.A.3.6. Desarrollo de Líneas Fijas por Cultivo de Anteras

M. Châtel, Y. Ospina, Z. Lentini y A. Mora

1.A.3.6.1. Población Chilena

Para adelantar la obtención de líneas fijas para Chile, las dos poblaciones chilenas pasaron por cultivo de anteras en el laboratorio de CIAT.

1999

Las poblaciones PQUI-1\Ch\2\0 y PQUI-1\Co\2\0 se sembraron en CIAT Palmira y sus plantas fueron procesadas en el laboratorio.

325 líneas R_1 fueron producidas y la generación R_2 fue avanzada en Colombia y luego su semilla enviada a Chile para la evaluación y selección durante la campaña 2000/2001.

Las líneas R_1 se enviaron al Centro Francés del Arroz (CFR) de Arles en Francia, para su evaluación durante el año 2000. Información recibida del Dr. Clément muestra que estas líneas tienen un excelente vigor inicial, característica de alta relevancia para las condiciones locales de cultivo.

1.A.3.6.2. Cruces Convencionales para Rumania

Dos cruces simples, (OLTENITSA / RUBINO, y CRISTAL / L 203) específicamente hechos para la tolerancia al frío, rendimiento y calidad de grano, fueron procesados en el laboratorio de CIAT.

1999

Un total de 61 líneas R_1 fue producida y su semilla enviada a Rumania, Francia y Chile.

1.A.3.6.3. Cruces Convencionales para España

A pedido de España y del CIRAD-CA, 4 cruces simples se hicieron en CIAT, para después ser procesados por cultivo de anteras.

La semilla F_1 se ha producido, la generación F_1 se sembró en el segundo semestre de 1999. Las plantas fueron procesadas durante el primer semestre del año 2000 y la generación R_1 fue enviada al CIRAD.

1.A.3.7. Desarrollo de Líneas por los Programas Nacionales

A partir de poblaciones básicas como mejoradas, plantas fértiles fueron seleccionadas y sus progenies evaluados. Se ha encontrado buena variabilidad lo que es alentador para

el futuro. Líneas avanzadas promisorias están siendo evaluadas en Colombia (FEDEARROZ), Argentina (Universidades de La Plata y Corrientes) Venezuela (Fundación DANAC y Cuba (IIA).

1.A.3.8. Mejoramiento Poblacional

Colombia

Las poblaciones PCT-6, 7, 8 y el acervo genético GPCT-9 fueron seleccionadas para hoja blanca y pyricularia hoja. La población mejorada PCT-6 HB bien adaptada a los trópicos fue remitida al Dr. M. Valès como población básica para el desarrollo de los trabajos en resistencia durable a pyricularia.

Chile

La población PQUI-1 fue seleccionada en dos ambientes distintos en cuanto a condiciones climáticas. Dos sub poblaciones fueron obtenidas (PQUI-1\CO y PQUI-1\CH). El mejoramiento para frío por selección recurrente de la población PQUI-1\CH ya está con un ciclo completo.

1.A.4. Entrenamiento, Organización de Conferencias, Talleres y Publicaciones

1.A.4.1. Entrenamiento

Cursos Nacionales

Estamos organizando junto con el Embrapa (Brasil) y el IIA (Cuba) un Curso Nacional de Mejoramiento Poblacional que tendrá lugar en CUBA en Junio del 2001.

Tesis

Eduin Blandón Arias. Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad del Tolima.
“Caracterización y Adaptación en las condiciones del Norte del Tolima de poblaciones de Arroz (*Oryza sativa* L.) de amplia y estrecha base genética desarrolladas con un gen de androesterilidad”.

Yolima Ospina. Asistente del proyecto CIAT/CIRAD. Universidad Nacional de Palmira.
“Evaluación del progreso genético para las condiciones de suelos ácidos y diferentes características agronómicas”.

1.A.4.2. Organización de Conferencia

Brasil – Septiembre 1999

La Segunda Conferencia Internacional de Mejoramiento Poblacional por selección recurrente se realizó en Goiânia, del 21 al 24 de Septiembre del 1999. La organizaron el CIAT, el CIRAD, EMBRAPA y la Fundación DANAC, con el soporte de la FAO y del

FLAR. Todos nuestros socios atendieron la conferencia y presentarán sus resultados actualizados. Se publicó un libro agrupando las presentaciones.

1.A.4.3. Taller

Al principio del 2000, planificamos con EMBRAPA, la organización de un Taller Internacional en la EELL. La idea era invitar a nuestros socios para seleccionar líneas segregantes y poblaciones.

El Taller tuvo lugar en Villavicencio del 7 al 11 de Agosto del 2000.

Participantes de Argentina (Universidad Nacional de Tucumán), Bolivia (CIAT – Santa Cruz), Brasil (EMBRAPA – Arroz e Feijão), Colombia (CORPOICA, CENICAFE y Universidad del Tolima), Cuba (IIA) y Venezuela (FONAIAP) atendieron el Taller.

Cada participante presentó resultados sobre el progreso alcanzado por su proyecto de mejoramiento de arroz de secano. En la EELL los participantes seleccionaron líneas segregantes y fijas (las selecciones están reportadas en el capítulo Actividad 2.). El material seleccionado fue cosechado y enviado a las respectivas Instituciones.

1.A.4.4. Publicaciones

- **Capítulos del Libro**

“Avances en el Mejoramiento Poblacional del Arroz” (publicado en Octubre 2000 por CIRAD/CIAT, Embrapa y Fundación DANAC).

Capítulo 4: Mejoramiento poblacional de arroz irrigado con énfasis en el virus de la Hoja Blanca. Borrero. J; Châtel. M y Triana. M

Capítulo 5: Selección recurrente en Arroz: situación actual y perspectivas en Cuba. Polanco. R. P; Châtel. M y Guimarães. E

Capítulo 9: Desarrollo de poblaciones japónicas para Chile. Hernaiz. S; Alvarado. R; Châtel. M y Borrero. J

Capítulo 10: Desarrollo de poblaciones de arroz en Argentina. Marassi. J. E; Marassi. M. A; Châtel. M y Borrero. J

Capítulo 11: Mejoramiento poblacional en Uruguay: caracterización y desarrollo de germoplasma. Pérez de Vida. F. B; Châtel. M y Borrero. J

- **Informes**

- Achievements of the Rice Collaborative Project between CIRAD-CA and CIAT. CIAT-CIO Strategic Alliance Meeting
Montpellier-France, 22-24 June, 1999.

- Collaborative Project between CIRAD CIAT and FLAR
Population Breeding using gene pools and populations with recessive male-sterile gene, and conventional breeding. Annual Report CIAT/CIRAD/FLAR - October 1999.

1.A.4.5. Presentaciones

Francia

- CIAT/CIO Strategic alliance meeting

The CIAT/CIRAD rice collaborative project. Montpellier-France, June 1999

- Diversité des partenariats et excellence scientifique. Montpellier-France, September 1999

Bolivia

Selección recurrente en Arroz; proyecto CIAT/CIRAD

Santa Cruz de la Sierra - Bolivia; Febrero 2000

Argentina

Arroz de secano en Latinoamérica

Universidad de Tucumán-Argentina; Marzo 2000

1.A.4.6. Nota de Concepto

- Proyecto entre el CIAT/CIRAD y WARDA/CORAF sobre el mejoramiento poblacional del arroz de secano

En 1999, se preparó el documento y se circuló en CIAT y CIRAD. Las 2 Instituciones recibieron muy bien la propuesta, los contactos fueron establecidos con WARDA por el Dr. Aart Schoonhoven.

1.A.4.7. Visitantes Recibidos en CIAT

Durante 2000 el proyecto CIAT/CIRAD recibió los siguientes visitantes:

Dr. Pierre Fabré, Jefe del programa Cultivos Alimenticios (CALIM) del CIRAD-CA.

Dr. Elcio Guimarães, Brasil (EMBRAPA Arroz e Feijão).

Dr. Eduardo Graterol, Venezuela (Fundación DANAC).

Dr. Carlos Gamboa, Venezuela (Fundación DANAC).

Dra. Marta Nicosia, Universidad Nacional de Tucumán - Argentina

Dr. Javier Osorio, Universidad Nacional del Tolima – Colombia

Dr. Argemiro Moreno, CENICAFE

RESULTADO 1. MEJORAMIENTO DE LOS ACERVOS GENÉTICOS

1.B. Mejoramiento de los Recursos Genéticos de Arroz para América Latina y el Caribe – Subproyecto Proyecto Colaborativo CIAT-CIRAD

1.B.1. Refuerzo de las Fuentes Genéticas

- **Combate contra la Inseguridad Alimentaria en las Laderas**

1.B.1.1. Introducción

Durante la reunión de concertación CIAT-CIO en Junio de 1999, se tomó la decisión de parar el trabajo en arroz de secano de laderas. Por lo tanto, la única actividad realmente programada para el 2000 fue la búsqueda de nuevos fondos y de nuevos socios para reactivar este programa de arroz de laderas.

1.B.2 Búsqueda de Financiación

M.Vales

Con el apoyo del CIRAD-CA de Montpellier, Francia, se obtuvieron dos proyectos:

- Proyecto Fundación Aventis (Aventis Foundation, 2000): “Desarrollo del cultivo de arroz de secano de altitud sobre el altiplano de Madagascar y en los Andes de Colombia”. Este proyecto de 3 años fue redactado conjuntamente con el Dr. Jean-Luc Dzido del CIRAD, que trabaja en el Instituto Nacional de Desarrollo Rural de Madagascar (FOFIFA). Básicamente es un proyecto de transferencia de líneas de arroz y de métodos de manejo del cultivo hacia los productores. Los países socios son Colombia, Madagascar y China (Provincia del Yunnan).
- Proyecto del Ministerio de la Relaciones Exteriores (MAE) de Francia: “Asegurar la producción de arroz de secano de altitud en América Latina, China y Madagascar”. Básicamente es un proyecto de 1 año para el mejoramiento genético del arroz. Los países socios son Colombia, Costa Rica, Madagascar y China (Provincia del Yunnan).

A la fecha, un proyecto está todavía sometido al Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología “Francisco José de Caldas”, COLCIENCIAS.

Como extensión de las actividades para entregar nuevos recursos a los campesinos pobres, un nuevo proyecto está sometido al Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria, PRONATTA, de Colombia. Este proyecto de 3 años tiene como asunto y título la “Reactivación del cultivo de arroz en los municipios de Guapi y Timbiquí en la costa pacífica caucana”.

1.B.3. Búsqueda de Nuevos Socios

M.Vales

- Desarrollo de la colaboración con la Universidad del Costa Rica.
Se hizo un viaje a Costa Rica, del 23 al 25 de Abril del 2000. El objetivo principal fue fortalecer nuestra nueva colaboración con el proyecto de Desarrollo del Arroz (DESARROZ) de la Universidad de Costa Rica (UCR). El DESARROZ tiene como papel fomentar y coordinar la colaboración en arroz en la UCR (de la investigación básica hasta la investigación más aplicada) y con los otros actores de la cadena productiva (cámara de los semilleristas, cámara de los arroceros, etc.). Para el arroz de laderas Costa Rica es un usuario potencial y la UCR es un socio fuerte que puede apoyar los países vecinos.
- Refuerzo de la colaboración con el proyecto PE3 del CIAT en Centroamérica.
La participación al taller sobre los SOLEs del Programa Laderas del CIAT, del 25 al 27 de Abril del 2000 en San Dionisio, Nicaragua, fue la oportunidad de reforzar la colaboración con el proyecto PE3 del CIAT. Durante este taller se planeó con el Dr. Miguel Ayarza un viaje a Honduras, del 3 al 4 de Mayo del 2000, con el objetivo de conocer las condiciones potenciales del cultivo del arroz y de precisar el contenido técnico de nuestra colaboración en arroz de laderas con resistencia a pyricularia. (ver Informe de viaje).
- Refuerzo de la colaboración con la Academia de Ciencias Agronómicas de la provincia china del Yunnan (YAAS).
La YAAS es socio de los dos nuevos proyectos (ver 1.B.2.). Debido a la falta de recursos suplementarios en agua para el riego en el norte del Yunnan, las autoridades chinas quieren el desarrollo del arroz de secano con un alto nivel de resistencia al frío para esta zona. Del 24 de Agosto al 4 de Septiembre del 2000 se hizo un viaje al norte del Yunnan para definir los objetivos de transferencia y selección de arroz de secano de laderas con respecto a las preferencias de los productores y consumidores de esta zona. El tipo de arroz deseable es muy distinto al tipo preferido en América Latina. El primer problema del cultivo es la pyricularia. (ver Informe de viaje).

El subdirector del YAAS, el Dr. Tao Dayan, hizo dos propuestas:

- La propuesta de una nueva colaboración: un programa de creación de híbridos de arroz de secano con resistencia al frío y a pyricularia.
Esta colaboración permitirá valorizar el liderazgo de China sobre los híbridos, el liderazgo del CIRAD para el arroz de secano de altitud y la experiencia del proyecto colaborativo CIAT-CIRAD en resistencia durable a pyricularia.
- El pedido de capacitación de un mejorador chino sobre los métodos de selección del Dr. Michel Vales. Para facilitar la transferencia de métodos de selección en particular para el programa de híbridos, el Señor Peng Xi, asistente del Dr. Tao Dayan, fue designado para una capacitación en Colombia sobre: la selección recurrente recíproca planta-parásito, la selección retro-recurrente, la selección de

la resistencia parcial en el campo, la selección recurrente para la resistencia completa y parcial, y otros caracteres agronómicos, etc....

Para el financiamiento de esta capacitación, se propuso un “pedido de apoyo a propuesta” que fue transmitido al Comité de Movilización de Recursos del CIAT.

1.B.4. Introducción de Genes de Pro-Vitamina A de Variedades *japónica* de Riego hacia Variedades *japónica* de Secano para Laderas

M.Vales, Z.Lentini

El Profesor Ingo Potrykus está progresando para obtener las autorizaciones de entrega de sus líneas con los genes de pro-vitamina A. Esperemos que estas líneas transgénicas estén disponibles en 2001.

1.B.5. Cruzamientos para obtener F₂

M.Vales, J.Carabalí

1.B.5.1. Introducción

Para empezar la creación de variedades para el corto plazo se hacen cruzamientos para obtener poblaciones F₂.

1.B.5.2. Materiales y Métodos

La mayoría de los progenitores son líneas F₅ (Cuadro 1).

Los cruzamientos (Cuadro 2) se hacen con el método de James Taillebois, con panículas cortadas (Taillebois y Castro, 1986; Sarkarung, 1991).

1.B.5.3. Resultados y Perspectivas

Se obtuvieron semillas F₁. Estas semillas se sembrarán durante el semestre 2000 B para obtener las poblaciones F₂ que se evaluarán en la subestación de Popayán (1700 m) durante el semestre 2001 A.

1.B.6. Formación de una Nueva Población de Base Genética Estrecha

M.Vales, J.Carabalí

1.B.6.1. Introducción

Para la creación de variedades para mediano plazo se usan poblaciones de base genética estrecha (Vales *et al.* 1998). Por eso se está haciendo una nueva población de base genética estrecha para la alta altitud.

1.B.6.2. Materiales y Métodos

Para evitar un deriva genética en esta población en alta altitud, se utilizan progenitores ya con resistencia al frío (Cuadro 1.3.). Por lo tanto la mayoría de los progenitores son líneas F₅ seleccionadas para su fertilidad en Popayán (1700 m). También se usan líneas que tienen como progenitor una fuente de resistencia a pyricularia (Cuadro 1.4).

Dos series de cruzamientos (Cuadro 1.5) son programados para introducir el gen de androesterilidad y 7 citoplasmas, y también hacer una recombinación genética. Los cruzamientos se hacen con el método de James Taillebois, con panículas cortadas (Taillebois y Castro, 1986; Sarkarung, 1991).

1.B.6.3. Resultados y Perspectivas

Se obtuvieron semillas F₁. Para mejorar la recombinación genética, se hicieron retrocruzamientos en el semestre 2000 B.

1.B.7. Entrega de la Primera Población Recurrente de Base Genética Estrecha

M.Vales, J.Dossmann, J.Borrero

La población PCT-17 fue entregada a los países socios siguientes:

Argentina	Universidad de la Plata
Chile	Instituto Nacional de Investigación Agronómica (INIA)
China	Academia de Ciencias Agronómicas del Yunnan (YAAS)
Colombia	Federación de los Arroceros (FEDEARROZ)
Costa Rica	Universidad del Costa Rica (UCR)
Francia	CIRAD/ Centro Francés del Arroz (CFR)
Madagascar	CIRAD/ Centro Nacional de Desarrollo Rural (FOFIFA).

Esta población se hizo para desarrollar variedades con resistencia al frío de altitud o de latitud.

1.B.8. Adaptación la Descascaradora Manual

J.I. Roa (PE3), H. Muñoz (Metálicas Metropolitana), M. Vales

Después de los ensayos participativos del año pasado (ver Informe anual precedente) se hizo la construcción de un nuevo modelo de descascaradora manual. El próximo año se probará este modelo en comunidades indígenas y negras del Cauca, Colombia.

1.B.9. Participación en Talleres, Seminarios y Congresos

M.Vales

Este año se hicieron:

- Presentación oral del seminario “El Arroz de Secano de Laderas: Una Opción contra la Inseguridad Alimenticia” el lunes 24 de Abril del 2000 en la Universidad de Costa Rica (UCR), Costa Rica
- Participación al taller sobre los SOLes del Programa Laderas del CIAT del 25 al 27 de Abril del 2000, en San Dionisio, Nicaragua (ver Informe de viaje).
- Participación al Tercer Congreso Internacional 2000 Crop Science, del 17 al 22 de Agosto del 2000, Hamburgo, Alemania. (Vales *et al.* 2000; ver el resumen en anexo).

- Presentación oral sobre “*Upland rice for Hillside: an option against food insecurity in the mountains*”, el primero de Septiembre del 2000, en el *Food and Crop Research Institute / YAAS*, Kunming, Yunnan, R.P. China (ver Informe de viaje).
- Presentación oral “El arroz de laderas: una opción contra la inseguridad alimentaria en las montañas” durante la reunión anual del CIRAD-CA, el 5 de Septiembre del 2000, Montpellier, Francia.

Referencias

- Aventis Foundation. 2000. 22/06/2000 Aventis Foundation Press Release. The *Fondation Aventis-Institut de France* and CIRAD are joining forces to help develop sustainable agriculture in the countries of the Southern Hemisphere (ver Anexos). http://www2.aventis.com/press/pr_116.htm
- Sarkarung, S. 1991. A simplified crossing method for rice breeding. A manual. CIAT : 32p.
- Taillebois, J., and Castro. E. M. 1986. A new crossing technique. *Int. Rice Res. Newsl.* 11(3):6.
- Vales, M., Châtel, M.-H., Borrero, J., and Ospina, Y. 1998. Recurrent Selection for rice (*Oryza sativa*) blast (*Magnaporthe grisea*) Resistance in Population with Narrow Genetic Base. International Symposium on Rice Germplasm Evaluation and Enhancement, August 30 – September 2, Stuttgart, Arkansas, U.S.A.
- Vales, M. 2000. Informe de viaje en América Central: Costa Rica - Nicaragua - El Salvador – Honduras. 23 de Abril, 5 de Mayo del 2000. Proyecto Colaborativo CIAT/CIRAD-CA, IP4 Arroz: 14p.
- Vales, M., M.-C. Châtel, J. Borrero, E. Barrios, J.-I. Roa. 2000. Upland rice for high altitude: an option against the food insecurity in the Andean hillsides. *In: 3rd international Crop Science Congress 2000. 17-22 August 2000, CCH, Hamburg, Germany* (ver Anexos).

Cuadro 1.1. Progenitores para el Arroz de Laderas

#	Gene	Madre	Padre	
1	F ₄ 22	CIRAD 391	/ IRAT 265-57-2	Fértil, grano pequeño
2	45-8	IRAT 265-57-2	/ Jumli Marshi	Fértil, precoz, gr. pequeño
3	F ₄ 31	Jumli Marshi	/ Luluwini 22-M	2 Grano muy negro y largo
4	F ₄ 18	Cuiabana	/ Miara	3 Grano largo fino
5	F ₄ 40	Miara	/ Latsibavy	2 Grano mediano
6	48-45	Pratao Precoce	/ Chhomrong Dhan	Chhomrong Dhan enana
7	F ₄ 14	Chhomrong Dhan	/ Slip 72-M-MA1	Fértil, grano mediano corto
9	F ₄ 25	IRAT 265-57-2	/ Estrela	Grano claro y largo
10	F ₄ 13	Chhomrong Dhan	/ Miara	Fértil, grano pequeño grain
11	F ₄ 17	Cuiabana	/ Long Sweet Glutinous Rice	Grano largo fino glutinoso
12	F ₄ 30	Jumli Marshi	/ Estrela	Grano pequeño negro
13	F ₄ 38	Luluwini 22-M	/ Miara	Grano largo fino
14	F ₄ 39	Luluwini 22-M	/ Slip 72-M-MA1	Grano largo
15	58-13	PRA 524	/ PRA 630	Grano largo fino
16	58-1	PRA 524	/ PRA 630	Grano largo
17	2-58	PRA 8	/ IRAT 265-57-2	Grano mediano
18	F ₄ 42	Shin Ei	/ Estrela	Grano mediano
19	1-9	CA 148	/ IREM 239	Grano mediano
	Con:			
	PRA 8	Latsidahy	/ IRAT 351	
	PRA 524	FOFIFA 60	/ Chhomrong Dhan	
	PRA 630	FOFIFA 116	/ Chhomrong Dhan	// Luluwini 1

CIRAD 391 la mejor variedad en Popayán

Montpellier la mejor línea para el grano extra largo fino

**Cuadro 1.2. Cruzamientos para el Arroz de Laderas
(Progenitores ver Cuadro 1.3.)**

	Madre	Padre
1	/	15
1	/	5
2	/	4
2	/	11
2	/	13
2	/	15
2	/	16
6	/	Montpellier
7	/	14
7	/	10
2	/	Montpellier
9	/	3
12	/	3
17	/	15
CIRAD 391	/	4
CIRAD 391	/	9
CIRAD 391	/	13
CIRAD 391	/	15
CIRAD 391	/	17
CIRAD 391	/	Montpellier

Cuadro 1.3 Progenitores para la Nueva Población Recurrente de Arroz de Laderas

#	Madre	Padre	Características
1	F ₄ 22 CIRAD 391	/ IRAT 265-57-2	Fértil, grano pequeño
2	45-8 IRAT 265-57-2	/ Jumli Marshi	Fértil, precoz, grano pequeño
3	F ₄ 31 Jumli Marshi	/ Luluwini 22-M	2 Grano largo muy negro
4	F ₄ 18 Cuiabana	/ Miara	3 Grano largo fino
5	F ₄ 40 Miara	/ Latsibavy	2 Grano mediano
6	48-45 Pratao Precoce	/ Chhomrong Dhan	Chhomrong Dhan enana
7	F ₄ 14 Chhomrong Dhan	/ Slip 72-M-MA1	Fértil, grano mediano corto

Cuadro 1.4. Ascendentes de los Progenitores (Cuadro 1.3.) de la Nueva Población para Laderas

Ascendente	Caracteres buscados
IRAT 265-57-2	Resistencia parcial durable a la pyricularia, adaptación al secano
Jumli Marshi	Alta resistencia al frío (de riego = dr)
Chhomrong Dhan	Alta resistencia al frío, bueno progenitor para el macollamiento (dr)
Miara	Calidad europea del grano, alta producción (de riego)
Latsibavy	Resistencia a la pudrición de la vaina y al frío (de riego)
CIRAD 391	La mejor en la estación de Popayan, Latsiday como ascendente
Cuiabana	Muy bueno progenitor par el grano largo fino, adaptación al secano
Luluwini 22-M	Grano largo fino de Cuiabana, adaptación al secano
Pratao Precoce	Adaptación al secano, tolerancia a la pyricularia
Slip 72-M-MA1	Adaptación al secano, tolerancia a la pyricularia
CIRAD 391 = Latsidahy / Shin Ei	Latsidahy es un Latsika cerca de Latsibavy

Luluwini 22-M = Ciwini // Araguaia / Cuiabana

IRAT 265 = IRAT 112 / IRAT 13 = IRAT 13 / Dourado Precoce // IRAT 13

Slip 72-M-MA1 = IRAT 361 / IRAT 263 = Araguaia / Cuiabana // IRAT 112 / Iguape Cateto
= Araguaia / Cuiabana /// IRAT 13 / Dourado Precoce // Iguape Cateto

En esta ultima variedad hay entonces Cuiabana y IRAT 112 ya presentes en otras líneas.

(En gris Citoplasma)

La fuente del gen de androesterilidad son individuos [ms] de una población recurrente anterior para arroz de secano de laderas.

Cuadro 1.5. Cruzamientos para la Nueva Población para Laderas (Progenitores ver Cuadros 1.3. y 1.4.)

Progenitores

5 // [ms] / 1
4 // [ms] / 2
6 // [ms] / 3
7 // [ms] / 4
2 // [ms] / 5
1 // [ms] / 6
3 // [ms] / 7

Anexo 1

22/06/2000. Aventis Foundation Press Release. The Foundation Aventis-Institut de France and CIRAD are joining forces to help develop sustainable agriculture in the countries of the Southern Hemisphere

(Paris, 22th June 2000) -- The *Fondation Aventis-Institut de France* and CIRAD (Center for International Cooperation in Agronomic Research for Development) have signed a renewable three-year sponsorship agreement to allow developing countries to share the benefits of sustainable agriculture.

True to its philosophy since it started in 1995, the Foundation seeks not just to provide financial aid, but also to sponsor new initiatives and promote skills. Thus, teams from CIRAD, Aventis CropScience and the Foundation set up their first three programs.

These are:

- Developing upland rice cultivation: first of all in the high plateaux of Madagascar, and then in the Colombian Andes and in China.
These regions are running the risk of exhausting their soils, due to a shortage of arable land. Moreover, tropical soil is generally fragile and water resources for irrigation are limited.
This program should provide solutions for cultivating rice on new soil, by breeding new varieties and thus increasing the income of peoples living at altitude, most of whom belong to impoverished ethnic minorities.
- Integrated Pest Management of sigatoka disease in citrus fruits: [...]
- The third program, which overlaps the others will look at three crops (cotton in Benin, plantain in Cameroon and coffee in the Dominican Republic) [...]

These first three programs meet the following criteria, which were jointly established by the CIRAD and the *Fondation Aventis-Institut de France*:

- They allow small farmers to raise their income, for example, by creating new channels, micro-companies...
- They improve food safety by increasing the production of traditional crops and food,
- They allow small farmers to choose methods which are more environmentally friendly, by giving them alternatives to the use of plant protection products,
- They try to involve everyone, bearing in mind local, social, organizational and cultural differences, working mainly with village communities and other field players (NGO...).

Moreover, these three projects foster the transfer of experience and technology with a view to sharing the benefits of progress more fairly between the countries of the North and South. However, they also stress the importance of co-operation between the different countries and cultures of the South.

Given how much is at stake, the joint program set up by the *Fondation Aventis-Institut de France*, Aventis CropScience and CIRAD teams, is modest and pragmatic. Instead of just depending on technological progress alone, it will consider the social, environmental and ethical aspects of each situation, and of every community involved in these programs, so that it may succeed, and so that technological progress can translate into real benefits for the countries in the Southern hemisphere.

The Fondation Aventis (ex-Rhône-Poulenc), was created in 1995, under the auspices of the Institut de France. It provides financial support and skill sharing to projects which it selects with its partners, to encourage scientific innovation (assistance to young scientists setting up their own business...), to improve health and quality of life (research programs on orphan diseases...) and promotes sustainable agricultural.

Anexo 2

Resumen. Upland rice for high altitude: an option against the food insecurity in the Andean hillsides

Michel Vales¹, Marc-Henri Chatel¹, Jaime Borrero¹, Edmundo Barrios², Jose Ignacio Roa³

¹Confronting food Insecurity in the Hillsides of the collaborative project Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) / Centro Internacional de Agronomía Tropical (CIAT);

²Confronting Soil Degradation of the CIAT Hillsides program; ³Participatory Agronomic Research program of CIAT; CIAT AA 6713 Cali Colombia

Although rice consumption in the Andean hillsides is very high, it is usually not grown in this region because of limited material tolerant to low temperatures. The consequence is the limited availability of rice in the diet of a considerable proportion of Andean families whose purchasing power is low.

The objectives of the project are:

- Reduce food insecurity by the release of upland rice varieties with cold and disease resistance.
- Promote sustainable agricultural systems that incorporate adequate organic crop management preventing erosion and agrochemical use, and thus protect the soil and the water resources.

Since 1993 rice varieties were identified for potential release in the coffee zone of Colombia. Promising lines were identified in the Andean part of the Cauca department of Colombia, in breeding trials and participatory evaluation at the SOL (Spanish acronym (SA) for “Supermarket of Options for Hillsides”), and in 9 CIALs (SA for “local committees for agronomic investigation”). A narrow and a broad recurrent population were formed for median and long term breeding process.

New funding is needed to complete the program in Colombia, and to enhance it in other Andean countries, and Central America.

RESULTADO 1. MEJORAMIENTO DE LOS ACERVOS GENÉTICOS

1.C. AVANCE Y EVALUACIÓN DE POBLACIONES INTER-ESPECÍFICAS

A.Almeida, J. López, C. P. Martínez, J. Borrero, A. Bohórquez, G. Gallego, M. C. Duque, J. Tohme, S. R. McCouch, P. Moncada, y M. Jones

1.C.1. Introducción

El mejoramiento del germoplasma de arroz para América Latina y el Caribe (LAC) se viene realizando a través del aumento de la diversidad genética y del enriquecimiento de acervos genéticos buscando rendimientos más altos, más estables y con niveles adecuados de resistencia a patógenos e insectos relevantes en la región. Las estrategias empleadas están enfocadas a desarrollar y mejorar poblaciones para proveer a nuestros colaboradores con fuentes de padres potenciales con características específicas, o con poblaciones a partir de las cuales puedan seleccionar y desarrollar líneas avanzadas para liberar como variedades comerciales.

En el caso de los ecosistemas de riego y secano favorecido, esto se viene realizando a través de la caracterización y utilización de especies silvestres de arroz, el desarrollo de poblaciones mejoradas mediante métodos de selección recurrente, y la introgresión de características agronómicas del nuevo tipo de planta del IRRI a nuestro acervo genético local.

1.C.2. Genes Provenientes de Arroces Silvestres Contribuyen a Incrementar el Potencial de Rendimiento del Arroz Cultivado

1.C.2.1. Introducción

Las especies silvestres *Oryza* representan una fuente potencial de nuevos alelos para mejorar el rendimiento, la calidad y la resistencia a diferentes tipos de estreses que afectan el arroz cultivado. A pesar de ello, el uso efectivo de genes de especies silvestres se ha explorado poco. Los esquemas de mejoramiento que utilizan el método de retrocruzamiento avanzado acompañado de técnicas de mapeo molecular representan una buena alternativa para eliminar las características genéticas indeseables presentes en las especies silvestres y detectar con facilidad los alelos favorables en poblaciones segregantes.

Este proyecto colaborativo entre CIAT, WARDA, y la Universidad de Cornell busca caracterizar y utilizar los genes de especies silvestres de arroz para el mejoramiento del arroz cultivado. Aquí se presenta el progreso alcanzado en la identificación de los QTLS asociados con el aumento del rendimiento en *Oryza rufipogon* y *Oryza barthii* y la selección de familias portadoras de estos QTLS.

1.C.2.2. Materiales y Métodos

Los experimentos para la identificación de los alelos de interés en las poblaciones inter-específicas se llevaron a cabo en el campo, en el invernadero y en el laboratorio de biotecnología del CIAT. Las familias segregantes BC_2F_2 (288) del cruce Bg90-2/*O. rufipogon* y de las familias segregantes BC_3F_2 del cruce Lemont /*O. barthii* (326) se sembraron en un diseño completo de bloque aleatorios (RCBD) con dos repeticiones. La siembra se hizo en parcelas de 4 surcos de 5m de longitud en CIAT-Palmira en 1996 y 1997. Los datos sobre las 12 características agronómicas (rendimiento en kg/ha, panículas /planta, peso de 1000 granos, grano/panícula, peso total de grano/planta, número grano/planta, longitud de grano, longitud de panícula, porcentaje de esterilidad, días a floración, altura de planta y centro blanco) se tomaron en plantas seleccionadas al azar. Con base en el potencial de rendimiento y el desempeño agronómico, 38 familias BC_2F_2 del cruce Bg90-2/*O. rufipogon* se seleccionaron para otra evaluación del potencial de rendimiento como familias F_3 , usando un diseño RCBD con cuatro repeticiones. Los datos sobre las características agronómicas se asociaron con los 127 marcadores moleculares utilizando análisis de regresión múltiple y simple (Nelson 1997). La proporción observada de la varianza fenotípica atribuible al QTL se estimó mediante el coeficiente de determinación (R_2) obtenido a partir de los análisis de regresión simple y múltiple.

El ADN de las hojas jóvenes de los genotipos parentales y las poblaciones segregantes en ambos cruces fue extraído mediante el Método Dellaporta (McCouch, S. et al. 1988) modificado por la Unidad de Biotecnología del CIAT. Un total de 127 marcadores (83 RFLPS y 44 SSRS) se usaron para evaluar las familias segregantes del cruce Bg90-2/*O. rufipogon*, mientras que las progenies del cruce Lemont /*O. barthii* se evaluaron con 85 marcadores SSRs. Los marcadores usados en las evaluaciones y en los análisis de los QTL se seleccionaron de la estructura molecular del mapa del arroz separados aproximadamente 10-20 cm a lo largo del genoma (Causse, M. A. et al. 1994; Chen et al. 1997).

De los resultados obtenidos en los análisis moleculares de 288 familias BC_2F_2 del cruce Bg90-2/*O. rufipogon*, 87 familias que se asociaron con QTLs derivados de *O. rufipogon* se seleccionaron para iniciar el desarrollo de las líneas isogénicas; 40 plantas de cada familia se sembraron en el invernadero y luego se trasplantaron al campo. Se tomaron datos de las 12 características agronómicas las cuales se utilizaron para seleccionar las familias más prometedoras para las características de interés.

Mientras que las plantas estaban en el invernadero, se tomaron discos de las hojas (5 mm de diámetro) de cada planta seleccionada de las familias BC_2F_2 para la extracción del ADN utilizando el Método Alkali (Klimyuk, V. et al. 1993). Se analizaron aproximadamente 40 SSRS en un total de 235 PCR hechos con las 87 familias. Se seleccionaron plantas homocigotas o heterocigotas para la característica de interés derivada de *O. rufipogon* y se retrocruzaron con el padre recurrente Bg90-2. La semilla BC_3F_1 se obtuvo para continuar el desarrollo de las líneas isogénicas portadoras de un

QTLs específico. Se hicieron además otros cruces para combinar QTLs diferentes derivados del *O. rufipogon*.

1.C.2.3. Resultados y Discusión

Con base en los 83 RFLP y en los 44 SSR del mapa RF-Cornell usados en la evaluación de las 288 familias BC₂F₂ del cruce Bg90-2/*O. rufipogon*, se identificaron asociaciones significativas con el rendimiento, y los componentes de rendimiento (Cuadro 1). Debe tenerse en cuenta que el análisis de la regresión múltiple asocia características cuantitativas (y_i) como una función de x_i (número de alelos A por locus o marcador). Genotipos homocigotos como Bg90-2 tendrá $x_i=2$ y heterocigotos $x_i=1$. El signo asociado con el coeficiente indica cual padre contribuye el alelo responsable del efecto fenotípico mayor. Un signo negativo indica que un valor más alto se debe a *O. rufipogon*. La magnitud del coeficiente muestra la contribución relativa del QTL putativo sobre una característica particular. Es una función combinada que resulta de la interacción entre el valor de recombinación y la aditividad.

Los resultados con el software Qgene, versión 3,0 (Nelson 2000) indicaron asociaciones entre marcadores y rendimiento de grano en los cromosomas 3, 5, 6, 9 y 12. Los QTLs asociados a los marcadores RM13 y RM215 en los cromosomas 5 y 9 fueron derivados de *O. rufipogon*. Los resultados obtenidos en los cromosomas 5 y 12 mostraron asociaciones similares a las reportadas por Xiao et al. 1996 y 1998 (Figura 1 y Cuadro 1.6). Las pruebas de Duncan se hicieron para comparar el rendimiento promedio de las generaciones F₂, F₃, y F₅. El análisis estadístico (no incluido) mostró que, a excepción de dos familias F₂ no hubo diferencia significativa de rendimiento entre generaciones, sugiriendo que el vigor híbrido no estuvo involucrado, y que las diferencias de rendimiento observadas en la generación F₂ se mantuvieron a través de varias generaciones de selección fenotípica. El análisis combinado de los datos de rendimiento (no incluidos) también mostró que las líneas F₅ CT13976-7-M-6-M, CT13956-29-M-3-M, y CT13941-27-M-14-M tenían un promedio de rendimiento significativamente más alto que Bg90-2 al nivel del $P=0,05$. La caracterización molecular de estas líneas nos indicará cuáles QTLs están asociados con el aumento del rendimiento de grano. Algunas líneas inter-específicas se incluyeron en el VIOAL 2000 para evaluaciones bajo condiciones locales por parte de los Programas Nacionales de Arroz en América Latina.

Cuadro 1.6. Análisis Estadístico de la Población BC₂F₂ del Cruce Bg90-2/O. rufipogon. Regresión Múltiple para Características de Altura de Planta y Rendimiento, Valor de Umbral 5% (Qgene, Nelson 2000).

Característica	Chr	Marcador	Ajustados	F	Coef.	T	P	Incremento	Add%
Cuantitativa			R-Sq Total			(2 Colas)		Efecto	
Rendimiento		Intercepto	0.164	8.2	2166.325	2.46	0.0146		
	3	RG100			403.2821	2.848	0.0048	Bg90	12.84
	5	RM13			-317.629	-2.047	0.0418	rufipogon	-13.39
	6	RM217			742.3548	2.886	0.0043	Bg90	13.01
	9	RM215			-404.861	-2.686	0.0078	rufipogon	-13.34
	12	RG901			630.5277	2.871	0.0045	Bg90	12.92
	12	G1112			441.4269	2.506	0.0129	Bg90	12.9
Altura de planta		Intercepto	0.746	137.84	152.313	47.03	0		
	1	RZ538			-22.1423	-24.603	0	rufipogon	-48.09
	2	RM233A			-3.4199	-4.695	0	rufipogon	-6.76
	6	RM3			-4.2506	-3.577	0.0004	rufipogon	-10.1
	8	RM38			-1.9829	-2.267	0.0243	rufipogon	-10.83
	12	RG341			1.78	2.411	0.0167	rufipogon	-5.88

Además, se detectaron otras 61 asociaciones entre QTLs y diversos componentes de rendimiento. Por ejemplo, se encontraron cinco marcadores asociados con altura de planta en los cromosomas 1,2, 6, 8, y 12. El marcador RZ538 explicó el 70 por ciento de la variación fenotípica en la altura de planta en este cruce BC₂F₂ (Figura 1 y Cuadro 1), y mostró una ubicación similar en el cromosoma 1 tal como reportó Xiong et al.1999. Estos resultados sugieren que cada QTL derivado de *O. rufipogon* tiene un efecto diferente sobre la altura de planta, lo cual da a los mejoradores la oportunidad de desarrollar líneas mejoradas con altura diferente de planta para las diversas condiciones de cultivo.

Los resultados preliminares han atraído la atención de los Programas Nacionales de Arroz los cuales piden apurar el desarrollo de líneas inter específicas mejoradas para usar como padres potenciales en sus programas de mejoramiento. Para este propósito este año se hicieron 74 cruces inter-específicos para transferir características útiles del arroz silvestre a cultivares mejorados. Además, se sembraron varias poblaciones (F₁, F₂, F₃, y F₅) en surcos pedigrí (3036) en CIAT-PALMIRA y Santa Rosa, Villavicencio. Selecciones individuales de planta se hicieron en Palmira y Santa Rosa, respectivamente para evaluaciones adicionales en el 2001.

1.C.3. Puntos para Destacar con las Instituciones que Colaboran

1.C.3.1. WARDA

En 1997 WARDA inició un proyecto de investigación conjunta sobre hibridación inter-específica entre las especies de arroz asiático y africano, para el desarrollo de variedades mejoradas más competitivas con las malezas, con resistencia a insectos, a la sequía, y toxicidad de hierro, y buena calidad de grano. CIAT fue invitado a participar en el desarrollo de poblaciones mejoradas mediante cruces inter-específicos y evaluación de líneas segregantes.

En 1998 se recibió semilla de 100 progenies inter-específicas provenientes de cruzamientos entre *O. sativa* y *O. glaberrima*, las cuales se sembraron en parcelas de observación bajo condiciones de suelo ácidas en la Estación Experimental La Libertad, Villavicencio. Oryzica Sabana 6 y 10, y la Línea 30 se sembraron como testigos para comparación. Cerca del 60% de las líneas fueron susceptibles a *Pyricularia* del arroz pero la mayoría de las líneas mostró buena tolerancia al escaldado de la hoja y *Helminthosporium*. Con base en datos preliminares sobre potencial de rendimiento y desempeño en el campo, se seleccionaron 36 líneas para evaluación adicional en 1999. Estas progenies seleccionadas continuaron mostrando en 1999 alta resistencia a importantes enfermedades como *Pyricularia* en el cuello y la hoja (*P. oryzae*), mancha parda (*H. oryzae*), y decoloración del grano, así como también tolerancia a condiciones de suelo ácido. Algunos tuvieron mejor vigor y precocidad que los testigos. Las líneas WAB450-1-B-P-82-2-1, WAB450-1B-P-91-HB, WAB450-1-B-P-133-HB, WAB450-1-B-P-6-2-1, y WAB450-1-B-P-92-3-1 rindieron tan bien como los testigos locales (2 toneladas/ha). Sin embargo, desde el punto de vista de la calidad del grano, estas progenies inter-específicas no satisfacen las preferencias del consumidor en América Latina de grano largo y translúcido. Algunas de estas líneas están siendo usadas como progenitores en nuestro programa de mejoramiento. Además, un mejorador de CIAT visitó WARDA en septiembre del 2000 y seleccionó de los viveros 300 líneas inter-específicas para evaluación en Villavicencio en el 2001.

En 1998 se enviaron a WARDA 305 líneas derivadas de la generación BC₂F₂ de Bg90-2 y *O. rufipogon* para evaluación bajo diferentes ecologías del Oeste de África. Muchas líneas promisorias fueron identificadas y seleccionadas por mejoradores de WARDA. Cerca de 1283 líneas segregantes derivadas de cruces inter-específicos se enviaron a WARDA en el año 2000 para evaluación.

1.C.3.2. Universidad de Cornell

Un proyecto piloto en arroz se inició entre CIAT y Cornell en 1994. La base de éste es el uso de una estrategia para mejorar el desempeño del cultivo mediante la utilización de las colecciones existente de recursos genéticos y las herramientas de la biotecnología. Se hicieron varios cruzamientos entre las especies silvestres *Oryza glaberrima*, *Oryza rufipogon*, y *Oryza barthii* y líneas elites de riego y variedades de

secano, a partir de los cuales se han desarrollado varias poblaciones. Mediante la combinación del método de retrocruzamiento con marcadores moleculares se identificaron genes cuantitativos (QTL) asociados con ocho características agronómicas en una población BC₂F₂ derivada de un cruce entre Caiapo, variedad de secano del Brasil, y una accesión de *Oryza rufipogon* de Malasia. Con base en el análisis de 125 SSLP y de marcadores RFLP distribuidos a lo largo del genoma, y utilizando tres técnicas de mapeo (simple, intervalo y compuesto), dos QTLs putativos derivados de *O. rufipogon* se detectaron para rendimiento (cromosomas 1 y 11), 13 para componentes de rendimiento, cuatro para el ciclo vegetativo y seis para altura de planta. Se concluyó que el método de retrocruzamientos avanzado propuesto por Tanksley y Nelson ofrece una estrategia útil para el mejoramiento genético de cultivares adaptados a ambientes propensos a estreses. A pesar de que las características fenotípicas del germoplasma silvestre no sugiere su valor como un progenitor valioso, es notable que 51% de los QTLs identificados con efecto positivo sobre diferentes características se derivaron de *O. rufipogon*. Un artículo científico (Moncada et al.2000) fue sometido y aceptado para publicación en Theoretical and Applied Genetics.

1.C.4. Mejoramiento Poblacional Utilizando Acervos Genéticos y Poblaciones Portadoras del Gen Recessivo de Androesterilidad

J. Borrero, J. Carabalí, C. Martínez

1.C.4.1. Introducción

La selección recurrente de manera amplia se define como la selección sistemática de individuos deseables dentro de una población seguida por la recombinación de los individuos seleccionados para formar una nueva. El proceso se vislumbra como un círculo que incluye desarrollo de poblaciones, evaluaciones de individuos, y selección de individuos superiores como progenitores para formar una población nueva para el próximo ciclo de selección (Fehr 1987). Es un proceso dinámico y continuo que busca desarrollar genotipos superiores en una o más características. Desde 1989 el Proyecto de Arroz del CIAT utiliza los métodos de selección recurrente como una de las estrategias para aumentar el potencial de rendimiento y la resistencia a limitantes bióticos y abióticos.

Esta actividad busca: a) desarrollar poblaciones mejoradas para condiciones de riego y secano favorecido con un alto potencial de rendimiento y una buena calidad de grano; b) proveer a los colaboradores regionales fuentes de progenitores y/o líneas con características específicas; c) promocionar el trabajo en red entre los colaboradores interesados.

1.C.4.2. Materiales y Resultados

Cuatro poblaciones base (PCT6, PCT7, PCT8 y GPCT9) se sembraron y evaluaron en CIAT-Palmira en términos de potencial de rendimiento, ciclo vegetativo, vigor

temprano, tipo de planta, y calidad de grano. Con base en nuestras observaciones y en la retroalimentación recibida de colaboradores regionales, la PCT6 y la PCT8 se seleccionaron para mejoramiento adicional en potencial de rendimiento y calidad de grano. Con base en el potencial de rendimiento y en el desempeño en el campo 14 cultivares, se seleccionaron y cruzaron con plantas androestériles de cada población base para generar más variabilidad. Se seleccionaron además otros 13 cultivares reconocidos por poseer excelente calidad de grano y se cruzaron con varias plantas androestériles de cada población base seleccionada. Las cuatro poblaciones nuevas se formaron para selección y mejoramiento en el 2001.

RESULTADO 1. MEJORAMIENTO DE LOS ACERVOS GENÉTICOS

1.D. Introgresión de Genes del Nuevo Tipo de Planta en los Acervos Genéticos de LAC

Z. Lentini, A. Mora, J. Borrero, C. Bruzzone, C. Martínez

I.D.1. Introducción

El mejoramiento por ideotipo que busca modificar la arquitectura de la planta es una estrategia probada para lograr incrementar el potencial de rendimiento de los cultivos. Con el fin de aumentar el potencial de rendimiento del arroz, en 1988 científicos del IRRRI conceptualizaron un nuevo tipo de planta (NTP). Se propusieron modificaciones adicionales en la arquitectura de planta con las características siguientes: baja capacidad de macollamiento, cero macolla improductiva, 200 a 250 granos por panícula, tallos muy fuertes, hojas gruesas de color verde oscuro, erectas y verticales, y sistema de raíz vigoroso/profundo. Numerosas líneas segregantes portadoras del ideotipo deseado se introdujeron en CIAT y se evaluaron en Palmira y en Santa Rosa por su adaptación, potencial de rendimiento, calidad de grano y tolerancia a los principales estreses bióticos y abióticos. Se identificaron varias líneas promisorias las cuales se utilizaron como progenitores en nuestro programa de mejoramiento. Esta actividad busca incorporar importantes características agronómicas exhibidas por el NPT en los acervos genéticos de América Latina y el Caribe.

1.D.2. Materiales y Métodos

Se siguió una estrategia dual. Doscientos noventa y nueve poblaciones F_1 se derivaron de cruces que contenían por lo menos una dosis de un padre NPT y dos dosis de un cultivar adaptado localmente. Algunas de las poblaciones (104) se procesaron mediante cultivo de anteras para apurar el desarrollo de líneas homocigotas fijas y las restantes se evaluaron en surcos de pedigrí.

De las aproximadamente 1000 R_0 plantas verdes regeneradas en 1999, se seleccionaron y evaluaron en Palmira y Santa Rosa 318 plantas doble haploides. Con base en el potencial de rendimiento y la tolerancia a las principales enfermedades se seleccionaron 64 líneas doble-haploides para distribuir a los Programas Nacionales en el 2001.

De las 43 poblaciones F_1 derivadas de cruces entre un padre NPT y un material de LAC se hicieron 365 selecciones de plantas en Palmira. Además se evaluaron 611 líneas F_3 en surcos de pedigrí en Palmira. Se observó buena variabilidad en términos de tipo de planta y grano, precocidad, capacidad de macollamiento, tamaño de panícula, fortaleza del tallo, número de granos por panícula y altura de planta. Se efectuaron un total de 1381 selecciones para pruebas adicionales en el 2001.

1.D.3. Actividades de Capacitación

Alfredo Caldas. C. P. Martínez, J. Borrero, Elías García, David Salgado

Se organizó en CIAT Palmira un curso internacional sobre la aplicación de métodos convencionales de mejoramiento y de técnicas moleculares para el mejoramiento genético de arroz. Un total de 22 científicos de 6 países (Colombia, Costa Rica, Brasil, República Dominicana, Uruguay y Venezuela) participó en el curso de dos semanas que buscó integrar el uso de métodos convencionales y herramientas moleculares en el mejoramiento del arroz. Los participantes consideraron enfáticamente que cursos de este tipo tienen gran demanda y que deberían ofrecerse regularmente.

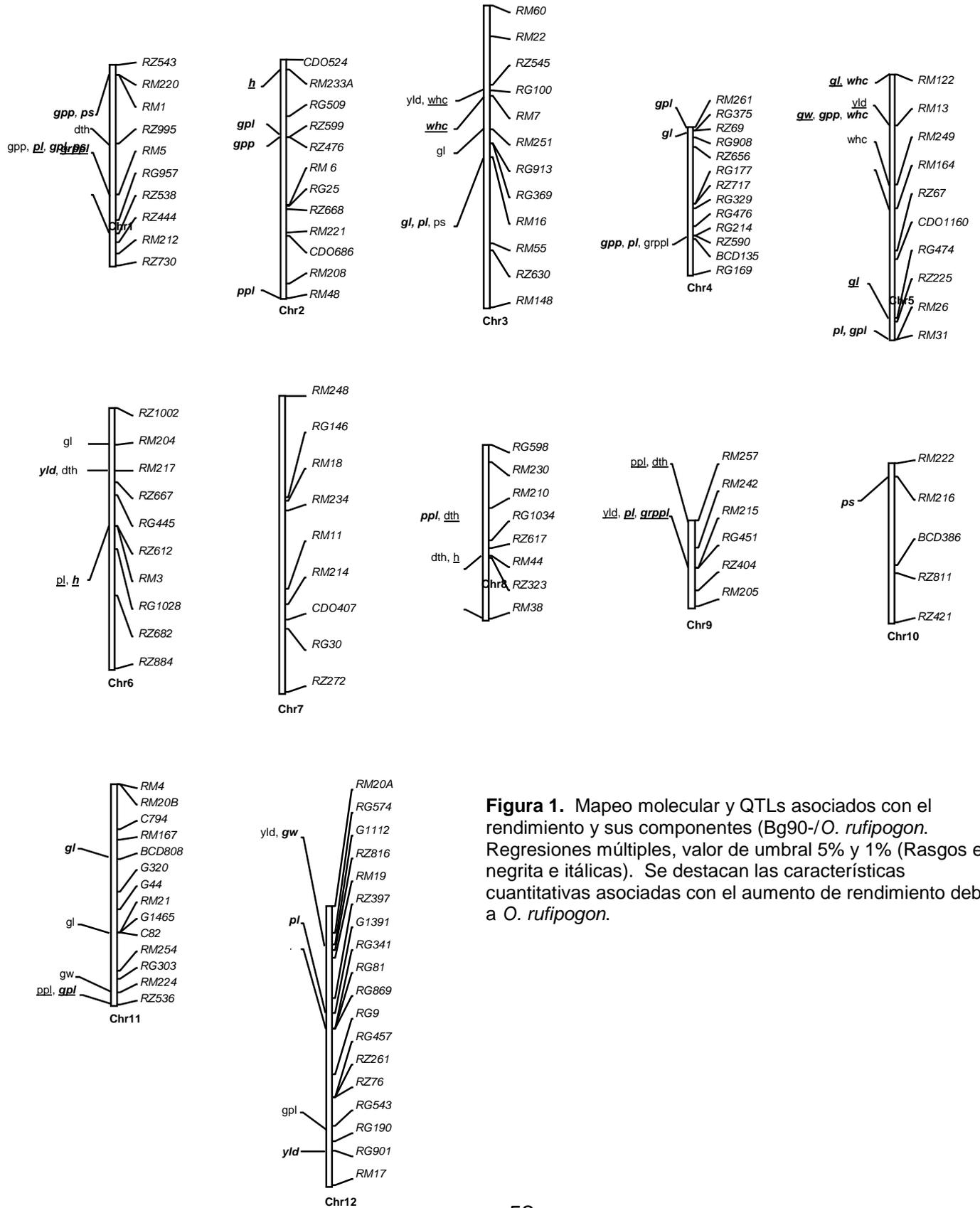


Figura 1. Mapeo molecular y QTLs asociados con el rendimiento y sus componentes (Bg90-/*O. rufipogon*). Regresiones múltiples, valor de umbral 5% y 1% (Rasgos en negrita e itálicas). Se destacan las características cuantitativas asociadas con el aumento de rendimiento debido a *O. rufipogon*.

Actividades en Progreso

- Completar la caracterización de los datos agronómicos y moleculares, y análisis QTL para determinar el número de QTLs asociados con el incremento del rendimiento a través de ambientes en los cruzamientos Bg90-2/*O. rufipogon* y Lemont/*O. barthii*.
- Continuar el desarrollo de líneas isogénicas (NIL) portadoras de QTLs específicos para utilizar en programas de mejoramiento a partir del cruce Bg90-2/*O. rufipogon*.
- Desarrollar una población (CG14/ WAB56-104) para determinar la introgresión de genes entre las especies *O. sativa* y *O. glaberrima* en colaboración con WARDA.
- Preparar artículos científicos para publicar resultados.
- Fingerprinting de líneas avanzadas de los cruzamientos Bg90-2/*O. rufipogon* y Lemont/*O. barthii*.
- Iniciar la caracterización agronómica y molecular de otras poblaciones que involucran cruces con *O. glaberrima* para identificar QTLs asociados con el incremento del rendimiento.

Referencias

Causse, M. A.; Fulton, T. M.; Cho, Y. G.; Nag Ahn, S.; Chunwongse, J.; Wu, K.; Xiao, J.; Yu, Z.; Ronald, P.; Harrington, S. E.; Second, G.; McCouch, S. R. and Tanksley, S. D. 1994. Saturated molecular map of the rice genome based on an interspecific backcross population. *Genetics*, 138: 1251- 1274.

Chen, X.; Temnykh, S.; Xu, Y.; Cho, Y. G. and McCouch, S. 1997. Development of a microsatellite framework map providing genome-wide coverage in rice (*Oryza sativa* L.). *Theor. Appl. Genet.* 95: 553- 567.

Klimyuk, V. I.; Carroll, B. J.; Thomas, C. M. and Jones, J. D. G. 1993. Alkali treatment for rapid preparation of plant material for reliable PCR analysis. *Plant Journal*. 3,3: 493-494.

McCouch, S.; Kochert, G.; Yu, Z.; Wang, Z.; Khush, G.; Coffman, W. and Tanksley, S. 1988. Molecular mapping in rice chromosomes. *Theor. Appl. Genet.* 76: 815- 829.

Temnykh, S.; Park, W. D.; Ayres, N.; Cartinhour, S.; Hauck, N.; Lipovich, L.; Cho, Y. G.; Ishii, T. and McCouch, S. 2000. Mapping and genome organization of microsatellite sequences in rice (*Oryza sativa* L.). *Theor. Appl. Genet.* 100: 697- 712.

Xiao, J.; Grandillo, S.; Ahn, S.; McCouch, S. and Tanksley, S. 1996. Genes from wild rice improve yield. *Nature*. 384: 223- 224.

Xiao, J.; Li, J.; Yuan, L. and Tanksley, S. 1996. Identification of QTLs affecting traits of agronomic importance in a recombinant inbred population derived from a subspecific rice cross. *Theor. Appl. Genet.* 92: 230- 244.

Xiao, J.; Li, J.; Grandillo, S.; Nag Anh, S.; Yuan, L.; Tanksley, S. and McCouch, S. 1998. Identification of trait- improving quantitative trait loci alleles from a wild rice relative, *Oryza rufipogon*. *Genetics*. 150: 899-909.

Xiong, L. Z.; Liu, K. D.; Dai, X. K.; Xu, C. G. and Zhang Q. 1999. Identification of genetic factors controlling domestication- related traits of rice using an F₂ population of a cross between *Oryza sativa* and *O. rufipogon*. *Theor. Appl.Genet.* 98: 243- 251.

1.D.4. Publicaciones

Moncada, P., C. P.Martínez, J. Borrero, M. Châtel, H. Gauch Jr., E. Guimarães, J. Tohme, y S. R.McCouch. 2000. Característica cuantitativa loci para componentes de rendimiento y rendimiento en una población BC₂F₂ *Oryza sativa/Oryza glaberrima* BC₂F₂ evaluada en un ambiente de secano . *Theor. Appl. Genet* (en imprenta).

1.D.5. Conferencias

- 28th Rice Technical Working Group. Febrero 27-Marzo 1, 2000. Biloxi, Mississippi. Se presento un trabajo titulado "Advanced backcross analysis for the Transfer of QTLs from *O. rufipogon* and *O. barthii*".
- Chandler Simposio Conmemorativo. Junio 15-17. Universidad de Cornell. Ithaca. NY.
- Visita a Universidad de Yale en New Heaven, Universidad de Minnesota en St Paul, y Novartis. Junio 20-28.
- Visita a WARDA. Sept. 10-18. Bouake, Côte d'Ivoire. Coordinación de actividades colaborativas en arroz CIAT/ WARDA.
- IX Simposio Internacional sobre Genética de Arroz. Octubre 23-27. IRRI, Los Baños, Filipinas. Se presentó un trabajo titulado "Utilización de nuevos alelos de el arroz silvestre *Oryza rufipogon* para mejorar el arroz cultivado (*Oryza sativa*) en América Latina".

RESULTADO 1. MEJORAMIENTO DE LOS ACERVOS GENÉTICOS

1.E. Uso del Cultivo de Anteras y del Cultivo *in vitro* para el Mejoramiento de los Acervos de Genes

1.E.1. Introducción

El laboratorio de cultivo de anteras de arroz del CIAT (LCA) se centra en el desarrollo de líneas doble haploides para las diversas actividades de mejoramiento. En el caso del CIAT, el trabajo ha estado dirigido principalmente hacia las poblaciones avanzadas adaptadas a los ecosistemas de sabana bajo, riego y de tierras altas, así como las poblaciones de retrocruzamientos derivadas de cruzamientos interespecíficos entre especies de arroz cultivado y arroz silvestre. En el caso del FLAR, el laboratorio ha generado líneas doble haploides a partir de los cruzamientos del FLAR dirigidas hacia el desarrollo de líneas sub-tropicales mejoradas y tolerantes al frío para el Cono Sur. Entre septiembre de 1999 y septiembre de 2000, el LCA procesó 335 cruzamientos que generaron un total de 7200 plantas. Este año, el nivel de actividades en el LCA se redujo en cerca del 60% con respecto al período de 1998-1999 cuando se produjeron un total de 11,655 plantas. Este cambio en el nivel de actividades durante este año corresponde a una reducción no prevista de 364 cruzamientos originalmente solicitados por el FLAR para el plan de trabajo del año 2000, para un total de 190 cruzamientos finalmente procesados. Para equilibrar esta reducción de actividades, el personal del LCA y los fondos operativos correspondientes brindaron por primera vez apoyo a las actividades de investigación en transformación genética del arroz, que habían sido apoyadas hasta la fecha por el proyecto SB2.

1.E.2. Uso del Cultivo de Anteras para Fijar Caracteres Mejorados en las Poblaciones Retrocruzadas de Híbridos de Arroz x Especies Silvestres

A. Mora (IP4), G. Delgado (IP4), T. Agrono (IP4), C. Ordóñez (IP4),
J. Borrero (IP4), C. Martínez (IP4, SB2), Z. Lentini (SB2, IP4)

El año pasado se reportó la generación de 3309 plantas a partir del cruzamiento entre la variedad Progreso y la especie silvestre *O. barthii*. Las líneas derivadas R_3 están siendo evaluadas actualmente respecto a su potencial de rendimiento.

Se seleccionaron 354 líneas R_3 del cruzamiento Lemont/ *O. barthii*.

Este año se procesaron, mediante cultivo de anteras, 99 líneas seleccionadas RC_2F_2 y RC_3F_1 del cruzamiento Caiapo/ *O. glaberrima*.

Se está utilizando el cultivo de anteras para recuperar líneas avanzadas fértiles, ya que la mayoría de los retrocruzamientos mostraron un alto nivel de esterilidad.

- Se seleccionaran y evaluarán líneas doble haploides respecto a la resistencia a enfermedades y el desempeño agronómico; luego serán analizadas con la ayuda de marcadores moleculares.
- El objetivo principal de esta actividad es utilizar los doble haploides para acelerar la introgresión de QTL asociados con alto potencial de rendimiento a partir de las especies silvestres en la variedad seleccionada *O. sativa* Caiapo.

- También serán evaluadas la introgresión a una mayor tolerancia a la sequía y la capacidad para competir con malezas de *O. glaberrima* en esta variedad adaptada a condiciones de secano y de suelos ácidos.

1.E.3. Uso del Cultivo de Anteras para Avanzar Poblaciones Mejoradas en Condiciones de Riego en el Trópico

A. Mora (IP4), G. Delgado (IP4), T. Agrono (IP4), C. Ordóñez (IP4), J. Borrero (IP4), C. Bruzzone (IP4), C. Martínez (IP4), Z. Lentini (IP4)

- Un total de 318 R₂ generadas a partir de cruzamientos con el nuevo tipo de la planta, se seleccionaron en Palmira respecto a tipo de planta y potencial de rendimiento. De estos cruzamientos, 63 líneas R₂ también combinaron resistencia a enfermedades que fue seleccionada en la Estación Experimental de Santa Rosa.
- Se seleccionaron 40 cruzamientos F₁ realizados para condiciones tropicales y subtropicales para ser procesados mediante cultivo de anteras; de los cuales se generaron 691 plantas.
- Semilla de líneas R₂ fue incrementada y las líneas se evaluaron por resistencia a enfermedades en la Estación Experimental de Santa Rosa.
- Las líneas hermanas R₂ están siendo evaluadas respecto al tipo de planta y algunos componentes del rendimiento, como son la capacidad de macollamiento, días a la floración, longitud de la panícula, fertilidad y tamaño del grano en la Estación Experimental del CIAT-Palmira.
- Las líneas seleccionadas R₃ serán evaluadas respecto al potencial de rendimiento en el siguiente ciclo, y la R₄ será distribuida a los programas nacionales.

1.E.4. Uso del Cultivo de Anteras para Fijar la Tolerancia al Frío en las Poblaciones de Selección Recurrente

A. Mora (IP4), G. Delgado (IP4), T. Agrono (IP4), C. Ordóñez (IP4), J. Borrero (IP4), M. Châtel (IP4), Z. Lentini (IP4)

- Se cultivaron dos poblaciones diferentes de selección recurrente que llevan el gen restaurador de la fertilidad masculina junto con la tolerancia al frío.
- Se produjeron 1298 plantas.
- Se seleccionaron un total de 325 plantas R₂ por resistencia a enfermedades y se enviaron a Chile para ser sembradas en noviembre del 2000 para evaluaciones finales de campo.
- Se procesaron 4 cruzamientos que combinaban la tolerancia al frío, el alto rendimiento y caracteres aceptables de calidad mediante el cultivo de anteras.
- Se generaron 691 plantas y en la actualidad se están cosechando las R₂.

1.E.5. Uso del Cultivo de Anteras para Acelerar el Desarrollo de Poblaciones Mejoradas del FLAR

A. Mora (IP4), G. Delgado (IP4), T. Agrono (IP4), C. Ordóñez (IP4), L. E. Berrío (FLAR), J. Gibbons (FLAR₁), Z. Lentini (IP4)

- Desde octubre 1999 hasta febrero 2000, se cultivaron un total de 190 cruzamientos triples diseñados para el sur de Brasil.
- Se seleccionaron primero plantas por cada línea, utilizando variedades brasileñas seleccionadas como testigos de referencia. La selección se basó en el tipo de planta, días a la floración y longitud del grano (según lo predicho por el tamaño de la espiguilla), y se realizó una cosecha masal de las anteras de todas las plantas seleccionadas por cruzamiento y luego se procesaron en el laboratorio
- Los 190 cruzamientos produjeron un total de 1554 plantas.
- Líneas R₂ derivadas de las plantas doble haploides R₁ serán generadas a partir de estos cruzamientos y serán seleccionadas tanto en la estación de Palmira respecto a tipo de planta y de grano, como en la Estación Experimental de Santa Rosa respecto a resistencia al añublo del arroz.
- Se seleccionaron 109 líneas R₂ y 21 líneas R₃ generadas de los cruzamientos procesados en 1999 respecto a resistencia a enfermedades en Santa Rosa y respecto a tipo de planta y calidad de grano en la sede del CIAT; estas fueron incluidas este año en el VIOFLAR para el Cono Sur. Las 130 líneas doble haploides derivadas de 50 cruzamientos representan el 26 % de los cruzamientos (189) enviados a Brasil en el 2000.

1.E.6. Variación Somaclonal para Aumentar la Variabilidad Genética de las Líneas Mejoradas Avanzadas de los Países Miembros del FLAR

A. Mora (IP4), G. Delgado (IP4), T. Agrono (IP4), C. Ordóñez (IP4), Edgar Torres (FONAIAP, Venezuela), J. Holguín (FEDEARROZ, Colombia), J. Gibbons (FLAR), Z. Lentini (IP4)

- Respondiendo a una solicitud del grupo de investigación del FLAR en la sede del CIAT, y de Colombia y Venezuela como miembros del FLAR, el LCA generó somaclones derivados de la inflorescencia inmadura de variedades seleccionadas. La meta de esta actividad es inducir variación para el mejoramiento de caracteres de calidad del grano, resistencia al RHBV, tolerancia al daño mecánico de sogata y tolerancia al acame.
- El CIAT había desanimado al FLAR para que empleara este enfoque para generar variantes debido a su baja eficacia; sin embargo, el CIAT convino en generar las líneas solicitadas por el FLAR.
- El año pasado, se produjeron un total de 3309 somaclones para el Plan Nacional de Arroz de Venezuela liderado por FUNDARROZ, y se generaron 4440 plantas somaclonales para FEDEARROZ (Colombia).
- La evaluación preliminar en plantas S₁ mostró algunos somaclones con mejor calidad de grano o con resistencia al RHBV. Sin embargo, estos caracteres no

¹ Dirección actual: Nebraska Rice Research Center, USA.

fueron heredados en las plantas S_2 , lo que indica la presencia de variación epigenética comúnmente encontrada en este tipo de plantas derivadas de cultivos *in vitro*.

- Este año se generaron 3178 somaclones a partir de dos variedades para FUNDARROZ-Venezuela.
- Se cosechará la semilla S_1 (primera autofecundación del somaclon original, S_0) y las plantas S_1 serán evaluadas respecto a calidad de grano. La resistencia a enfermedades será evaluada en la población S_2 .
- Debido a la baja eficiencia del procedimiento, el CIAT decidió discontinuar esta actividad.

RESULTADO 2. CARACTERIZACIÓN DE LAS PLAGAS DEL ARROZ Y LA GENÉTICA DE LA RESISTENCIA

2.A. Caracterización y Genética de la Resistencia a la Pyricularia del Arroz, Añublo de la Vaina y Manchado del Grano

F. Correa

2.A.1. Introducción

Las enfermedades del arroz son una de las principales limitantes de la producción en América Latina. Estas enfermedades ocasionan pérdidas severas en etapas reproductivas y vegetativas del cultivo. El desarrollo de cultivares resistentes ha sido el medio preferido de controlar estas enfermedades, sin embargo, el desarrollo de cultivares con resistencia durable ha sido una tarea muy difícil, especialmente en áreas de secano de los trópicos latinoamericanos, donde las condiciones climáticas son altamente favorables a las enfermedades. En general, la resistencia es vencida por patógenos un poco después de la liberación de las variedades. Sin embargo, el uso de la resistencia ha sido y continúa siendo el medio preferido de controlar al patógeno debido a un gran número de razones. En CIAT se han hecho esfuerzos importantes para comprender la alta variación observada en el patógeno, frecuentemente reportada como la causa principal del rompimiento de la resistencia. En diferentes países latinoamericanos se han iniciado estudios extensivos de la diversidad del patógeno analizando la estructura de las poblaciones de estos.

Resultados del Proyecto

2.A.2. Caracterización de Poblaciones del Patógeno de la Pyricularia. Monitoreo de la Evolución de la Diversidad Genética y la Virulencia del Patógeno de la Pyricularia en el Tiempo (Proyecto en Colaboración con CIRAD)

F. Correa, D. Tharreau, E. Tulande, F. Escobar, G. Prado, G. Aricapa

El experimento busca estudiar los cambios genéticos y patogénicos (virulencia y agresividad) del hongo causante de la pyricularia en variedades de arroz que generan presión de selección por medio de una resistencia parcial o completa, o susceptibilidad al patógeno. En el campo, el nivel y cambios de la resistencia de las variedades estudiadas también se monitorea mediante evaluaciones de la enfermedad en el tiempo. Las relaciones entre los cambios de las poblaciones de pyricularia y la evolución del nivel de enfermedad se examinarán por tres años.

El experimento se está realizando en Santa Rosa con las siguientes variedades: Resistencia completa: Fedearroz 50, Oryzica Llanos 5; Resistencia Parcial: Ceysvoni, Oryzica Llanos 4, IR 36, Iniap 11 (IR 64), Oryzica 2; Variedades Susceptibles: Oryzica 1, Oryzica Caribe 8, Cica 8, Oryzica 3. Cada variedad se siembra en 6 fechas cada 15 días en parcelas de 5 x 5 metros. La evaluación del nivel de enfermedad en el campo se realiza 30, 37, 44, 51 y 58 días después de la siembra. Se colectan cincuenta hojas con pyricularia 37 días después de la siembra de cada variedad y en cada fecha de

siembra. Se colectan diez panículas enfermas de cada variedad y fecha de siembra 25 días después de la floración. El análisis genético y patotípico se efectúa en las muestras de *pyricularia* utilizando la técnica de la dactiloscopia con PCR (fingerprinting) e inoculaciones de invernadero.

Las muestras de ADN de más de 100 aislamientos de *Pyricularia grisea* colectados en la primera fecha de siembra en 1999, fueron analizados por su dactiloscopia (fingerprinting) en el año 2000 utilizando la reacción en cadena de la polimerasa (rep-PCR) con dos primers o cebos obtenidos a partir de una secuencia de elemento conocido como Pot 2, elemento encontrado en aproximadamente 100 copias del genoma del hongo de la *pyricularia* (George et al.). Todos los aislamientos analizados hasta ahora (116) se agruparon en tres grupos importantes que corresponden a los conocidos linajes genéticos colombianos SRL-6B, SRL-6, y SRL-4 (Figura 2.1, Cuadro 2.1, Cuadro 2.2). Las diferencias en la estructura genética se están analizando en experimentos replicados para asociarlos a los procesos evolutivos y a la respuesta a la presión de selección de cultivares de arroz con niveles diferentes de resistencia. El espectro de virulencia de 34 aislamientos de estos 3 linajes que representan la mayoría de la diversidad genotípica observada en la Figura 2.1 se determinó en estudios de invernadero y se muestran en el Cuadro 2.1. Ningún gen individual de resistencia es efectivo contra todos los aislamientos de los tres linajes detectados, pero algunos de los genes conocidos son efectivos contra todos los aislamientos de linajes genéticos individuales estudiados. La línea casi isogénica C101 LAC es la única línea que exhibe resistencia contra los tres linajes, sin embargo nuestros estudios indican que esta línea tiene los dos genes distintos de resistencia Pi-1 y Pi-11. En el pasado se ha reportado esta aislínica como portadora sólo del gen Pi-1, sin embargo todos los aislamientos en el linaje SRL-6 infectaron las aislínicas C 104 LAC y C 103 TTP que llevan el gen de resistencia Pi-1 pero no a la aislínica C 101 LAC. La presencia del gen de resistencia Pi-11 en C 101 LAC se corroboró en un estudio efectuado por nosotros en CIRAD como se discutió en la sección anterior. Estos dos genes de resistencia, sin embargo, son vencidos por aislamientos del linaje SRL-5 incluidos en Cuadro 1 para referencia. Afortunadamente, los aislamientos de éste o de cualquiera de los linajes colombianos no han mostrado compatibilidad con los tres genes de resistencia Pi-1, Pi-11, y Pi-2, abriendo una de las pocas posibilidades para desarrollar una combinación de genes verdaderamente resistente a toda la población del patógeno en Colombia. Parece que por lo menos el gen Pi-1 confiere resistencia a linajes SRL 6B y SRL-4, el gen Pi-11 a SRL 6, y el gen Pi-2 al linaje SRL-5. En el futuro próximo, esperamos tener marcadores moleculares asociados con estos tres genes para facilitar su incorporación en diferente cultivares de arroz.

Hasta ahora el linaje más común recuperado de hojas infectadas ha sido SRL-4 (Cuadro 2.2), que ha estado presente en los cinco cultivares probados hasta la fecha. Tres linajes (SRL6B, SRL6, y SRL-4) se han recuperado de los cultivares Oryzica 1 y Ceysvoni, mientras los cultivares Oryzica Caribe 8, Oryzica Llanos 5 e IR 36 han rendido sólo aislamientos en el linaje SRL-4 (Cuadro 2.2). No todos los aislamientos recuperados del linaje SRL-4, y específicamente aquellos recuperados de los cultivares Ceysvoni y Oryzica Llanos 5 han reinfectado el cultivar de origen en inoculaciones de

invernadero (Cuadro 2.3). Estos dos cultivares exhiben una resistencia parcial y una reacción de resistencia completa, respectivamente, mientras los cultivares (Oryzica 1 y Oryzica Caribe 8) re infectados por aislamientos recuperados de ellos exhiben una reacción de campo altamente susceptible. En la actualidad estamos analizando más aislamientos de cultivares parcialmente resistentes y completamente resistentes para comprender el significado de nuestros resultados en términos evolutivos del patógeno y su posible relación con el rompimiento de la resistencia.

La recuperación de aislamientos de pyricularia de los cultivares altamente resistentes Oryzica Llanos 5 y Fedearroz 50 ha sido difícil debido al bajo número de lesiones en las hojas. Fedearroz 50 exhibió una baja incidencia de pyricularia en el cuello en la primera fecha de siembra de 1999, y se recuperaron 23 aislamientos de panículas infectadas para pruebas de patogenicidad. En las inoculaciones se usaron diferentes fuentes de Fedearroz 50 para eliminar la posibilidad de mezcla de semillas en el campo. En pruebas de inoculación en hojas, tres de estos aislamientos re infectaron el cultivar Fedearroz 50 así como también otros cultivares probados (Cuadro 2.4), sugiriendo el rompimiento de la resistencia de este cultivar, lo cual no ha ocurrido aún en campos comerciales. Estos aislamientos no infectaron la línea casi isogénica C 101 LAC indicando que los genes de resistencia Pi-1 y/o Pi-11 son efectivos al conferir resistencia a esta nueva variante del patógeno. Actualmente estamos analizando la estructura genética así como la composición de virulencia de estos aislamientos compatibles para determinar los cambios que ocurren en esta nueva población y cómo se asocia ésta a la presión de selección de cultivares de arroz con niveles altos de resistencia. Ninguno de los 33 aislamientos examinados para patogenicidad (Cuadro 2.1) mostró compatibilidad con el cultivar Fedearroz 50 cuando estos aislamientos se inocularon en todas las variedades colombianas de arroz (datos no incluidos).

Hemos introducido los marcadores SCAR (regiones amplificadas de secuencias de ADN caracterizadas) (10 pares de primers) desarrollados por Tharreau et al. para complementar y facilitar el análisis de las poblaciones de *Pyricularia grisea* consideradas en estos estudios. Estos marcadores se han desarrollado de marcadores RAPD vinculados a genes de virulencia así como también a partir de secuencias diferentes publicadas de otros genes de *P. grisea*. La ventaja principal de esta técnica es que genera perfiles simples que pueden leerse y compararse fácilmente mientras que las técnicas rep-PCR y MGR son más difíciles de leer debido al alto número de bandas. Esperamos transferir esta técnica a muchos laboratorios tanto en Colombia como en la región tan pronto como probemos la conveniencia de estos marcadores.

2.A.3 Selección de Fuentes de Resistencia a diferentes Linajes Genéticos de *Pyricularia grisea* del Arroz bajo Condiciones de Invernadero y de Campo

F. Correa, G. Prado, G. Aricapa, E. Tulande, F. Escobar

La frecuencia de plantas resistentes a pyricularia observada en poblaciones F₂ en el campo es altamente dependiente de la reacción a pyricularia y de la estabilidad de esta reacción de los padres utilizados para el desarrollo de estas poblaciones. Se ha

observado un incremento en el número de las plantas F₂ susceptibles en el 2000 comparado con el de años anteriores y este incremento se ha relacionado a la baja estabilidad de la resistencia a pyricularia de los padres utilizados en el programa de mejoramiento. Hemos iniciado la evaluación de pyricularia en el campo y en el invernadero de varios cientos de líneas avanzadas que exhiben características agronómicas deseadas para la identificación de fuentes de resistencia a pyricularia. Las líneas resistentes seleccionadas se ensayarán en varias épocas y en pruebas de inoculación con aislamientos de pyricularia representantes de la mayor virulencia y diversidad genética del patógeno para determinar la estabilidad de su reacción resistente antes de ser recomendadas como progenitores. Se colectarán las lesiones de pyricularia con baja frecuencia observadas en estos cultivares en el campo, para recuperar aislamientos y para inoculaciones de invernadero. Estamos desarrollando un vivero de fuentes potenciales de resistencia que se usará como progenitores después de varios períodos de prueba. En el 2000 en Santa Rosa se seleccionó un grupo de líneas de arroz que exhiben hojas y panículas altamente resistente a pyricularia bajo alta presión de enfermedad en dos repeticiones, y se incluyeron en este vivero (Cuadro 2.5). Además, se seleccionó otro grupo de líneas avanzadas del FLAR y CIAT por su resistencia a los seis linajes genéticos colombianos en inoculaciones de invernadero y por resistencia en el campo en Santa Rosa (Cuadro 2.6) y se incluyó también en el vivero. Estas líneas habían exhibido también una reacción resistente a pyricularia en Santa Rosa en 1999.

2.A.4. Caracterización de la Resistencia Genética a *Rhizoctonia solani* (Añublo de la Vaina). Desarrollo de Métodos de Evaluación e Inoculación

F. Correa, G. Prado, G. Aricapa, y F. Escobar

El hongo basidiomiceto filamentoso *Thanatephorus cucumeris* (anamorph= *R. solani*) es el agente causal del añublo de la vaina del arroz. La importancia económica de esta enfermedad ha aumentado en la mayoría de países asiáticos y en EUA en los últimos 10 años. La importancia de esta enfermedad también está aumentando en la mayoría de países arroceros tropicales de América Latina donde la especie *R. solani* AG-1 IA parece ser la más común, mientras la especie *R. oryza-sativae* parece ser la más común en áreas templadas de Sudamérica. La enfermedad, que ha aumentado en incidencia y severidad, es más frecuentemente controlada con el uso de fungicidas, pues no existen fuentes bien conocidas de resistencia al patógeno. Hemos iniciado la evaluación en invernadero de líneas diferentes de arroz para identificar fuentes potenciales de resistencia a este patógeno. El germoplasma evaluado incluye cultivares comerciales colombianos, especies silvestres de arroz, fuentes de resistencia reportadas de Asia y EUA, y líneas avanzadas de mejoramiento del proyecto de arroz.

Las inoculaciones de invernadero se realizaron utilizando 14 aislamientos diferentes del hongo colectados en áreas diferentes de Colombia desde 1988, y de síntomas observados en diferentes variedades de arroz (Cuadro 2.7). La mayoría de los cultivares comerciales colombianos ensayados exhibieron una reacción susceptible o intermedia al añublo de la vaina (Cuadro 2.7). Ninguno de los cultivares fue completamente

resistente a ninguno de los aislamientos utilizados. La frecuencia de las reacciones intermedias entre los cultivares osciló entre 0.21-0.54. El cultivar con más reacciones intermedias a los aislamientos utilizados, Oryzica Llanos 5, se conoce por su alta susceptibilidad en campos comerciales. Los resultados sugieren una posible interacción aislamiento-cultivar con la existencia de razas que merece más investigación en el futuro para facilitar la identificación de genes de resistencia.

La especie silvestre de arroz *O. rufipogon* exhibió una reacción intermedia o resistente a la mayoría de aislamientos ensayados (80%), mientras las especies *O. barthii* y *O. glaberrima* fueron susceptibles a la mayoría de aislamientos (Cuadro 2.8). Entre las fuentes de resistencia reportadas ensayadas, el cultivar Remadja fue resistente o intermedio al 80% de los aislamientos ensayados, mientras la fuente reportada Tetep, fue resistente a sólo 17% de los aislamientos. Estas fuentes potenciales se ensayarán en estudios adicionales en el invernadero como en el campo. Las poblaciones interespecíficas entre las especies *O. rufipogon* y *O. sativa* se han desarrollado mediante retrocruzamientos y se evaluarán por su reacción al añublo de la vaina y para identificar marcadores moleculares asociados con la resistencia observada.

Los resultados también mostraron que la mayoría de las líneas avanzadas de arroz que se están ensayando en Colombia u otros países latinoamericanos para una futura liberación como variedades comerciales, son susceptibles al añublo de la vaina (Cuadro 2.9). Estas evaluaciones indican la necesidad de identificar fuentes convenientes de resistencia para incorporar a nuestro programa de mejoramiento, o la introgresión de genes de resistencia al añublo de la vaina presentes en especies silvestres tal como *O. rufipogon*. Las evaluaciones en invernadero de las líneas/cultivares de arroz de EUA reportados como resistentes al añublo de la vaina mostraron susceptibilidad a la población del patógeno presente en Colombia (Cuadro 2.10). Estos cultivares fueron susceptibles o altamente susceptibles a los aislamientos ensayados en dos fechas de inoculación.

Estamos en el proceso de iniciar un estudio genético de la población de los aislamientos de *R. solani* en América Latina, utilizando marcadores nucleares RFLP desarrollados por Rosewich et al. El Dr. Bruce McDonald de ETH en Suiza ha acordado compartir con nosotros esos marcadores para nuestros estudios. Los datos de sus estudios demostraron que el patógeno del añublo de la vaina en una población de Texas es sexualmente activo (heterotalico) con niveles altos de flujo de genes y con poblaciones altamente heterocigotas. Esto significa que el hongo del añublo de la vaina forma grandes cantidades de genotipos nuevos por recombinación sexual contribuyendo a su continuo éxito como patógeno. Individuos exitosos se incrementan por reproducción asexual aumentando significativamente su frecuencia. Para desarrollar un programa de mejoramiento más eficiente por su resistencia a este patógeno, necesitaremos caracterizar la estructura genética y la diversidad de virulencia de este hongo en diferentes países de latinoamericana.

2.A.5. Evaluación de Poblaciones de Mejoramiento que Incorporan Fuentes Complementarias de Resistencia a Pyricularia en Experimentos de Campo e Invernadero

F. Correa y E. Tulande

Hemos iniciado un estudio para evaluar la estabilidad de la resistencia a pyricularia de líneas avanzadas desarrolladas en un programa de mejoramiento donde los padres y los cruces se seleccionan con base en su reacción a linajes de pyricularia y/o pro su reacción de campo. Para iniciar el estudio, en el año 2000 se seleccionó un total de 309 plantas F_2 resistentes a pyricularia provenientes de 69 cruces y 169 familias (Cuadro 2.11). Las plantas resistentes se seleccionaron de cruces triples que involucran tres padres resistentes (evaluaciones de campo e invernadero), tres padres susceptibles, y cruces donde la familia F_2 predominante fue susceptible, segregante (cantidad igual de plantas F_2 susceptible/resistentes), o plantas F_2 resistentes (Cuadro 2.11).

Las líneas F_3 seleccionadas se evaluarán en el año 2001 y se seleccionarán 5 plantas individuales resistentes a pyricularia dentro de cada una de las líneas. Se iniciarán estudios de estabilidad de la reacción de resistencia a pyricularia en ensayos replicados en la generación F_4 , y se continuarán en generaciones más avanzadas por un año hasta que la pérdida de resistencia alcance un plateau o se llegue a un número constante de líneas resistentes. Nuestra hipótesis es determinar si líneas originadas en cruces, donde la generación F_2 muestra un número más alto de plantas resistentes a pyricularia, y que mostraron un número más alto de líneas hermanas resistentes, darán origen a líneas resistentes más estables en las generaciones avanzadas. En el caso contrario, esas líneas avanzadas originadas de plantas F_2 resistentes seleccionadas de cruces donde las plantas F_2 susceptibles predominaron, serán menos estables.

Nuestro razonamiento detrás de esta hipótesis es que las poblaciones F_2 que exhiben un número predominante de plantas F_2 resistentes llevan un mayor número de genes de resistencia diferentes incluyendo genes menores. Las líneas resistentes avanzadas que originan estas poblaciones llevarán probablemente todos estos genes de resistencia confiriendo una mayor estabilidad. En el caso contrario, la resistencia observada en pocas plantas F_2 resistentes donde la mayoría de plantas F_2 son susceptibles, sería controlada simplemente por pocos genes de resistencia que serían fácilmente vencidos por las generaciones tempranas del patógeno. Nuestro propósito es poder recomendar a los mejoradores que efectúen observaciones detalladas en poblaciones F_2 eliminando esos cruces donde predominan las plantas F_2 susceptibles dentro de las familias, concentrando todos sus esfuerzos simplemente en esos cruces con mejores oportunidades para producir líneas de arroz con resistencia más estable a pyricularia. Los padres utilizados en los cruces bajo estudio se están sembrando para una observación detallada de su reacción a pyricularia y para coleccionar aislamientos del hongo que se usarán en inoculaciones de invernadero.

2.A.6. Estudio del Efecto de Interacción de los Macronutrientes en el Desarrollo de Enfermedades del Arroz

F. Correa, D. Delgado, E. Tulande, y P. Guzmán

En 1999 se inició, con la colaboración de FEDEARROZ y FLAR, un experimento de tres años de duración para determinar el efecto de la interacción de los macronutrientes en el desarrollo de pyricularia de arroz, mancha parda, escaldado de la hoja, añublo de la vaina, y manchado del grano. Las dosis consideradas para cada nutriente en los diferentes tratamientos son: Nitrógeno (0, 60, 120, 180 kg/ha); Fósforo (0, 40, 80, 120 kg/ha); y Potasio (0, 40, 80, 120 kg/ha). Las variedades utilizadas en los experimentos incluyen Oryzica 1, Fedearroz 50 y Oryzica Yacu 9 dependiendo del sitio donde se está efectuando el experimento. Los datos para los años 1999 y 2000 ya se han colectado y está en proceso de análisis. Los niveles de fertilización utilizados en el año 2000 en Santa Rosa para favorecer el desarrollo de las diferentes enfermedades de arroz se basó en los resultados observados en 1999. El nivel de fertilización recomendado para la evaluación de la mayoría de las enfermedades de arroz en Santa Rosa fue 180 kg N, 120 kg P, y 80 kg K. Aunque el desarrollo de pyricularia fue alto en el 2000 bajo esta fertilización, la presión de las otras enfermedades, como mancha parda o manchado del grano, fue baja comparada con el año 1999.

En otro experimento de fertilización que busca identificar fuentes de resistencia al manchado del grano, 104 líneas de arroz seleccionadas en 1999 (74 resistentes y 30 susceptibles) se evaluaron bajo tres niveles diferentes de fertilización para determinar la estabilidad de su reacción en Santa Rosa (Cuadro 2.12). Un total de siete líneas de arroz exhibieron resistencia al manchado del grano, con una reacción de 1-3 en seis observaciones bajo los tres niveles de fertilización (Cuadro 2.12). La línea más resistente fue CT 11891-2-2-7-M= Línea 30, que es una línea de arroz seco que se está liberando para suelos ácidos de la altillanura Colombiana. Otras cuatro líneas resistentes (Caiapo, Progreso, Primavera, e IAC 47) también son germoplasma desarrollado para condiciones de seco. Dentro de este grupo de siete líneas resistentes, dos del germoplasma de riego desarrollado por el FLAR (FI 00518-16p-8-2p y FI 00440-47p-16-1p), también exhibieron una reacción resistente al manchado del grano. En general, el germoplasma *japónica* está más adaptado a los suelos ácidos de seco mientras que el germoplasma *índica* se adapta más a condiciones de riego de América Latina Tropical. Otras diez líneas exhibieron una reacción de resistente a intermedia (1-5) al manchado del grano (Cuadro 2.12). Cuatro de estas líneas (Maravilla, Araguaia, Oryzica Sabana 10 y Línea 6) son materiales de seco desarrollado para la Altillanura de Colombia ó los suelos de seco de las sabanas de Brasil. Los testigos susceptibles siempre exhibieron una reacción de 9 en todas las observaciones en los tres tratamientos diferentes de fertilización.

En general, nuestras observaciones indican que el germoplasma de seco exhibe niveles altos de resistencia al manchado del grano. Esta enfermedad ha aumentado en importancia en todas las áreas arroceras tropicales de América Latina en los últimos cinco años, y los agricultores están utilizando cantidades altas de fungicidas para

controlar la enfermedad. Debe hacerse esfuerzos para la introgresión de la resistencia del germoplasma de secano a los cultivares de arroz de riego con el objetivo de disminuir o controlar la enfermedad bajo este sistema de producción.

2.A.7. Incorporación de Genes de Resistencia a Pyricularia en Variedades Comerciales mediante Retrocruzamientos

F. Correa, G. Prado, y L. E. Berrío

Las variedades de arroz son adoptadas por los agricultores no sólo por su reacción resistente a las enfermedades, sino por su alto rendimiento y calidad de grano. En muchos casos, a los agricultores les gustaría conservar variedades susceptibles debido al alto rendimiento y a la calidad del grano, recurriendo a la aplicación de cantidades altas de fungicidas.

Hemos iniciado un programa de retrocruzamientos para determinar su viabilidad y potencial al introducir resistencia a pyricularia en algunos de esos cultivares susceptibles que todavía juegan un papel importante en la economía de muchas regiones y agricultores de arroz de América Latina. A manera de ejemplo, el Cuadro 2.13 muestra un programa de retrocruzamientos para la introgresión de resistencia a pyricularia a los cultivares de arroz susceptibles Epagri 108 y Epagri 109. La resistencia se está derivando de los cultivares resistentes Fedearroz 50 y Oryzica Llanos 5. Los aislamientos de pyricularia totalmente compatibles con los cultivares susceptible se identificaron y aislaron de estos cultivares en la estación experimental de Santa Rosa cerca a Villavicencio y se están utilizando en la evaluación bajo condiciones controladas en el invernadero del retrocruzamiento BC_1F_1 para la selección y trasplante de plantas resistentes para la producción de plantas BC_2F_1 que se utilizarán en inoculaciones futuras. Se está trasplantando un gran número de plantas para seleccionar las más apropiadas agrónomicamente para utilizarlas en los retrocruzamientos para la producción de la población BC_2 . Otros genes de resistencia, como Pi-1, Pi-11 y Pi-2, se están introgresando mediante retrocruces a variedades comerciales de arroz colombianas que son susceptibles pero de amplia aceptación por los agricultores. Esperamos utilizar esta técnica de retrocruces de manera más regular con la ayuda de marcadores moleculares asociados a los genes de resistencia Pi-1, Pi-11, y Pi-2.

2.A.8. Plataforma Avanzada de Investigación Agropolis-CIAT-CIRAD

F. Correa y D. Tharreau

En el 2000 en la Plataforma Avanzada de Investigación Agropolis-CIAT-CIRAD, se inició un proyecto de tres años para comprender las interacciones virulencia/avirulencia del patógeno de la pyricularia y la planta de arroz para el desarrollo de estrategias convenientes para obtener resistencia durable a este hongo. El título del proyecto es: Comprensión de los Efectos Deletéreos Causados por la Combinación de Genes de Avirulencia/Virulencia para Desarrollar Resistencia Durable a la Pyricularia del Arroz. El análisis de la genética de la combinación de genes de virulencia/avirulencia se emprendió utilizando cepas fértiles del hongo que existe en la colección del CIRAD del

patógeno. Se hace énfasis particular en combinaciones relevantes de genes y en los cruces genéticos con aislamientos Colombianos del hongo. Se busca la producción de aislamientos individuales que expresen virulencia sobre los genes de resistencia Pi-1, Pi-11, y Pi-2.

En la primera parte de este estudio se utilizó un total de sesenta aislamientos de pyricularia de Asia, Africa, y América Latina. Muchos de los aislamientos asiáticos son altamente fértiles y convenientes para los cruces genéticos. En general, los aislamientos de pyricularia en muchas poblaciones exhiben compatibilidad con los genes de resistencia Pi -1 y Pi-11 o con Pi-2, pero no con los tres genes de resistencia. Bajo condiciones controladas en CIRAD se realizaron cruces convenientes entre aislamientos e inoculaciones en cultivares de arroz portadores de los diferentes genes de resistencia. En esta parte, sólo se presenta un resumen del primer reporte de progreso y las conclusiones con base en los resultados obtenidos este año:

- La falta de compatibilidad de aislamientos únicos con las isolíneas C 101 LAC y C101 A 51 parece ser un fenómeno común, como lo muestra el análisis de la población de pyricularia estudiada que representa una amplia región geográfica mundial así como fertilidad del patógeno.
- La conclusión anterior sugiere que los cultivares C 101 LAC y C 101 A 51 portan genes de resistencia que en combinación deben conferir una resistencia a pyricularia más durable.
- Estos estudios indican que la línea casi isogénica C 101 LAC lleva, además del gen de resistencia Pi-1, el gen de resistencia P-11, y que el cultivar C 101 A 51, porta el gen de resistencia Pi-2. Informes previos habían indicado la presencia de sólo Pi-1 en C 101 LAC. La estabilidad de la resistencia a pyricularia podría entonces desarrollarse por la combinación de los genes de resistencia Pi-1, Pi-2, y Pi-11.
- Fue posible detectar aislamientos de pyricularia compatibles con cada uno de los genes Pi-1, Pi-2, Pi-11, o combinaciones de cualquiera de dos de los genes. Sin embargo, ningún aislamiento fue virulento sobre los tres genes. Estos resultados apoyan nuestra hipótesis de que el patógeno de la pyricularia no puede perder los tres genes de avirulencia correspondientes a los tres genes de resistencia, pues tal evento podría ser deletéreo para afectando su funcionamiento normal.
- Es necesario desarrollar más cruces entre aislamientos de pyricularia para obtener aislamientos compatible con los tres genes Pi-1, Pi-2, y Pi-11, que permitan determinar el efecto de perder los genes de avirulencia correspondientes en el patógeno para poder determinar la durabilidad potencial de combinar los tres genes de resistencia en un cultivar de arroz.
- Debe iniciarse la investigación para los experimentos de transformación de los aislamientos de pyricularia TH 16 (Tailandia) y CL 73 (Colombia), compatibles con los genes de resistencia Pi-2 y Pi-11, buscando inhibir la función de avirulencia sobre el gen Pi-11 dando origen a aislamientos potencialmente compatibles con los tres genes de resistencia. Estos aislamientos nos permitirían estudiar los efectos de

perder los tres genes de avirulencia en el patógeno. Este enfoque es lógico pues CIRAD tiene ya clonado y secuenciado el gen de avirulencia de Pi-11.

- Deben iniciarse investigaciones para identificar marcadores moleculares asociados con los genes de resistencia Pi-1, Pi-2, y Pi-11. Estos marcadores serían útiles para establecer un programa asistido por marcadores para incorporar los tres genes en líneas de mejoramiento que buscan tener una resistencia a pyricularia más durable. Este enfoque se iniciara pronto pues CIAT ha desarrollado ya poblaciones de cruces entre C 101 LAC y C 101 A 51.

Cuadro 2.1. Espectro de Virulencia de Aislamientos de *Pyricularia grisea* colectados en Estudios de Evolución del Patógeno

	Cultivar	Gen de Resistencia	Linaje Genético/Número de Aislamientos			
			SRL 6B 3	SRL 6 7	SRL 4 23	SRL 5 (n)2
1	Fukunishiki	z, sh	+	+	++	
2	Fujisaka 5	i, kS	++		+++	+
3	Aichi asahi	A	+++	+++	+++	++
4	BI 1	b	++	++	+++	
5	BI 8	b	+++	+++	+++	+
6	Toride 1	zT	++		++	
7	K 3	kh		++		+
8	K 59	t	+	+++	++	+
9	K 60	kp	+	++	++	
10	F 80-1	k	+++	+++	+++	+
11	F 98-7	km	+++	+++	+++	++
12	F 124-1	ta	+++	+++	+++	+
13	F 129-1	kp	+++	+++	+++	++
14	F 128-1	Ta2	+++	+	++1	++
15	F 145-2	b		++	++	+
16	Zenith	Z, a	+	+	+	
17	Pi No.4	ta2 sh	+		+1	
18	Rico	ks	+++	++	+++	+
19	Norin 22	sh	++	++	++	
20	Nato	l	+	++	+++	++
21	Shin 2	ks, sh	++	++	+++	
22	Kanto 51	k		+++		++
23	Tsuyuake	Km	++	+++		++
24	Nipponbare	sh		+++	++	
25	Ou 244	z	++	+	+++	
26	Ishikari shiroke	i, ks	++		++	++
27	C 101 LAC	1,11				++
28	C 101 A51	2	+++		+++	
29	C 104 LAC	1		+++		++
30	C 101 PKT	4=ta	++	+++	+++	++
31	C103 TTP	1		+++		+++
32	C104 PKT	3	+++		+++	+++
33	C105 TTP1	4=-ta	+++	+++	+++	++
34	C 105 TTP 4 (L23)	Ta,+	+++	+++	+++	+++

Sin cruces = 0% de área foliar afectada (AFA); + = 1-5% AFA; ++ = 6-30% AFA; +++= más de 30% AFA
1= Tres aislamientos colectados de Ceysvoni fueron compatibles; 2= n: más de 10 aislamientos

Cuadro 2.2 Cultivar de Origen, Linaje Genético y Número de Aislamientos de *Pyricularia grisea* colectados en Estudios de Evolución de Patógeno

Linaje Genético	Cultivar de Origen de Aislamientos					Total
	Oryzica 1	Oryzica Caribe 8	Ceysvoni	Oryzica Llanos 5	IR 36	
SRL 6B	3		1			4
SRL 6	15		17			32
SRL 4	13	34	21	10	2	80
TOTAL	31	34	39	10	2	116

Cuadro 2.3. Compatibilidad de *Pyricularia grisea* con el Cultivar de Origen en Estudios de la Evolución del Patógeno

Linaje Genético	Origen de Aislamientos				Total
	Oryzica 1	Oryzica Caribe 8	Ceysvoni	Oryzica Llanos 5	
	No. aislamientos compatibles / No.aislamientos inoculados				
SRL 6B	2/2		1/1		3/3
SRL 6	3/3		5/5		8/8
SRL 4	4/4	9/9	1/5	0/4	14/22
Total	9/9	9/9	7/11	0/4	25/33

Cuadro 2.4. Identificación de Aislamientos de *Pyricularia grisea* Compatibles con el Cultivar de Arroz Fedearroz 50 en Santa Rosa

No.	Cultivar	Fuente Semilla	Aislamiento de <i>Pyricularia</i> (origen Fedearroz 50)		
			F 50-15-1	F 50-16-1	F 50-24-1
1	Fedearroz 50	Guamo	AS	S	AS
2	Fedearroz 50	Ibagué	S	I	AS
3	Fedearroz 50	Piedras	S	I	S
4	Fedearroz 50	Montería	AS	S	AS
5	Fedearroz 50	Valledupar	S	S	AS
6	Fedearroz 50	Saldana	I	S	S
7	Fedearroz 50	CIAT básica 98	S	S	S
8	Fedearroz 50	CIAT básica 99	S	S	I
9	Fedearroz 50	Santa Rosa	S	S	I
10	Fedearroz 50	Patología	AS	S	S
11	Oryzica Llanos 4	CIAT	AS	-	AS
12	Oryzica Caribe 8	CIAT	AS	AS	AS
13	Oryzica Yacu 9	CIAT	AS	AS	AS
14	C101LAC (Pi-1,Pi-11)	CIAT	R	R	R

R= Resistente; I= Intermedio; S= Susceptible; AS= Altamente Susceptible

Cuadro 2.5. Líneas de Arroz que Exhiben una Reacción Altamente Resistente a Pyricularia (Reacción 1-3) en Hoja y Panícula en Santa Rosa

	Línea
1	CT 8455-1-24-3P-1X
2	CT 8008-3-12-3P-1X
3	CT 8008-16-10-3P-1X
4	CT 8238-6-13-1P-1X
5	CT 8250 -13-1-4P-1X
6	CT 8250-18-4-4P-1X
7	CT 8455-1-24-1P-1X
8	CT 11014-10-1-2
9	CT 9737-1-1P-2-1
10	CT 11891-2-2-7-M
11	VSTA/LBNT//RSMT
12	IR 21015-72-3-3-3-1
13	GFMT *2/TQNG
14	CT 10166-16-1-2P-1-3
15	CT 9509-17-3-1-1-M-1-3P-M-1
16	CT 11008-12-3-1M-4P-4P
17	CT 10310-15-3-2P-4-3
18	IRGA 234-21-5-6-1
19	IRGA 660-3-13-5-3
20	CT 8455-1-13-1-M-2P
21	CT 11280-2-F ₄ 12P-5
22	CT 8945-8-17-2T-M
23	CT 11256-5-F ₄ -28P-5P
24	CNAx5013-13-2-2-4-B
25	CT 11369-1-F ₄ -17P-4P
26	CT 11626-14-4-2-1-M
27	CNAx5013-12-13-2-2-4-B
28	CT 10627-2-16-1T-1P-3P-4
29	CNARR 4955-7B-BM70A-45-5P

Cuadro 2.6. Líneas de Arroz Resistentes a los Linajes SRL-1 a SRL-6 de *Pyricularia grisea* en Invernadero y una Reacción Resistente de Campo

Línea de Arroz	Reacción a <i>Pyricularia</i> (1-9)	
	Hoja	Panícula
FL 00510-17P-3-2P-M	3	3
FL 00447-27P-3-1P-M	2	3
FL 00448-3 ^o -4-2P-M	2	3
FL 00470-29P-2-3P-M	2	3
FL 00470-29-P-5-2P-M	2	3
FL 00470-29P-6-2P-M	2	1
FL 00470-29P-7-3P-M	3	1
FL 00585-12P-7-3P-M	3	1
FL 00593-6P-1-3P-M	3	1
FL 00593-6P-5-3P-M	3	1
FL 00593-6P-7-1P-M	3	1
FL 00593-6P-9-1P-M	3	1
FL 00594-5P-9-3P-M	3	1
FL 00594-5P-11-2P-M	3	1
FL 00595-2P-1-1P-M	3	1
FL 00595-25P-9-3P-M	3	3
CT 13501-M-2-1-M-2-1P	3	3
CT 13501-M-3-1-M-2-1P	3	1
CT 13503-M-3-1-M-2-4P	2	1

Reacción de Campo
1-3 = Resistente; 4-9 = Susceptible

Cuadro 2.7. Aislamientos de *Rhizoctonia solani* Utilizados en Inoculaciones para Evaluaciones de Invernadero al Añublo de la Vaina

	Identificación del Aislamiento	Cultivar de Origen	Sitio de Colección	Año de Colección
1	Tolima 1953 –13	Oryzica 1	Saldaña	1988
2	Tolima 2061-1	Cica 4	Ambalema	1988
3	Tolima 2599	Fedearroz 50	Ibagué	1998
4	Tolima 2064-1	Oryzica 1	Campoalegre	1988
5	Tolima 2313-6	Oryzica 3	Ibagué	1990
6	SR 2156-1	Esparcidor	Santa Rosa	1988
7	SR 2398	O.Llanos 4	Santa Rosa	1993
8	Tolima 2399	Oryzica 1	Tolima	1993
9	Tolima 2631	Oryzica 1	Purificación	1999
10	SR 2328	Desconocida	Santa Rosa	1990
11	Tolima 1953-2	Oryzica 1	Saldaña	1988
12	Tolima 2065-1	Oryzica 3	Campoalegre	1988
13	Tolima 2599	Fedearroz 50	Ibagué	1998
14	Tolima 1954-3	Cica 4	Saldaña	1988

Cultivar	Aislamiento de <i>Rhizoctonia</i>														Frecuencia R-I	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
1	O.Llanos 5	S	S	S	S	S	I	S	I	-	I	I	I	I	I	0.54
2	Oryzica 3	S	S	S	S	I	S	I	I	I	I	S	S	I	I	0.50
3	Fedearroz 50	s	s	s	s	s	s	I	I	s	I	s	s	I	I	0.36
4	Oryzica 1	S	S	I	AS	S	S	I	I	S	S	I	I	S	S	0.36
5	Cica 8	I	S	S	S	S	S	S	R	I	S	S	S	I	S	0.29
6	IR 22	I	S	S	AS	I	S	I	AS	S	AS	-	S	S	S	0.23
7	O.Llanos 4	I	S	S	AS	S	I	S	S	R	S	S	S	S	S	0.21
8	Selecta 3-20	S	S	S	S	S	S	S	S	R	I	S	S	S	I	0.21

AS = Altamente susceptible. Rango 7.1–9. Lesiones en La hoja bandera o en la vaina #1

S = Susceptible. Rango 5.1-7. Lesiones en la vaina debajo de la hoja 2

I = Intermedia. Rango 3.1-5. Lesiones en la vaina debajo de la hoja 3

R = Resistente. Rango 1.1-3. Lesiones en la vaina debajo de la hoja 4

HR = Altamente resistente. Rango 0-1. Lesiones debajo de la hoja 4

Cuadro 2.8. Evaluaciones en Invernadero de Especies Silvestres de Arroz y de Fuentes reportadas como Resistentes a *Rhizoctonia solani*

Cultivar	Número de Aislamientos	Frecuencia R-I
Oryza rufipogon	10	0.80
Oryza glaberrima	9	0.11
Oryza barthii	9	0.0
Remadja	5	0.80
Pankai	6	0.50
Tadukan	6	0.33
Ta-Po-Choo-Z	6	0.17
Tetep	6	0.17

R-I = Reacción Resistente-Intermedia

Cuadro 2.9 Evaluación en Invernadero de Líneas Avanzadas de Arroz a *Rhizoctonia solani*

	Línea Avanzada	Número de Aislamientos	Frecuencia I - R
1	CT 9901-3-2-M-3-M-1	11	0.55
2	IR 51471-B-B-2-B-B-1-1	11	0.45
3	FB 100-10-1-M-1-M	11	0.36
4	CT 10192-5-1-2-CT-11	11	0.36
5	CT9509-17-7-1P-1PT	11	0.36
6	CT10240-10-1-2-1T-2-2	11	0.27
7	CT10310-15-3-2P-4-3	11	0.18
8	CT 10310-1-2-2T-1F-4P	10	0.10

R-I = Reacción Resistente-Intermedia

Cuadro 2.10. Evaluación en Invernadero de Líneas de Arroz de EUA con Resistencia Reportada al Añublo de la Vaina

	Identificación de las Líneas	Añublo de la Vaina	
		30 DDS	65 DDS
1	NWBT/3/CBNT/9902/LBLE	S	AS
2	GFMT*2/TON6	AS	AS
3	291643/MARS	I	S
4	20001*5/LMNT	S	AS
5	JEFFERSON	AS	AS
6	NWBT/KATY/LZOR/402003	S	S
7	GCHW/RV83003116/LMNT/3/KATY	S	AS
8	KBNT	AS	AS
9	LMNT	AS	AS
10	CPRS	S	AS
11	RSMT	S	S
12	LBNT/STBN//NWBT/3//L202	AS	S

DDS = Inoculación 30 y 65 días después de la siembra
 I = Intermedia, S = Susceptible, AS = Altamente susceptible.

Cuadro 2.11. Selección de Plantas F₂ Resistentes a Pyricularia en Cruces entre Padres Susceptibles o Resistentes, y Selecciones con Base en Reacción de Campo de las Familias F₂

Cruce/Familia	Cruces (No)	Familias (No)	Plantas Resistentes Seleccionadas (No)
Progenitores seleccionados			
R/R//R	13	27	53
s/s//s	8	15	28
Familia F ₂ reacción en campo			
Susceptible	27	50	89
Segregante	27	47	79
Resistente	18	30	60
TOTAL	69	169	309

R = Resistente a Pyricularia , S = Susceptible a Pyricularia

Cuadro 2.12. Fuentes de Resistencia a Manchado del Grano Evaluadas bajo Tres Niveles de Fertilización en Santa Rosa en el 2000

No.	Línea de Arroz	MG 1999	Nivel de Fertilización / Replicación					
			180 KgN 120 KgP 0 KgK		180 KgN 0 KgP 0KgK		60 KgN 80 KgP 80KgK	
			I	II	I	II	I	II
1	CT 11891-2-2-7-M	R	1	1	1	1	1	3
2	Caiapo	R	1	1	1	1	3	1
3	Progreso	R	1	3	1	3	1	1
4	Primavera	R	1	3	1	3	3	1
5	FI 00518-16p-8-2p	R	1	3	3	1	3	3
6	IAC 47	R	1	3	3	1	3	3
7	FI 00440-47p-16-1p	R	3	3	3	1	3	3
8	Maravilla	R	1	5	1	3	1	1
9	Araguaia	R	3	5	3	3	1	3
10	FI 00440-47p-4-1p	R	3	5	1	3	1	3
11	FI 00440-47p-2-3p	R	5	3	3	3	3	3
12	FI 00558-26p-3-2p	R	5	3	3	3	3	3
13	FI 00440-47p-5-1p	R	5	3	3	3	3	3
14	FI 00448-9p-1-3p	R	5	3	3	3	3	3
15	Oryzica Sabana 10	R	1	5	3	1	5	1
16	Línea 6	R	5	3	3	5	3	1
17	FI 00478-29p-23-3p	R	3	5	3	5	3	3
	<u>Control Susceptible</u>							
	CT 13432	S	9	9	9	9	9	9

1= Altamente Resistente; 9= Altamente susceptible; R= Resistente
MG= Manchado del grano

Cuadro 2.13. Programa de Retrocruzamiento para la Introgresión de Resistencia a la Pyricularia del Arroz en los Cultivares EPAGRI 108 y EPAGRI 109

CRUCE	Retrocruzamiento	Plantas Resistentes Transplantadas
		BC ₁ F ₁
FL 03020	E 108 // E108 / O. Llanos 5	26
FL 03021	E 108 // E 108 / Fedearroz 50	54
FL 03022	E 109 // E 109 / O. Llanos 5	17
FL 03023	E 109 // E 109 / Fedearroz 50	51

Se inocularon un total de 160 plantas BC₁F₁ de cada cruce con 8 aislamientos (20 plantas de cada uno) compatibles con Epagri 108 (E 108) y Epagri 109 (E 109).

2.A.9. Selección Asistida por Marcadores Moleculares en Arroz

C. Quintero, F. Escobar, C. Martínez, F. Correa y J. Tohme

2.A.9.1. Antecedentes

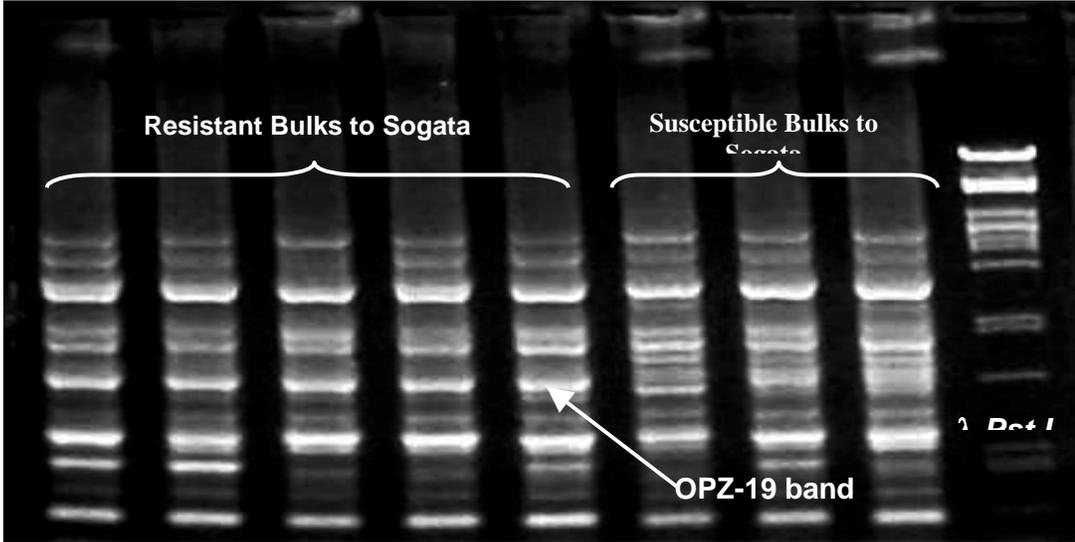
El virus de la Hoja Blanca (VHB) es una de las enfermedades más importantes en el cultivo del arroz, transmitida por el insecto *Tagosodes orizicolus* (Muir) conocido como Sogata. La mayoría de síntomas comunes son clórosis, enanismo y necrosis que finalmente reducen el rendimiento. En 1981 el VHBA ocasionó pérdidas económicas en Colombia calculadas entre el 85 y 100%. Entre 1995 y 1996 comenzó una nueva epidemia en Colombia pero se controló parcialmente y durante los últimos tres años un severo ataque de VHBV ocasionó 70% de pérdidas en rendimiento en Perú (Calvert L. y L. A. Reyes, 2000). A pesar de que hay disponibilidad de un número de variedades resistentes tanto al insecto como al virus, buscar marcadores moleculares asociados a los genes de resistencia sería útil para el programa de mejoramiento para un rápido desarrollo de líneas nuevas.

2.A.9.2. Materiales y Métodos

Del germoplasma de arroz se eligieron 159 líneas por su reacción uniforme al virus y a su vector mediante varias evaluaciones. Se extrajo DNA individualmente y se conformaron ocho grupos (bulks) según resistencia y origen.

Se utilizó la técnica RAPD y se ampliaron aproximadamente seiscientos 10-mer oligonucleotidos en los ocho bulks de ADN. Hasta septiembre del 2000, 330 primers fueron usados en electroforesis. Para Sogata se encontraron consistentemente cinco bandas RAPD en todo los bulks resistentes (Figura 2.2) y 27 en las susceptibles. Cuando se seleccionaron dos de los primers que mostraban bandas resistentes en cada una de las variedades resistentes, sólo CT8447 único-5-6-3P-1X no tuvo el marcador OPZ-19. Para el VHBV, también se encontraron algunos marcadores RAPD asociados con la resistencia o la susceptibilidad pero los resultados no fueron tan uniformes como para Sogata. Este trabajo está todavía en proceso.

Figura 2.2 Ampliación del Primer RAPD OPZ-19 en Variedades de Arroz con Niveles Diferentes de Resistencia a Sogata y VHB



Publicaciones

Internacionales

Seebold, K.W., Datnoff, L.E., Correa-Victoria, F.J., Kucharek, T.A., and Snyder, G.H. 2000. Effect of silicon rate and host resistance on blast, scald, and yield of upland rice. *Plant Disease* 84:871-876

Seebold, K.W., Kucharek, T.A., Datnoff, L.E., Correa-Victoria, F.J., and Marchetti, M.A. 2000. The influence of silicon on components of resistance to blast in susceptible, partially resistant, and resistant cultivars of rice. *Phytopathology* 00:000-000 (to be published in the December issue).

Peever, T.L., Zeigler, R.S., Dorrance A.E., Correa-Victoria, F.J., and Martin, S. 2000. Pathogen population genetics and breeding for disease resistance. APSnet feature July 1-July 31, 2000.

Zeigler, R.S., and Correa-Victoria, F.J. 2000. Applying *Magnaporthe grisea* population analyses for durable rice blast resistance. In: Pathogen population genetics and breeding for disease resistance. APSnet feature July 1-July 31, 2000.

Otras Revistas

Prado, G.A., Correa-Victoria, F.J., Aricapa, G., Tulande, E., y Escobar, F. 2000. Hipótesis de la exclusión de linajes, una alternativa para el desarrollo de cultivares de arroz con resistencia durable a *Pyricularia grisea* (Sacc) en Colombia. *Fitopatología Colombiana* 23 (2): 54-58

RESULTADO 2. CARACTERIZACIÓN DE LAS PLAGAS DEL ARROZ Y LA GENÉTICA DE LA RESISTENCIA

2.B. Mejoramiento de los Recursos Genéticos de Arroz para América Latina y Caribe – Subproyecto Proyecto Colaborativo CIAT-CIRAD

2.B.1. Estudios Metodológicos sobre la Resistencia Parcial a Pyricularia

M. Vales, E. Tulande, J. Dossmann, M.C. Duque

2.B.2.1. Introducción

El proyecto colaborativo CIAT-CIRAD propone un grupo completo de métodos para la selección de una resistencia durable a la pyricularia. Sin embargo se debe tratar, en rutina, de mejorar estos métodos. Entonces se inicio un estudio de la selección asistida por marcadores moleculares y la selección en invernadero para la resistencia parcial.

Resultados del Proyecto

2.B.2. Estudio de los QTL de Resistencia Parcial a Pyricularia

El estudio de los QTLs de resistencia parcial a la pyricularia sobre líneas IR 64 / Azucena fue retrasado debido a la necesidad de multiplicar las semillas. Por lo tanto se realizaron los ensayos metodológicos siguientes.

2.B.2.1. Estudio en Campo

Ya sabemos que puede existir una interacción variedades-cepas para la resistencia parcial a pyricularia en el campo (ver Informe Anual 1999) Se realizó un ensayo para observar una posible interacción variedades-niveles de nitrógeno para la resistencia parcial a pyricularia en el campo. A la fecha estamos analizando los datos.

2.B.2.2. Estudio en Invernadero

2.B.2.2.1. Introducción

Para evaluar la resistencia parcial a pyricularia del arroz en el campo es una obligación inocular los ensayos con una cepa compatible (Vales, 1989). Los métodos son dominados (Vales, 1991; Vales *et al.* 2000b) pero es un trabajo un poco pesado. Por lo tanto sería una buena opción aliviar este trabajo de campo con una evaluación en invernadero. Entonces se estudió la correlación entre campo y invernadero para la resistencia parcial a pyricularia (Dossmann *et al.* 2000a, Dossmann *et.* 2000b).

2.B.2.2.2. Materiales y Métodos

Para los estudios fueron utilizadas dos cepas del hongo pertenecientes a los linajes SRL- 6 y SRL-4 de la estación experimental Santa Rosa, Villavicencio. Las evaluaciones en invernadero se hicieron a partir de inoculaciones en 23 variedades de arroz de América Latina que no presentaban resistencia completa a estas cepas. Se conoce previamente la resistencia parcial de estas variedades en condiciones de campo con respecto a estas cepas (ver Informe Anual 1999).

Las inoculaciones se realizaron por aspersión manual a plantas de 18 días de edad y posteriormente se procedió a incubar los materiales en cámara plástica por 16 horas, después de las cuales los materiales se retiraron y se localizaron bajo condiciones de invernadero durante 8 días. Finalizado este período se procede a evaluar las plantas, teniendo en cuenta principalmente los tipos de lesión y el área foliar afectada. Para estudiar la correlación se llevó a cabo un análisis estadístico con los resultados que se tenían previamente de campo y los encontrados en invernadero.

2.B.2.2.3. Resultados

El análisis condujo a concluir que no existe una correlación entre los resultados de campo e invernadero, es decir, que no es exacto predecir la resistencia parcial de un material con respecto a un aislamiento en campo, a partir de datos obtenidos en invernadero.

2.B.2.2.4. Perspectivas

La evaluación de la resistencia parcial en invernadero no representa la resistencia en el campo. Eso con variedades y ensayos en bloques completos. Entonces la evaluación en invernadero no puede ayudar a la selección en líneas segregantes y con un dispositivo estadístico menos poderoso adaptado al número de material vegetal, tales como los bloques de Federer. La evaluación en invernadero tan poco tiene interés para el estudio de los QTLs de resistencia parcial a pyricularia. Entonces tenemos la obligación de evaluar la resistencia parcial en el campo.

2.B.3. El Uso de Estrategias de Mejoramiento para la Resistencia Durable a Pyricularia

2.B.3.1. Introducción

Desde los años 1920 se hace un trabajo de selección para mejorar la resistencia del arroz a pyricularia, pero sin real éxito. Muy pocas variedades han mostrado una resistencia durable. Su obtención fue el resultado del azar, más que de las estrategias de mejoramiento, porque no fue posible reproducir estos resultados. Ahora se debe admitir que no hay una solución milagrosa y que se deben usar todos los métodos de

mejoramiento y todas las estrategias genéticas disponibles conjuntamente para combatir esta enfermedad.

Las diferentes estrategias genéticas para combatir la pyricularia son :

- La utilización de la resistencia completa:
 - Estrategia 1: El uso de genes de otras especies.
Genes de resistencia completa de otras especies podrían conferir una protección durable. Varios equipos de investigación están trabajando en la transformación del arroz con tales genes: CIAT, Dra. Z. Lentini ; CIRAD con el proyecto Europeo EURICE ; etc.
 - Estrategia 2: La incompatibilidad de virulencias.
Algunas asociaciones de pocos genes de virulencia, en una misma cepa, son de muy baja frecuencia en el mundo. Por lo tanto las asociaciones de los genes de resistencia correspondientes deben conferir al arroz una protección durable. No se necesita en ese caso el conocimiento de los linajes.
 - Estrategia 3: La acumulación de genes de resistencia completa utilizando el conocimiento de los linajes.
 - Estrategia 4: La selección de una resistencia que sea general, poligénica y parcial.

- Al nivel práctico para el desarrollo de variedades:
 - Estrategia 1: El uso de genes de otras especies.
Estamos esperando los primeros resultados de los equipos involucrados en los transgénicos. Entonces no hay nuevos progenitores de resistencia disponibles.
 - Estrategia 2: La incompatibilidad de virulencias.
En la Plataforma Internacional de Montpellier, Francia, el Dr. Fernando Correa está en el laboratorio de patología de arroz del CIRAD estudiando la existencia de la incompatibilidad de virulencias. Mientras tanto se hacen poblaciones recurrentes con los genes de resistencia completa involucrados (ver 2.3. constitución de nuevas poblaciones [...] / 2.3.2 Poblaciones fuente de genes de resistencia completa)
 - Estrategia 3: La acumulación de genes de resistencia completa utilizando el conocimiento de los linajes, y Estrategia 4: La selección de una resistencia que sea general, poligénica y parcial.

Como estas dos estrategias no son milagrosas, la idea es utilizar ambos y acumular los genes de resistencia completa y de resistencia parcial en las mismas plantas. Es lo que vamos a detallar enseguida.

Resultados

2.B.4. Mejoramiento Tradicional usando Padres Seleccionados

L.E.Berrío, D.Delgado, M.Vales

La pyricularia es un problema potencial muy grave para el arroz de secano de laderas también. Como es un nuevo cultivo, esta enfermedad no está presente todavía en las laderas del Cauca. Por lo tanto se trata de obtener algunas informaciones sobre la resistencia de 203 líneas de arroz de secano de laderas con su siembra en los Llanos, Estación Experimental de Santa Rosa, Villavicencio. Pero un límite es que la población del hongo patógeno es específica de los arroces *indica* de los Llanos y no de los *japónica* de laderas.

Por otra parte estas líneas pueden tener un interés para el FLAR que está buscando material con resistencia al frío para algunas zonas de Colombia, por ejemplo, y el cono sur de América Latina.

Con la ausencia de frío en los llanos estas líneas fueron más grandes que los otros materiales. A la fecha el FLAR está analizando los datos.

El Cuadro 2.14 muestra las líneas que fueron inmunes a pyricularia de la hoja y del cuello. Únicamente la inmunidad puede estar considerada, porque las diferencias de nivel de síntomas no tienen significación en las condiciones del ensayo (ver Informe Anual 1999). Estas líneas vienen de una selección con frío de altitud, por lo tanto muchas son demasiado altas. Por la misma razón muchas son muy precoces.. El ciclo mínimo siembra-floración es de 56 días. Las líneas 3205 y 3206 tienen un grano largo y fino. Aunque la población de pyricularia de Santa Rosa sea específicamente adaptada para atacar los *indica*, 17 líneas *japónica* F₅ fueron seleccionadas para el programa de mejoramiento del arroz de laderas.

2.B.5. Selección Recurrente para el Mejoramiento de la Resistencia Completa y Parcial y otros Caracteres Agronómicos en la Población PCT-6

M.Vales, E.Tulande, J.Dossmann, M.Triana, V.Kury, M.C.Duque

2.B.5.1. Introducción

La selección recurrente es el método adecuado para el mejoramiento de los caracteres poligénicos. Por lo tanto este método fue propuesto la primera vez en arroz para la acumulación principal de genes de resistencia a pyricularia (Vales, 1983 y 1987). Para facilitar las recombinaciones se usa un gen de androesterilidad recesiva (Singh y Ikehashi, 1991).

El esquema de selección recurrente desarrollado tiene tres partes (Vales, 1998; Vales *et al.*, 1999b):

- La selección de la resistencia completa
- La selección de la resistencia parcial y otros caracteres agronómicos

- La recombinación genética que permite también descartar una pérdida demasiado rápida de la variabilidad de la población y mantener alta la frecuencia del gen de androesterilidad con la participación de una muestra de la población no seleccionada (S_0).

2.B.5.2. Materiales y Métodos

La población de riego *índica* PCT-6 fue seleccionada dos veces para la resistencia al virus de la Hoja Blanca antes de la selección recurrente. Fue un trabajo de M.-H. Châtel, M. Triana y J. Borrero. Después con selección recurrente se hizo (ver Informes anuales precedentes; A: 1er.semestre, B: 2o. semestre):

- La selección para la resistencia completa:
 - 1997B y 1998B: Dos ciclos de selección en invernadero en líneas S_1 . El progreso genético de la resistencia completa debido al primer ciclo de selección fue espectacular (ver Informe Anual precedente, Vales *et al.* 2000a).
 - 1999A: Un ciclo de selección recíproca planta-parásito en campo en S_1 más S_3 .
- La selección para la resistencia parcial y otros caracteres agronómicos:
 - 1998B: Selección para la resistencia parcial a pyricularia, rendimiento, precocidad, tipo de planta, resistencia a insectos (*Diatraea saccharalis*), en campo en líneas S_2 , en laboratorio para la calidad del grano en semillas S_3 y en invernadero para la resistencia a Sogata (*Tagosodes orizicolus*) en plantas S_3 .
- Las recombinaciones genéticas:
 - 1998A: Recombinación en S_1 más S_0 , después de la selección para la resistencia completa en invernadero en S_1 .
 - 1999A: Recombinación en S_1 más S_3 , y la inclusión de S_0 , después de la selección para la resistencia completa en invernadero en S_1 y la selección para la resistencia parcial en campo en S_2 y otros caracteres agronómicos en S_2 y S_3 .
- Para obtener el material para el presente ensayo:
 - 1999B: se sembró la S_0 que resultó de la última recombinación. Se conserva la información sobre el origen " S_1 " o " S_3 " de las plantas S_0 . Dentro de las 5000 plantas, en forma de líneas de medios hermanos, se hizo una selección para los caracteres de alta heredabilidad. Trescientas plantas androfértiles fueron seleccionadas para obtener la semillas de 300 S_1 .

Un segundo ciclo de selección recurrente para ambas resistencias y caracteres agronómicos empieza con:

- La selección para la resistencia completa en invernadero. Eso da también la oportunidad de evaluar el progreso genético para la resistencia completa.
- La selección de plantas sin resistencia completa a una cepa. Las progenies de estas plantas se usarán para la selección de la resistencia parcial.

Se hizo la inoculación de 20 plantas de cada una de 300 líneas S_1 .

2.B.5.3. Resultados y Discusión

Evaluación del progreso genético para la resistencia completa:

- Prácticamente no hay diferencia, para el espectro de resistencia completa, en término de porcentaje de cepas incompatibles, entre las líneas S_1 de origen " S_1 " o " S_3 ". Eso demuestra que la recombinación genética mediante el uso de un gen de androesterilidad es muy buena.
- Se puede observar que con un ciclo de selección recurrente, para también la resistencia parcial y otros caracteres agronómicos, el progreso genético para la resistencia completa es muy fuerte (Figura 1). Ya hay líneas S_1 que tienen todas sus plantas con resistencia completa a todas las cepas inoculadas de los 7 linajes observados en los Llanos de Colombia.

2.B.5.4. Perspectivas

Estos resultados permiten adaptar el esquema de selección recurrente:

- No hay prácticamente diferencia, para la resistencia completa, entre las líneas S_1 " S_1 " o " S_3 ". Entonces el ciclo siguiente de selección recurrente se realizará únicamente a partir de S_1 de origen " S_3 ", para mantener más firmemente el progreso genético debido a la selección para la resistencia parcial y otros caracteres agronómicos.
- Las líneas S_1 que tienen todas sus plantas, o plantas, con resistencia completa a todas las cepas inoculadas de los 7 linajes serán utilizadas para la creación de variedades y para la formación de la primera población recurrente de salida correcta. Para la creación de variedades hay que utilizar un esquema particular de selección para la resistencia parcial y completa (Vales *et al.* 1999a). La selección en la población de salida será drástica como en una población de base genética estrecha. Es una población que hay que entregar a socios.

2.B.6. Constitución de Nuevas Poblaciones para la Selección Recurrente de la Resistencia Completa y Parcial, y Otros Caracteres Agronómicos

2.B.6.1. Poblaciones Recurrentes de Base Genética Estrecha

Se usa el nuevo concepto de población recurrente de base genética estrecha (Vales *et al.* 1998). En el 2000A se hizo la primera recombinación genética en las 5 poblaciones de este tipo (ver Informe Anual 1999). Estas poblaciones fueron entregadas a algunos de los socios según sus condiciones de cultivo del arroz:

Argentina	Universidad de la Plata
Brasil	CIRAD
Chile	Instituto Nacional de Investigación Agronómica (INIA)

China	Academia de Ciencias Agronómicas del Yunnan (YAAS)
Colombia	Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ)
Costa de Marfil	Asociación para el Desarrollo del Arroz en Africa del Oeste (WARDA)
Costa Rica	Universidad de Costa Rica (UCR)
El Salvador	Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA)
Francia	CIRAD / Centro Francés del Arroz (CFR)
Madagascar	CIRAD / Centro Nacional de Desarrollo Rural (FOFIFA).

2.B.6.2. Poblaciones Fuente de Genes de Resistencia Completa

El análisis de una población recurrente cualquiera, podría mostrar que le falta resistencia completa a una cepa inoculada en invernadero. La selección recurrente recíproca planta-parásito en campo podría llegar a una misma conclusión. Por lo tanto, para no perder el progreso genético obtenido en tal población hay que buscar el método más adecuado para introducir en ella la resistencia que falta. Por eso se hace una población CRS, acrónimo inglés para fuente de resistencias completas. Esta población tiene el gen de androesterilidad y casi todos los genes de resistencia completa identificados.

Para aprovechar de la estrategia 2, la incompatibilidad de virulencias, en selección recurrente, se están formando poblaciones CRS que tienen el gen de androesterilidad y los genes de resistencia completa correspondientes a los diferentes modelos.

El uso de estas poblaciones CRS se hace mediante el adjunto de una muestra de una(s) de ellas en poblaciones recurrentes ya disponibles.

En 2000B se sembraron las F₁. Estas poblaciones CRS estarán disponibles para los socios al fin del 2001A.

2.B.7. Capacitación y Divulgación de los Resultados

La capacitación es una parte muy importante de una investigación básicamente metodológica. Las actividades de este año fueron:

- Participación en el seminario sobre “Selección recurrente para la resistencia durable a la pyricularia y otros caracteres agronómicos”, el lunes 24 de Abril del 2000 en la Universidad de Costa Rica (UCR), Costa Rica. (ver Informe de viaje).
- Participación al taller sobre los SOLes del Programa Laderas del CIAT del 25 al 27 de Abril del 2000, en San Dionisio, Nicaragua (Ver Informe de viaje).
- Participación en el seminario sobre “Selección recurrente para la **resistencia** durable a pyricularia y otros caracteres agronómicos”, el 13 de Julio del 2000, CIRAD, Montpellier, Francia.

- Participación en el Tercer Congreso Internacional 2000 Crop Science, del 17 al 22 de Agosto del 2000, Hamburgo, Alemania. (Vales *et al.* 2000a; ver el resumen en anexo).
- Participación en el seminario sobre “Selección recurrente para la resistencia durable a pyricularia y otros caracteres agronómicos”, el 1o. de Septiembre del 2000, en el *Food and Crop Research Institute / YAAS*, Kunming, Yunnan, R.P. China (ver Informe de viaje).
- Participación al “Curso avanzado sobre aplicación integrada de métodos convencionales y moleculares en el mejoramiento del cultivo del arroz”, del 25 de Septiembre al 6 de Octubre del 2000, CIAT Palmira, Colombia, con un curso sobre el “Mejoramiento varietal buscando resistencia deseable a **pyricularia**” (Vales, 2000a; ver el resumen en anexo).
- Participación en el International Symposium, Durable Disease Resistance: a key to sustainable agriculture. Wageningen, The Netherlands, November 28-December 1, 2000 (Vales, 2000b; Vales *et al.* 2000b; ver los resúmenes en anexo).
- Preparación del curso nacional de selección del arroz para junio del 2001 en Cuba.
- Preparación de la capacitación de Peng Xi del *Yunnan Academy for Agriculture Sciences*, R.P. de China (ver Resultados 1. Refuerzo de las fuentes de genes / B. Confrontación a la inseguridad alimentaria en las laderas / 2.2. Búsqueda de nuevos socios).
- Joanna Paola Dossmann presentó resultados del equipo durante los eventos siguientes:
 - II Seminario Regional Agrociencia y Tecnología, Siglo XXI, Orinoquia Colombiana. CORPOICA, PRONATTA. Agosto 23-25 del 2000. Hotel del Llano, Villavicencio, Colombia. (Dossmann *et al.* 2000a).
 - XXI Congreso Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines (ASCOLFI): Patología de la postcosecha en flores, frutales, hortalizas, semillas, raíces y tubérculos. Palmira, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Agosto 30 a Septiembre 1 del 2000. (Dossmann *et al.* 2000b).

2.B.8. Publicación del Manual sobre la Selección de la Resistencia a Pyricularia

Se necesitó mucho tiempo para buscar financiación de sustitución al apoyo del CIAT. Por lo tanto la última fase de preparación de este manual se está adelantando paulatinamente.

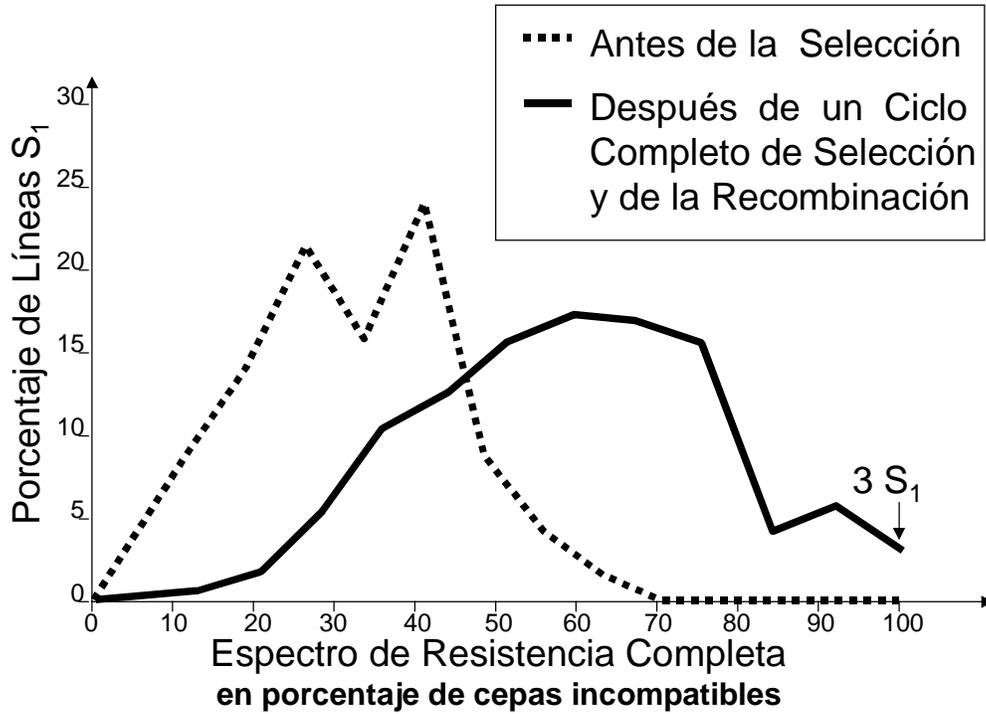
Referencias

- Dossmann J.P., Vales M., Tulande E., Duque M.C. 2000a. Estudio de la correlación entre la resistencia parcial al añublo (*Magnaporthe grisea*) en campo e invernadero. II Seminario Regional Agrociencia y Tecnología, Siglo XXI, Orinoquia Colombiana. CORPOICA, PRONATTA. Agosto 23-25 del 2000. Hotel del Llano, Villavicencio, Meta, Colombia. (ver Anexos).

- Dossmann J.P., Vales M., Tulande E., Duque M.C. 2000b. Estudio de la correlación entre la resistencia parcial al añublo (*Magnaporthe grisea*) en campo e invernadero. XXI Congreso Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines (ASCOLFI): Patología de la postcosecha en flores, frutales, hortalizas, semillas, raíces y tubérculos. Palmira, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Agosto 30 a Septiembre 1 del 2000. (ver Anexos).
- Singh R.J., Ikehashi, H. 1991. Monogenic male-sterility in rice: introduction, identification and inheritance. *Crop Science* 21: 286-289.
- Vales, M. 1983. From the knowledge of relationship plant-parasite to the strategies against rice blast disease. PhD Thesis. Plant Amelioration and Development. University of Paris SUD, Center of Orsay. May 2, 1983 (Fr) : 310 p.
- Vales, M. 1987. Durable resistance: case of rice blast disease. II – Breeding for durable resistance. *L'Agronomie Tropicale*, 42 (2) (Fr): 112-120.
- Vales, M. 1989. Breeding strategie for rice blast resistance. International Symposium on the Biology role for solution to the food crisis in Africa. African Biosciences Network. PNUD-FAO. July 26-30, 1989, Yamoussoukro, Ivory Coast (Fr): 12 p.
- Vales, M. 1991. New breeding method for upland rice varieties with durable blast disease resistance. National Plant Protection Asociation (ANPP)- III International Conference on Plant Diseases, Bordeaux - December 3-5, 1991 (Fr): 785-792.
- Vales, M. 1998. Recurrent selection for rice blast resistance. Different schemes used in the collaborative project CIAT-CIRAD *in* III Upland Rice International Breeders Workshop, Goiânia, Go. Brazil – March 1998: 4 p.
- Vales, M., Châtel, M.-H., Borrero, J., and Ospina, Y. 1998. Recurrent Selection for rice (*Oryza sativa*) blast (*Magnaporthe grisea*) Resistance in Population with Narrow Genetic Base. International Symposium on Rice Germplasm Evaluation and Enhancement, August 30 – September 2, Suttgart, Arkansas, U.S.A.
- Vales, M. J., Borrero, J., Ospina, Y., Tulande E., Gibbons, J., and González, D. 1999a. Selection strategy for durable rice blast resistance. Pedigree selection for rice blast (*Magnaporthe grisea*) complete, and partial resistances. The 2nd Template Rice Conference. June 13-17, 1999. Sacramento, California.
- Vales, M. J., Châtel, M.-H., Borrero, J., Delgado, D., Ospina, Y., Tulande E., Triana, M., Meneses, R., Kuri, V., Duque, M. C., and Silva, J. 1999b. Selection strategy for durable rice blast resistance. Recurrent selection for rice blast (*Magnaporthe grisea*) complete, and partial resistances. The 2nd Template Rice Conference. June 13-17, 1999. Sacramento, California.
- Vales M. 2000a. Breeding strategies for durable resistance to rice (*Oryza sativa*) blast (*Magnaporthe grisea*) disease. International Symposium, Durable Disease Resistance: a key to sustainable agriculture. Wageningen, The Netherlands, November 28-December 1, 2000 (Ver Anexos).
- Vales, M. 2000b. Mejoramiento varietal buscando resistencia deseable a pyricularia. *In*: Curso avanzado sobre aplicación integrada de métodos convencionales y moleculares en el mejoramiento del cultivo del arroz. 25 septiembre – 6 octubre, 2000, CIAT, Palmira, Valle del Cauca, Colombia: 60 p.

- Vales, M, M.-H. Châtel, J. Borrero, E. Tulande, M. Triana, V. Kury, M.-C. Duque, Y. Ospina. 2000a. Breeding strategy for durable rice (*Oryza sativa*) blast (*Magnaporthe grisea*) resistance: recurrent selection for complete, and partial resistance, and for other agronomic traits. *In*: 3rd International Crop Science Congress 2000. 17-22 August 2000, CCH, Hamburg, Germany (Ver Anexos).
- Vales M., Châtel M. H., Borrero J., Dossmann J., Tulande E., Triana M., Kury V., Duque M. C., and Ospina Y. 2000b. Durable resistance to rice (*Oryza sativa*) blast (*Magnaporthe grisea*) disease: Recurrent selection breeding program of the CIRAD/CIAT collaborative project. International Symposium, Durable Disease Resistance: a key to sustainable agriculture. Wageningen, The Netherlands, November 28-December 1, 2000 (Ver Anexos).

Figura 2.3. Progreso Genético para la Resistencia Completa en la Población



PCT-6\HB obtenido con un Ciclo de Selección Recurrente

Cuadro 2.14. Evaluación FLAR de 203 Líneas F₅ de Arroz de Laderas en la Estación Experimental Santa Rosa. Villavicencio, Colombia, 2000 A
(Ver convenciones al fin)

No. Campo	Pedigrí (Ver Cuadro.2.15)	VG	HT	BL1	BL2	FL	LSC	BS	NBL	GD
3196	PRA505	3	113	1	1	78	3	5	3	7
3197	PRA506	3	72	3	2	74	1	3	1	3
3198	PRA506	5	125	2	2	59	1	1	3	1
3199	PRA506	5	123	3	3	62	1	1	3	1
3200	PRA510	5	124	4	4	77	1	3	1	5
3201	PRA515	3	127	4	5	78	3	3	5	5
3202	PRA515	3	120	4	4	77	3	5	3	5
3203	PRA515	3	114	4	4	77	3	5	1	5
3204	PRA519	3	134	4	4	68	3	3	1	3
	CICA 8	1		4	7	---	-	-	-	-
	ORYZICA 1	1	88	5	5	97	3	5	5	3
	CEYSVONI	5	79	4	4	85	1	3	1	1
3205	PRA522	5	112	1	2	73	3	3	1	5
3206	PRA522	7	115	2	2	73	1	3	1	3
3207	PRA522	5	123	4	4	71	1	3	3	5
3208	PRA522	3	120	4	3	82	3	3	3	7
3209	PRA522	3	113	4	4	82	3	5	1	7
3210	PRA522	7	100	3	3	78	1	3	5	3
3211	PRA522	7	123	4	3	78	1	3	5	3
3212	PRA522	5	102	3	2	74	1	3	5	1
3213	PRA522	5	115	3	3	77	1	3	5	3
3214	PRA522	5	121	3	2	77	1	3	1	3
3215	PRA522	5	123	3	3	77	1	3	3	5
3216	PRA522	7	91	3	3	77	1	3	7	3
3217	PRA522	5	119	3	4	78	1	3	3	5
3218	PRA522	5	100	4	4	71	1	3	3	3
3219	PRA522	5	115	4	3	71	1	1	3	1
3220	PRA522	5	92	3	4	74	1	3	5	3
3221	PRA522	7	87	6	5	78	1	3	3	3
3222	PRA522	-	---	---	---	--	-	-	-	-
3223	PRA522	5	91	3	3	74	1	3	5	3
3224	PRA522	5	124	3	4	82	3	3	5	3
3225	PRA522	7	101	3	4	77	1	3	3	3
3226	PRA522	5	112	2	3	77	1	3	1	3
3227	PRA522	5	91	5	4	78	1	3	3	3
3228	PRA522	5	101	4	4	82	1	3	3	3
3229	PRA522	7	126	3	4	77	1	3	1	3
3230	PRA522	7	96	5	4	84	1	3	1	3
3231	PRA522	7	102	3	4	82	1	3	1	3
3232	PRA522	7	106	3	3	78	1	3	3	5

3233	PRA522	7	109	3	3	78	1	3	1	3
3234	PRA522	5	120	2	2	74	1	3	1	3
	CICA 8	1	--	4	7	---	-	-	-	-
	ORYZICA 1	3	--	5	5	98	3	5	5	3
	CEYSVONI	3	84	3	4	85	1	3	1	1
3235	PRA522	5	125	2	2	74	1	3	1	3
3236	PRA522	5	121	2	2	74	1	1	1	3
3237	PRA532	5	118	4	4	68	3	1	1	1
3238	PRA542	5	113	4	3	77	1	3	1	3
3239	PRA542	7	98	2	2	77	3	3	1	3
3240	PRA542	5	119	3	3	71	1	5	1	3
3241	PRA542	5	125	4	4	70	1	3	1	3
3242	PRA542	5	115	3	4	68	1	3	3	3
3243	PRA542	5	116	3	4	71	1	3	3	3
3244	PRA542	5	112	4	2	74	1	3	1	3
3245	PRA542	7	102	4	3	65	1	3	1	5
3246	PRA544	9	91	4	4	62	1	3	3	3
3247	PRA544	9	98	4	4	62	1	3	3	3
3248	PRA544	7	113	4	4	67	1	3	1	3
3249	PRA544	5	102	4	5	78	1	3	3	5
3250	PRA544	5	105	4	5	68	1	3	3	5
3251	PRA544	5	103	4	5	82	1	3	1	5
3252	PRA544	5	105	5	4	82	1	3	3	5
3253	PRA544	5	104	4	4	74	1	3	1	5
3254	PRA544	7	114	5	5	74	1	3	1	5
3255	PRA544	7	97	3	3	84	1	3	1	5
3256	PRA544	5	87	5	5	84	1	3	1	7
3257	PRA546	5	118	4	5	73	1	3	1	3
3258	PRA553	5	111	3	3	68	1	1	1	1
3259	PRA553	5	102	4	4	68	1	1	1	3
3260	PRA553	7	87	3	3	59	1	1	1	3
3261	PRA553	5	103	4	3	58	1	1	1	1
3262	PRA553	5	95	4	3	58	1	1	1	3
3263	PRA553	5	102	4	5	78	1	3	1	3
3264	PRA553	7	95	4	3	68	1	1	1	5
	CICA 8	1		5	7	---	-	-	-	-
	ORYZICA 1	3		5	5	98	3	5	5	3
	CEYSVONI	5	84	3	4	84	1	3	1	1
3265	PRA553	7	75	3	3	56	1	1	1	3
3266	PRA553	9	64	3	3	56	1	3	3	3
3267	PRA553	-		---	---	--	-	-	-	-
3268	PRA553	-		---	---	--	-	-	-	-
3269	PRA553	5	98	3	3	68	1	1	1	3
3270	PRA553	5	107	2	2	64	1	1	1	3
3271	PRA553	5	99	3	2	66	1	1	1	1
3272	PRA553	5	92	2	2	69	1	3	1	1

3273	PRA553	5	84	3	2	67	1	3	1	1
3274	PRA553	5	81	1	2	70	1	3	1	1
3275	PRA553	-		---	---	--	-	-	-	-
3276	PRA553	5	86	2	2	68	1	3	1	3
3277	PRA553	-		---	---	--	-	-	-	-
3278	PRA553	-		---	---	--	-	-	-	-
3279	PRA553	5	112	2	1	70	1	1	1	1
3280	PRA553	5	97	3	2	68	1	3	1	3
3281	PRA553	7	63	2	2	58	1	3	1	3
3282	PRA553	5	94	2	4	64	1	3	1	3
3283	PRA553	7	116	3	3	78	1	1	1	5
3284	PRA553	5	110	5	5	73	1	1	1	5
3285	PRA553	7	92	4	4	56	1	1	3	3
3286	PRA553	5	111	4	5	56	1	1	1	3
3287	PRA553	7	101	4	4	58	1	1	1	1
3288	PRA553	7	99	3	4	60	1	1	1	1
3289	PRA553	5	100	2	2	60	1	3	1	3
3290	PRA553	5	112	1	1	60	1	3	1	3
3291	PRA553	5	114	3	4	68	1	3	1	3
3292	PRA553	5	92	3	3	62	1	3	1	3
3293	PRA553	5	97	3	3	66	1	3	1	1
3294	PRA553	5	96	2	2	64	1	3	1	1
	CICA 8	3		6	8	---	-	-	-	-
	ORYZICA 1	1	84	5	5	96	3	5	3	3
	CEYSVONI	5	82	3	4	86	1	3	1	1
3295	PRA553	5	100	1	1	56	1	3	1	1
3296	PRA553	5	89	1	2	58	1	3	1	3
3297	PRA553	5	91	1	1	66	1	3	1	1
3298	PRA553	5	92	1	1	56	1	3	1	1
3299	PRA553	5	88	1	1	56	1	3	1	1
3300	PRA553	5	103	4	4	58	1	1	3	3
3301	PRA553	5	92	4	4	58	1	3	3	3
3302	HT JUMLI MARSHI	9	105	6	6	86	1	1	3	5
3303	PRA557	7	115	3	2	71	1	3	1	3
3304	PRA559	5	116	3	2	68	1	3	1	3
3305	PRA565	5	106	3	2	67	1	3	1	3
3306	PRA565	5	128	4	4	66	1	3	1	3
3307	PRA565	5	93	4	4	74	1	3	1	3
3308	PRA565	5	90	2	3	67	1	5	3	3
3309	PRA565	5	113	3	4	79	1	3	3	3
3310	PRA565	5	93	5	3	68	1	5	1	1
3311	PRA565	7	106	4	4	78	1	5	1	3
3312	PRA565	5	91	3	3	62	1	5	1	1
3313	PRA565	5	98	3	2	68	1	3	1	3
3314	PRA565	5	107	4	3	76	1	3	1	3
3315	PRA565	5	100	3	2	74	1	3	1	3

3316	PRA565	5	86	2	2	60	1	3	3	3
3317	PRA565	5	107	2	2	68	1	3	1	1
3318	PRA565	5	117	2	1	74	1	3	1	3
3319	PRA565	5	128	1	1	75	1	3	1	3
3320	PRA565	5	112	1	1	58	1	3	3	3
3321	PRA565	5	114	1	1	62	1	3	3	3
	CICA 8	3		4	6	---	-	-	-	-
	ORYZICA 1	1		4	5	98	3	5	5	3
	CEYSVONI	5	81	3	4	86	1	3	1	1
	CICA 8	3		5	7	---	-	-	-	-
	ORYZICA 1	1		5	5	98	3	5	5	3
	CEYSVONI	5	84	3	3	88	1	3	1	1
3322	PRA565	5	96	1	1	58	1	3	3	3
3323	PRA565	5	87	1	1	68	1	1	1	3
3324	PRA565	5	91	1	1	64	1	1	1	3
3325	PRA565	7	99	4	3	60	1	3	3	3
3326	PRA565	7	106	2	2	68	1	3	1	3
3327	PRA565	7	108	2	2	68	1	1	1	3
3328	PRA565	7	115	2	2	70	1	3	1	5
3329	PRA565	7	107	2	2	75	1	3	3	3
3330	PRA565	7	102	2	2	71	1	1	1	5
3331	PRA565	5	118	1	1	62	1	3	1	3
3332	PRA565	5	104	1	1	62	1	3	3	3
3333	PRA565	5	97	1	1	62	1	3	3	3
3334	PRA565	5	110	1	1	60	1	3	3	3
3335	PRA565	3	123	1	1	67	3	3	1	1
3336	PRA565	5	86	3	3	70	3	3	3	3
3337	PRA565	5	116	3	3	71	3	3	1	3
3338	PRA565	5	96	3	3	71	3	3	1	3
3339	PRA565	5	101	3	4	71	3	5	1	3
3340	PRA565	5	93	1	4	67	3	3	1	5
3341	PRA565	5	99	3	4	71	3	3	3	3
3342	PRA565	3	94	3	4	69	3	3	7	1
3343	PRA565	3	108	4	4	72	3	3	5	3
3344	PRA565	5	97	4	3	71	1	1	1	1
3345	PRA565	5	109	3	3	70	1	3	1	1
3346	PRA565	5	107	3	4	71	1	1	7	3
3347	PRA565	7	98	3	4	73	1	3	5	3
3348	PRA565	7	97	3	4	73	1	3	3	3
	CICA 8	1		5	7	108	3	1	7	3
	ORYZICA 1	3		5	5	98	3	5	5	3
	CEYSVONI	3	86	3	4	85	1	3	1	1
3349	PRA565	-	93	9	9	82	1	3	1	3
3350	PRA577	5	99	5	4	75	3	3	3	3
3351	PRA577	5	104	3	4	78	3	3	3	5

3352	PRA577	3	100	1	2	84	5	3	3	5
3353	PRA577	5	103	2	2		5	1	1	5
3354	PRA577	5	97	2	4	73	3	3	5	5
3355	PRA577	3	100	2	2		3	3	1	7
3356	PRA599	5	138	2	2	82	1	1	1	3
3357	PRA533	5	103	4	4		3	1	1	7
3358	PRA533	3	86	3	4	75	3	3	5	3
3359	PRA556	-	104	9	9	90	1	1	5	1
3360	PRA556	-		---	---	--	-	-	-	-
3361	PRA560	3	97	2	2	85	3	5	5	3
3362	PRA560	5	83	4	4	91	1	3	1	3
3363	PRA560	5	94	4	3	91	1	5	1	3
3364	PRA560	5	91	3	3	88	3	3	3	3
3365	PRA560	5	78	3	3	87	3	3	1	3
3366	PRA560	5	93	3	2	85	3	3	1	3
3367	PRA560	5	85	4	4	88	3	3	1	5
3368	PRA564	5	135	4	5	84	3	3	3	3
3369	PRA8	5	117	4	4	67	1	1	1	1
3370	PRA523	3	115	4	4	70	1	1	1	3
3371	PRA523	5	105	4	4	71	1	1	1	3
3372	PRA523	5	120	3	4	70	1	1	1	3
3373	PRA523	5	133	2	4	70	1	1	1	3
3374	PRA524	5	95	3	4	64	1	1	3	1
3375	PRA524	5	112	3	4	73	1	3	3	5
3376	PRA524	5	130	4	3	68	1	3	1	3
3377	PRA524	5	107	4	4	67	1	3	1	3
3378	PRA524	5	131	4	4	62	1	3	1	3
	CICA 8	1		5	7	---	-	-	-	-
	ORYZICA 1	1		5	5	98	3	5	5	3
	CEYSVONI	5	88	3	4	86	1	3	1	1
3379	PRA524	5	120	3	3	67	1	3	1	3
3380	PRA524	5	120	3	3	67	1	3	1	3
3381	PRA620	5	125	4	4	66	1	3	1	3
3382	PRA620	5	126	4	4	66	1	3	1	3
3383	PRA620	5	114	4	4	67	1	3	1	3
3384	PRA620	5	124	4	4	66	1	3	1	3
3385	PRA620	3	130	4	3	64	1	3	1	3
3386	PRA524	5	148	4	3	78	3	3	1	1
3387	PRA524	5	143	4	4	78	1	3	1	3
3388	PRA524	9	105	3	3	60	1	3	3	3
3389	PRA622	5	111	3	4	66	1	3	1	3
3390	PRA622	5	118	4	3	64	1	3	1	3
3391	PRA622	5	122	3	3	72	1	3	1	5
3392	PRA632	5	109	4	4	77	1	3	3	7
3393	PRA632	5	107	4	4	77	1	3	3	5
3394	PRA632	5	96	3	3	74	1	3	3	5

3395	PRA632	5	101	4	4	77	1	3	3	7
3396	PRA632	5	105	4	3	78	1	3	1	5
3397	PRA632	5	103	4	4	77	3	3	3	5
3398	PRA632	5	100	4	4	74	1	3	3	7
3399	PRA632	5	100	4	3	73	1	3	3	7

Convenciones (Escala del IRRI; 1: lo mejor, 9: lo peor):

VG: Vigor

HT: altura (cm)

BL: Pyricularia Hoja

LSC: *Rhizoctonia* sp.

NBL: Pyricularia Cuello

En gris: Líneas seleccionadas para el programa de arroz de laderas.

FL: número de días siembra-floración

BS: Helminthosporiosis

GD: Mancha del grano

Cuadro 2.15. Pedigrí de las Líneas F₅ Evaluadas por el FLAR

Cruce.	Pedigrí
PRA8	Latsidahy / IRAT 351 = Latsidahy // Daniela / IAC 25
PRA505	CA 148 / FOFIFA 133 = CA 148 // RS 25 T / Daniela
PRA506	CA 148 / IREM 239
PRA510	Chhomrong Dhan / IRAT 351 = Chhomrong Dhan // Daniela / IAC 25
PRA515	Daniela / IAC 25 // IRAT 351 / Rikuto Norin 15
PRA519	Dourado Precoce / FOFIFA 60 = Dourado Precoce // Daniela / IAC 25
PRA522	PRA8 / IRAT 265-57-2 = Latsidahy / IRAT 351 /// IRAT 13 //Dourado Precoce / IRAT 13
PRA523	Latsidahy/ IRAT 351 // Latsidahy = Latsidahy // Daniela / IAC 25 /// Latsidahy
PRA524	FOFIFA 60 / Chhomrong Dhan = Daniela / IAC 25 // Chhomrong Dhan
PRA532	IRAT 352 / IRAT 265-57-2 = Daniela / IAC 25 // IRAT 265-57-2
PRA533	FOFIFA 116 / Alicombo
PRA542	IAC 25 / IRAT 380 = IAC 25 // Latsidahy / IRAT 351
PRA544	IAC 25 / Daniela // IRAT 353 / Shin Ei = IAC 25 / Daniela /// Daniela / IAC 25 // Shin Ei
PRA546	IRAT 114 / IRAT 380 = Mut. Moroberekan // Latsidahy / IRAT 351
PRA553	IRAT 265-57-2 / Jumli Marshi = IRAT 13 /// Dourado Precoce // IRAT 13 / Jumli Marshi
PRA556	IRAT 265-57-2 / Latsidahy = IRAT 13 /// Dourado Precoce // IRAT 13 / Latsidahy
PRA557	IREM 239 // Daniela / IAC 25
PRA559	IREM 239 / Khonorallo
PRA560	IREM 238 / Khonorallo
PRA564	Khonorallo / Alicombo
PRA565	Khonorallo / IRAT 265-57-2 = Khonorallo / IRAT 13 /// Dourado Precoce // IRAT 13
PRA577	Latsidahy / CA 148
PRA599	Pratao Precoce / Chhomrong Dhan
PRA620	Chhomrong Dhan / Lulu 281 = Chhomrong Dhan // Araguaia / Cuiabana
PRA622	Chhomrong Dhan / SLIP 48-M-1 = Chhomrong Dhan // Chokoto / IRAT 263
PRA632	CIRAD 391 / Luluwini10 = Latsidahy / Shin Ei // Lulu 291 / Lulu 183

ANEXOS

Anexo 1

Resúmenes

II Seminario Regional Agrociencia y Tecnología, Siglo XXI, Orinoquia Colombiana. CORPOICA, PRONATTA. Agosto 23-25 del 2000, Colombia y XXI Congreso ASCOLFI: Patología de la postcosecha en flores, frutales, hortalizas, semillas, raíces y tubérculos. Palmira, CIAT, Agosto 30 a Septiembre 1 del 2000, Colombia.

Estudio de la correlación entre la resistencia parcial al añublo (*Magnaporthe grisea*) en campo e en invernadero Dossmann J.P. [jpaoladossmann@postmark.net]. Vales M., Tulande E., Duque M.C. Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT. Cali.

El añublo del arroz causado por *Pyricularia grisea* Sacc. (Telemorfo *Magnaporthe grisea* (Hebert) Barr.) es la principal enfermedad del cultivo en todo el mundo. El desarrollo de variedades resistentes es el método más económico para el control de la enfermedad, siendo la mejor estrategia para obtener una resistencia durable, el trabajo conjunto de los genes de resistencia completa y resistencia parcial. Con el objetivo de establecer de manera segura la posibilidad de realizar una selección arroz con resistencia parcial de manera más sencilla en invernadero con respecto a la evaluación en campo, se realizaron pruebas con dos cepas del hongo pertenecientes a los linajes SRL - 6 y SRL - 4, conociendo previamente el comportamiento de las variedades en condiciones de campo con respecto a estas cepas. Las evaluaciones en invernadero se hicieron a partir de inoculaciones en 23 materiales de arroz de América Latina que no presentaban resistencia completa a estas cepas; las inoculaciones se realizaron por aspersión manual a plantas de 18 días de edad y posteriormente se procedió a incubar los se retiraron y se localizaron bajo condiciones de invernadero durante 8 días. Finalizado este período se procede a evaluar las plantas, teniendo en cuenta principalmente los tipos de lesión y el área foliar afectada. Para estudiar la correlación se llevo a cabo un análisis estadístico con los resultados que se tenían previamente de campo y los encontrados en invernadero. El análisis condujo a concluir que no existe una correlación entre los resultados de campo e invernadero, es decir, que no es exacto predecir la resistencia parcial de un material con respecto a un aislamiento en campo, a partir de datos obtenidos en invernadero.

Palabras claves: Resistencia parcial, *Pyricularia grisea*, Arroz

Anexo 2

3rd International Crop Science Congress 2000. 17-22 August 2000, CCH, Hamburg, Germany

Breeding strategy for durable rice (*Oryza sativa*) blast (*Magnaporthe grisea*) resistance: recurrent selection for complete, and partial resistance, and for other agronomic traits

Michel Vales¹, Marc-Henri Châtel¹, Jaime Borrero¹, Joanna Dossmann¹, Edgar Tulande², Mónica Triana², Victoria Kury², Myriam Cristina Duque², Yolima Ospina¹

¹CIAT/CIRAD Collaborative Project
CIAT AA 6713 Cali Colombia

²Rice Program of CIAT

The accumulation of the complete and partial resistance genes is used to get a durable resistance against rice blast. The resistance polygenism leads to the recurrent selection.

The PCT-6\HB population has a male-sterility gene, and it is resistant against *Hoja Blanca* virus (RHBV). We use thirteen strains from the seven lineages of the cropping area.

Every recurrent cycle includes three parallel parts with a common genetic recombination:

- Selection for complete resistance

The S₁ lines presenting a broad complete resistance spectrum are selected in greenhouse, and are used for the next genetic recombination.

In the field, during this recombination, a masal reciprocal plant-parasite selection is done for complete resistance against natural fungus population.

- Selection for partial resistance

The S₂ lines are selected in field for the partial leaf and neck blast resistance while using a compatible strain. Agronomic traits are also selected in field. Grain qualities, and resistance against *Tagasodes orizicolus* are selected on the S₃ seeds and plants. The best S₃ seeds are used for the next genetic recombination.

- Maintenance of genetic polymorphism and male sterile gene frequency

It is achieved by successive harvests of male sterile plants without selection. The S₀ seeds are used for genetic recombinations.

A cycle and half of the recurrent selection was carried out. The genetic progress for complete resistance is spectacular. The assessment of the genetic progress for partial resistance, and for agronomic traits is in way. Successive samples of enhanced population are used to breed varieties.

Anexo 3

International Symposium, Durable Disease Resistance. Wageningen, The Netherlands, 11/28-12/1, 2000

Breeding strategies for durable resistance to rice (*Oryza sativa*) blast (*Magnaporthe grisea*) disease

Michel J. Vales
CIAT-CIRAD Collaborative project, Rice CIAT Project, CIAT, AA 6713, Cali, Colombia,
[\[m.vales@cgiar.org\]](mailto:m.vales@cgiar.org)

Different breeding strategies (STR) are used to increase the likelihood of getting durable resistance.

STR#1: Accumulation of complete resistance genes using lineages knowledge. However the risk of unknown compatible strains stays, and high escape was observed. So field and greenhouse evaluation, and plant-parasite reciprocal selection are proposed. This gene accumulation leads to recurrent selection use.

STR#2: Virulence incompatibility use. The selection of resistance genes corresponding to exceptional virulence genes association would allow a durable complete resistance. Recurrent populations with these resistance genes are formed.

STR#3: Use of complete resistance from other specie. The rice genetic transformation would allow a durable complete resistance. But genetically modified organisms are very unpopular.

STR#4: General, polygenic, and partial resistance use:

General resistance (GR). Specificity absence is never certain, and a general adaptation is possible. So, for every selection cycle, the strain inoculated at field is changed.

Polygenic resistance. Facts and theoretic models are in favor of polygenic resistance. But these models are unconvincing. Recurrent selection is the adequate method.

Partial resistance. All known complete resistances are specific, so partial resistance is selected to discard this specificity. But part of partial resistance may be specific, so see GR.

At field, difference between complete and partial resistance is not obvious, because both reduce number and size of lesions. The use of a compatible strain is needed for partial resistance evaluation at field

Conclusion. A miraculous solution does not exist, so the use of all available strategies is proposed for decreasing the risk of resistance breakdown.

Anexo 4

International Symposium, Durable Disease Resistance. Wageningen, The Netherlands, 11/28-12/1, 2000

Durable resistance to rice (*Oryza sativa*) blast (*Magnaporthe grisea*) disease:

Recurrent selection breeding program of the CIRAD/CIAT collaborative project

Michel J. Vales¹, Marc-Henri Chatel¹, Jaime Borrero¹, Johanna Dossmann¹, Edgar Tulande², Monica Triana², Victoria Kury², Myriam Cristina Duque², and Yolima Ospina¹
¹CIAT-CIRAD Collaborative Project, ²Rice Project of CIAT CIAT AA 6713, Cali, Colombia, [m.vales@cgiar.org]

The durability of the resistance to rice blast disease is attempted by accumulating complete and partial resistance. The resistance polygenism leads to the recurrent selection breeding use.

A rice population, with a male-sterility gene, and bred for the *Hoja Blanca* virus (RHBV) resistance, is used. 13 blast strains, from 7 lineages of the cropping area, are used.

Every recurrent cycle includes three parallel parts with a common genetic recombination:

- Selections for complete resistance. The S_1 lines showing a broad complete resistance spectrum are selected in greenhouse, and are used for the next genetic recombination. At field, during this recombination, a reciprocal plant-parasite selection is done for complete resistance against natural fungus population.

- Selection for partial resistance. At field, the S_2 lines are selected for partial leaf, and neck blast resistance using a compatible strain, and for agronomic traits. Grain quality, and resistance to *Tagosodes orizicolus* are selected on S_3 seeds, and plants, respectively. The seeds from the best S_2 lines are used for the next recombination.

- Maintaining genetic polymorphism, and male-sterile gene frequency. To avoid the genetic drift, and the loss of the male-sterility gene, successive harvests of male-sterile plants are done without selection. The S_0 seeds are used for the recombinations.

One cycle and half of recurrent selection was carried out. The genetic progress for complete resistance is spectacular. The assessment of the genetic progress for partial resistance, and for agronomic traits is under way. Successive samples of the enhanced population are used to breed varieties.

RESULTADO 2. CARACTERIZACIÓN DE LAS PLAGAS DEL ARROZ Y LA GENÉTICA DE LA RESISTENCIA

2.C. Virus de la Hoja Blanca y *Tagosodes orizicolus*

L. Calvert y R. Meneses

Objetivo: Disminuir las Pérdidas ocasionadas por el Virus de la Hoja Blanca (VHB) y *Tagosodes orizicolus* y Determinar su Impacto en la Prevención de éstas

2.C.1. Introducción

El Virus de la Hoja Blanca del Arroz (RHBV) es miembro del género tenuivirus y es una enfermedad del arroz en el Caribe, América Central y en países andinos tropicales. Los síntomas en el arroz son rayas cloróticas que pueden volver las hojas blancas. Cuando la planta joven se infecta, se atrofia y en casos severos las hojas se vuelven necróticas y las plantas mueren. Las infecciones que ocurren antes de la emergencia de la panícula pueden reducir el establecimiento de la semilla y la calidad. Se ha reportado que la infección del RHBV predispone el arroz a *Helminthosporium oryzae* y a la mancha parda del grano.

2.C.2. Desarrollo de Materiales Resistentes al VHB y a *T. orizicolus*

R. Meneses, L. Calvert, M. Triana, L. Reyes y M. Cruz.

2.C.2.1. Liberación de Variedades con Resistencia al VHB y su Vector

La Federación Nacional de Arroceros de Colombia (FEDEARROZ) liberó en el primer semestre del año 2000 dos nuevas variedades Fedearroz 2000 Y Colombia XXI. El potencial de rendimiento de estas variedades sobrepasa los 6000 kg/ha en pruebas de eficiencia en la zona Centro y Caribe Seco. Se espera que estas variedades sean adoptadas en el país ampliamente, como lo ha sido la variedad Fedearroz 50, la cual actualmente se siembra en más un 60% del área arrocería Colombiana.

En experimentos realizados en CIAT la variedad Colombia XXI (FB0100) presentó un comportamiento intermedio a VHB, sin embargo Fedearroz 2000 (CT10323-29-4-1-1T-2P), ha presentado altos porcentajes de resistencia al virus (25 al 45%) a partir de los primeros cinco días después de emergencia (dde). Se espera que con la liberación de estos materiales con resistencia temprana, el control del virus en campos comerciales, será altamente efectivo y le proporcionará a los agricultores mejores opciones para eliminar las pérdidas causadas por epidemias recurrentes del VHB.

En Venezuela, durante el actual año se ha liberado la variedad FUNDARROZ –PN1, ésta con resistencia a *T. orizicolus* y al VHB. Actualmente se encuentra en la fase de

producción de semilla, para su introducción masiva, fundamentalmente en la zona arroceras de Calabozos.

Todas estas variedades presentan una alta resistencia al insecto y a VHB, aspectos fundamentales dentro del Manejo Integrado del Cultivo del Arroz. Las mismas son el resultado de las responsabilidades planeadas a largo tiempo entre el FLAR, NARS, NGOs y CIAT, por ende colaborando a que los agricultores tengan mayores opciones para disminuir las pérdidas ocasionadas por *T. orizicolus* y VHB.

2.C.2.2. Mantenimiento de Colonias de *T. orizicolus* y Pruebas de Germoplasma de Arroz por Resistencia al VHB y su Vector

Por el incremento de nuevas líneas por parte de los mejoradores, se ha hecho necesario un óptimo funcionamiento de todo el proceso de mantenimiento y conservación de las colonias de *T. orizicolus* tanto de insectos sanos como virulíferos, éstos son utilizados además, en ensayos, tanto a nivel de invernadero como en campo.

En este informe se incluye las evaluaciones realizadas en el segundo semestre de 1999 y del primero del 2000. Las líneas evaluadas provienen del CIAT, FLAR, FEDEARROZ, ICA (Colombia), (FUNDARROZ) Venezuela, (IIA) Cuba y Perú, (Cuadro 2.16).

Del total de líneas evaluadas al daño mecánico de *T. orizicolus* el 67.1% corresponden al FLAR, apreciándose un incremento en CIAT- Premejoramiento, que en el actual año evaluó 1329, al compararlo con 1999 con 827, (Cuadro 2.17).

Cuadro 2.16. Germoplasma Evaluado por su Reacción al VHB. CIAT (II Semestre 1999, I Semestre 2000)

Fuente	Materiales Evaluados	Clasificación *		
		R	I	S
FLAR:				
VIOFLAR	310	62	62	186
F ₁ Trópico (cruces)	304	234	0	70
F ₃ - Trópico	2264	1500	349	415
F ₄ - Trópico	2186	1144	294	748
Banco de Germoplasma (BCF)	1350	285	256	809
FEDEARROZ- Colombia	3115	962	573	1580
FUNDARROZ- Venezuela	275	99	61	115
Países: (Cuba, Perú)	89	2	6	81
	9893	4288	1601	4004
<i>SUBTOTAL</i>				
CIAT- Pre-Mejoramiento	1551	201	650	700
CIAT- Patología	1000	0	0	1000
CIRAD-CIAT	557	208	210	139
ICA- Colombia	152	16	18	118
Total	13153	4713	2479	5961
Porcentaje	100.0	35.8	18.9	45.3

*R=Resistente (escala: 1-3); I = Intermedio (5); S = Susceptible (7-9) (Standard Evaluation System for Rice.IRRI, 1996)

Cuadro 2.17. Reacción de Germoplasma a *Tagosodes orizicolus* (CIAT II Semestre 1998 (Semestre 1999)

Fuente	Materiales Evaluados	Clasificación *		
		R	I	S
FLAR:				
VIOFLAR	229	196	5	28
VIOAL	67	17	1	49
F ₄ - Trópico	2142	963	145	1034
Banco de Germoplasma (BCF)	252	62	22	168
FEDEARROZ- Colombia	694	253	46	395
FUNDARROZ – Venezuela	327	91	24	212
Países: Cuba (IIA)	76	6	2	68
Perú	11	6	5	0
Subtotal	3798	1594	250	1954
CIAT – Pre Mejoramiento	1329	351	52	926
ICA – Colombia	146	89	8	49
CIRAD-CIAT	385	109	3	273
Total	5658	2143	313	3202
Porcentaje	100.0	37.9	5.5	56.6

*R=Resistente (escala: 1-3); I = Intermedia (5); S=Susceptible (7-9) (Standard Evaluation System for Rice. IRRI, 1996)

Cuadro 2.18. Líneas de Arroz Evaluadas por Resistencia a *Tagosodes orizicolus* en Invernadero y al Virus de Hoja Blanca en el campo (CIAT 1977-2000)

	Año *	Total líneas	Porcentajes			Reevaluada
			R	I	S	
<i>T. orizicolus</i>	1997	1404	42	3	35	19
<i>T. orizicolus</i>	1998	3235	63	7	28	2
	1999	3106	45	8	47	0
<i>T. orizicolus</i>	2000	5658	44	6	50	0
<i>T. orizicolus</i>	1997	12542	38	11	48	3
	1998	14769	47	20	33	0
VHB	1999	20952	60	19	21	0
VHB	2000	13153	36	19	45	0
VHB						
VHB						

* = Para los efectos del año se considera el segundo semestre del anterior y el primero del presente

**R = Resistente; I = Intermedia; S = Susceptible (Standard Evaluation System for Rice. IRRI, 1996)

En el actual año se incrementaron las líneas evaluadas al daño mecánico de *T. orizicolus* en un 82%, fundamentalmente dentro de otras causas, que los usuarios pertenecientes al FLAR, utilizaron como testigo susceptible Bluebonnet 50, a diferencia

de la metodología, donde el testigo susceptible es IR-8, con una variación entre ellas, en la evaluación final, de hasta 14 días. Los porcentajes de líneas resistentes de los dos últimos años son similares: 45 y 44%, respectivamente. Los valores obtenidos en las líneas intermedias, continúan siendo bajos, dentro de otras causas, al método de evaluación utilizado, (Cuadro 2.18).

En el mismo cuadro se aprecia que en las evaluaciones al VHB, hubo una disminución del 37.2%, al compararlo con el año anterior, del mismo modo decreció del 60% de líneas resistentes alcanzadas durante 1999 a 36% obtenido en el 2000. Dentro de las causas puede estar presente mayor presión de los insectos, que fueron liberados.

2.C.2.2.1. Nueva Metodología de Evaluación del Daño Mecánico Ocasionado por *Tagosodes orizicolus*

Dentro de las principales características para la obtención de nuevas variedades en América Latina se encuentra la resistencia al daño mecánico de *T. orizicolus* de ahí la importancia de la búsqueda de mejores metodologías de evaluación de las mismas.

Con el objetivo de incrementar la esta precisión se compararon tres metodologías de evaluación: Weber (1987), Pantoja y Hernández (1992), y Weber modificada (2000) (Ver referencia).

Este ensayo se realizó en el Invernadero ZS-54 del CIAT, con la metodología de evaluación de Sogata que utiliza como testigo susceptible IR-8. Fueron evaluadas 690 líneas con tres repeticiones.

Resultados

Al analizar los datos en la metodología de Pantoja y Hernández (1992) se aprecia que el porcentaje de plantas resistentes es de 46.5%, mientras que en Weber (1987) y Weber modificado (2000) es de 37.6 y 37.4%, respectivamente, ya que en estas dos últimas metodologías se combinan; las plantas muertas y la evaluación visual (Sistema Estándar de Evaluación del IRRI, 1996). Esta información relacionada con las plantas muertas le puede servir de ayuda a los mejoradores a la toma de futuras decisiones (Cuadro 2.19).

Cuadro 2.19. Total de Evaluaciones según los Diferentes Métodos de Evaluación

Método de Evaluación	Escala de Evaluación de Daño				
	1	3	5	7	9
Pantoja: % de líneas con	9.1	37.4	10.0	30.4	13.1
Weber: % de líneas con	8.3	29.3	11.9	36.5	14.0
Weber Modificado: % de líneas	8.3	29.1	11.9	29.4	21.3

Los valores con grado intermedio en las tres metodologías, oscilaron entre el 10.0 y el 11.9%, lo que demuestra que las probabilidades de obtener esta categoría son similares en las tres, no ocurriendo así en la categoría resistente que alcanzó los mayores valores en la metodología de Pantoja y Hernández (1993), ocurriendo de forma inversa en las susceptibles para las otras dos metodologías (50.5%).

Al evaluar el comportamiento de los testigos utilizados (IR-8, CICA-8 y Makalioka) se determinó la estabilidad que presenta el IR-8 y Makalioka con el 100% de las plantas susceptibles y resistentes, respectivamente. No ocurre de similar manera el testigo intermedio (CICA-8) que presenta una gran variación en los valores obtenidos. (Cuadro 2.20).

Cuadro 2.20. Ensayo para la Evaluación de la Estabilidad del Método Weber en la Evaluación de los Diferentes Testigos

Evaluación de Testigos	Escala de evaluación de daño				
	1	3	5	7	9
IR- 8 (L-2): % de líneas con	0.0	0.0	0.0	8.0	92.0
CICA- 8: % de líneas con	0.0	22.0	24.0	32.0	22.0
Makalioka: % de líneas con	30.0	70.0	0.0	0.0	0.0

Las metodologías Weber y Weber (modificada) le ofrecen al mejorador mayor seguridad en la selección de sus materiales, pues tienen menor probabilidad que se presenten escapes en la categoría del daño mecánico a *T. orizicolus*.

2.C.3. Identificación de Posibles Biotipos de *Tagosodes orizicolus* de Diferentes Zonas Arroceras de Colombia

R.Meneses, L.Reyes, L.Calvert, M.Triana, M.Cuervo y M.C.Duque

2.C.3.1. Introducción

En los últimos años, los daños ocasionados por el insecto y el VHB se ha incrementado, fundamentalmente en varios países de América Latina, incluyendo dentro de éstos a Colombia, lo que ha motivado que los agricultores apliquen diferentes métodos para el

control de *T. orizicolus* dentro de éstos, siembras de variedades resistentes y aplicaciones de insecticidas químicos.

Sogawa et al. (1984) plantearon que a pesar de que tal resistencia frente a los saltahojas ha sido un componente importante en el Manejo Integrado, ésta se ha visto amenazada en muchos países frente a nuevos biotipos de insectos.

Las pruebas de marcadores moleculares sobre el DNA (PCR's) han sido incorporadas en varios sistemas y juegan un papel muy importante para el futuro del mejoramiento de especies vegetales de interés agronómico y también contribuyen al conocimiento taxonómico, variación genética y estudios evolutivos de artrópodos (Williams et al. 1990)

Saxena y Barrion (1985) expresaron que para llegar a la conclusión de la existencia de un nuevo biotipo es necesario reunir los resultados de una serie de estudios como son: reacciones varietales diferenciales, distintas respuestas frente a un mismo huésped, estudio sobre diferencias morfológicas del insecto, así como variaciones citológicas y enzimáticas del mismo.

Por lo anteriormente citado se realizó esta investigación, que constituye la primera en Colombia, donde se evaluaron diversos aspectos de tres colonias de *T. orizicolus*, con los siguientes objetivos:

- Determinar el nivel de daño ocasionado por la alimentación de *T. orizicolus* en diferentes variedades comerciales: IR-8, Fedearroz 50, Oryzica Caribe 8, Oryzica 1 y Oryzica Llanos 5.
- Evaluar la reacción al VHB de Fedearroz 2000, Colombia XXI, Fedearroz 50, Colombia 1 y Bluebonnet 50.
- Precisar las diferencias en algunos parámetros biológicos de *T. orizicolus* procedente de las tres colonias.
- Determinar el control ejercido por diferentes insecticidas.
- Establecer diferencias en *T. orizicolus* de zonas arroceras de Colombia a través de técnicas moleculares.

El objetivo final de todos los ensayos realizados fue además de los expresados anteriormente el de aunar información para determinar la probabilidad de un nuevo biotipo de *T. orizicolus* en las diferentes zonas arroceras de Colombia.

Materiales y Métodos

Esta investigación se realizó en condiciones semicontroladas de los laboratorios, invernaderos y casas de malla del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), con tres colonias de *T. orizicolus* colectadas en las zonas arroceras de la parte norte y sur del Departamento del Tolima (Saldaña y Lérica) y en el Valle del Cauca (Jamundí). Los insectos provenían de lotes arroceros a los cuales no se les aplicaron insecticidas.

El pie de cría se desarrolló en jaulas de malla de 80 x 80 x 90 cm, en cuyo interior se situaron plantas de arroz de la variedad Bluebonnet 50, como alimento para los insectos.

La investigación constó de cinco ensayos:

2.C.3.2. Alimentación de *T. orizicolus* sobre diferentes variedades de arroz. (Daño mecánico)

2.C.3.3. Evaluación de variedades por su resistencia al Virus de la Hoja Blanca

2.C.3.4. Algunos aspectos biológicos de las tres colonias de *T. orizicolus*.

2.C.3.5. Eficiencia de diferentes insecticidas en el control de los adultos de *T. orizicolus*

2.C.3.6. Evaluación de *T. orizicolus* usando RAPD'S.

2.C.3.2. Alimentación de *Tagosodes orizicolus* sobre Diferentes Variedades de Arroz (Daño Mecánico)

La resistencia varietal es uno de los componentes en el Manejo Integrado de Plagas. En los últimos años se ha puesto gran énfasis por parte de los mejoradores en incorporar resistencia tanto a plagas como enfermedades. Se han obtenido progresos considerables en el desarrollo de germoplasma con resistencia a *T. orizicolus*, sin embargo no se ha evaluado la agresividad del insecto sobre variedades comerciales con colonias procedentes de diferentes localidades del país.

Por lo anterior señalado y con el objetivo de determinar si existen diferencias en agresividad de *T. orizicolus* de las tres colonias, se infestaron cinco variedades a 5 y 10 días después de la emergencia de las plantas, con similar metodología que la utilizada para la determinación del daño mecánico de *T. orizicolus*.

Se evaluaron las variedades: IR-8, Fedearroz 50, Oryzica Caribe 8, Oryzica 1 y Oryzica Llanos 5, las cuales se sembraron al azar en bandejas plásticas de 50 X 25 X 8 cm. Para cada variedad se sembraron 3 surcos continuos de 20 plantas, espaciados 3 cm, con 4 repeticiones por colonia. Las bandejas fueron transferidas a las jaulas y se infestaron con 1200 adultos no virulíferos de *T. orizicolus* (240 insectos/variedad).

La evaluación se realizó de forma similar a la utilizada a la del daño mecánico de *T. orizicolus* cuando el testigo susceptible (IR-8) esté totalmente afectado. En este ensayo se siguió el método de evaluación de Weber (1988).

Las evaluaciones se realizaron a los 21; 23; 27; y 29 días después de la infestación (ddi) para las dos épocas. La comparación entre colonias y variedades fue determinada mediante el análisis de Chi-cuadrado.

Agresividad a los 5 Días Después de Emergencia (DDE)

Los datos obtenidos indican que las variedades evaluadas a excepción de Fedearroz 50 cuando son infestadas a los 5 días dde presentan una alta mortalidad de plantas con las tres colonias de *T. orizicolus*.

Al analizar la agresividad de las tres colonias se aprecia que no existe diferencia entre ellas, en ninguna de las fechas evaluadas y que a partir de los 21 días después de la infestación la variedad Fedearroz 50 presentó una alta resistencia, la cual se mantuvo para todas las fechas de evaluación (Cuadro 2.21).

Cuadro 2.21. Agresividad de Colonias de *Tagosodes orizicolus* en Cinco Variedades de Arroz. (5 Días Después de Emergencia)

Variedad	Días Después de Infestación								
	21			23			27		
	Tolima Norte ¹	Tolima Sur	Valle	Tolima Norte	Tolima Sur	Valle	Tolima Norte	Tolima Sur	Valle
Fedearroz 50	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Oryzica 1	S	S	S	S	S	S	S	S	S
O. Llanos 5	S	S	S	S	S	S	S	S	S
O. Caribe 8	S	S	S	S	S	S	S	S	S
IR-8	S	S	S	S	S	S	S	S	S

¹ Colonias procedentes de las diferentes zonas

Como se señaló anteriormente este ensayo no se discute con otros, ya que es el primero que se ejecuta de este tipo en Colombia.

Agresividad a los 10 Días Después de Emergencia

De forma similar que a la evaluación a los cinco días, no se aprecia grandes diferencias en la agresividad de todas las colonias de *T. orizicolus* aunque para la variedad IR-8, la colonia del Valle resultó ser más agresiva y nuevamente la variedad Fedearroz 50 infestada a los 10 días dde confirma su resistencia ante todas las colonias (Cuadro 2.22).

Cuadro 2.22. Agresividad de Colonias de *Tagosodes orizicolus* en Cinco Variedades de Arroz. (10 Días Después de Emergencia)

Variedad	Días Después de Infestación											
	21			23			27			29		
	Tolima Norte	Tolima Sur	Valle	Tolima Norte	Tolima Sur	Valle	Tolima Norte	Tolima Sur	Valle	Tolima Norte	Tolima Sur	Valle
Fedearroz 50	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
Oryzica 1	S	S	I	S	S	S	S	S	S	S	S	S
O. Llanos 5	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
O. Caribe 8	S	S	S	S	S	S	S	S	I-S	S	S	S
IR-8	I	I	I	I	S	S	I	I	S	I	I	S

¹ Colonias procedentes de las diferentes zonas

Cuando fueron analizadas estadísticamente las variedades se aprecia que Fedearroz 50 (FB 50) presenta diferencia significativa con el resto de las misma, no alcanzando diferencia dentro de ellas. Esta variedad mostró una alta resistencia al daño mecánico del insecto (Figura 2.4).



Figura 2.4. Evaluación del Daño Mecánico ocasionado por *T. orizicolus*

Respecto a las colonias, aunque la del Valle, es menos agresiva que las dos del Tolima, no se encontraron diferencias significativas entre ellas.

No se observaron diferencias significativas en la agresividad de las tres colonias de *T. orizicolus*, por lo que por este parámetro no se puede diferenciar la presencia de un nuevo biotipo del insecto.

En la infestación a los 5 días después de emergencia todas las variedades fueron susceptibles excepto Fedearroz 50 que presentó resistencia en todas las colonias.

2.C.3.3. Evaluación de Variedades por su Resistencia al Virus de la Hoja Blanca

De forma similar que el daño mecánico ocasionado por *T. orizicolus*, la determinación de la influencia de la procedencia de la colonia de Sogata, en la resistencia de las variedades es de suma importancia, pues permitirá discriminar cual de ellas ejerce mayor presión sobre las variedades.

Los adultos de *T. orizicolus* eran de las mismas colonias utilizadas para la evaluación del daño mecánico del insecto. Con éstas se infestaron cinco variedades a los 7 días después de emergencia.

Se utilizaron las variedades Fedearroz 2000, Colombia XXI, Fedearroz 50, Bluebonnet 50 (testigo susceptible), Colombia 1 (testigo resistente) las cuales se sembraron al azar en bandejas plásticas de 50 X 25 X 8 cm. Para cada variedad se sembró 3 surcos continuos de 15 plantas, espaciados 3 cm, con 4 repeticiones por colonia.

Antes de la infestación se determinó tanto por ELISA como sobre plantas individuales la virulencia de cada una de las colonias obteniéndose los siguientes resultados: Colonia Jamundí (78 y 86.6%); Colonia Saldaña (77%); y Colonia La Guaira (79 y 88%). Las bandejas fueron transferidas a jaulas y se infestaron con 900 insectos de *T. orizicolus* por bandeja (4 insectos/planta).

A los insectos se les permitió alimentarse por 5 días sobre los materiales y luego fueron eliminados con la aplicación de Carbofuran granulado.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar y se realizó análisis de varianza y pruebas de comparación múltiple. Las evaluaciones se realizaron a los 11; 18 y 25 días después de infestación (ddi), y se contaron el número de plantas que presentaron síntomas por cada variedad.

No se presentaron diferencias significativas entre colonias pero sí entre variedades. Bluebonnet 50 y Colombia XXI fueron altamente susceptibles, alcanzando 99.4% y 85% de plantas con síntomas a los 25 días ddi (cuadro 2.23).

Cuadro 2.23. Porcentaje de Plantas con Síntomas de VHB

Variedad	Reacción al VHB*	Días Después de Infestación		
		11	18	25
Fedearroz 2000	R	5.1 d	38.1 d	43.6 d
Colombia 1	R	15.7 c	62.8 c	66.1 c
Fedearroz 50	R	27.8 c	60.8 c	66.5 c
Colombia XXI	I	34.0 b	80.9 b	85.0 b
Bluebonnet 50	S	86.6 a	96.3 a	99.4 a

*R= resistente, I= Intermedia, S= susceptible (Reacción conocida)

No se presentaron diferencias significativas entre colonias, indicando que cuando se seleccionan colonias de diferentes localidades con porcentajes de virulencia similar la expresión de síntomas del Virus de la Hoja Blanca depende de la variedad.

Los resultados confirman que la nueva variedad Fedearroz 2000 supera la resistencia al VHB que el donante principal de resistencia, Colombia 1.

2.C.3.4. Algunos Aspectos Biológicos de las Tres Colonias de *Tagosodes orizicolus*

El estudio de la biología de los insectos es uno de los principales aspectos a determinar dentro del Manejo Integrado de Plagas, pues mediante esta información se puede utilizar diferentes tácticas en el control del insecto. Constituyendo el principal objetivo de este ensayo la determinación de algunos parámetros biológicos de *T. orizicolus*, fundamentalmente aquellos relacionados con el incremento de la población de la plaga.

De cada una de las colonias de *T. orizicolus*, anteriormente mencionada, se colectaron 100 ninfas del quinto instar, y se colocaron cada unas de las colonias en jaula pequeña con plantas de arroz de 25 días de emergidas, de la misma variedad. Las ninfas se mantuvieron en estas condiciones hasta el arribo al estado adulto. Al día siguiente se situaron en plantas de arroz de Bluebonnet 50, cubiertas por cilindro de acetato, una pareja de adultos (hembra y macho), manteniéndolos en alimentación sobre esa planta por 4 días. Transcurrido este tiempo se retiró la pareja de esa planta y fue colocada en otra con similares condiciones y así hasta el final del ciclo de la hembra.

Éstas se evaluaron diariamente para observar la fecha de oviposición y eclosión de las ninfas, con el objetivo de determinar la duración del estado ninfal. Posterior a la eclosión se cuantificaron el total de ninfas emergidas, para cuantificar el total por hembra. De forma similar se evaluó la duración del estado adulto.

La duración del estado ninfal en las tres colonias es bastante similar, tanto para las hembras como para los machos, ambos entre 14.0 y 14.6 días (Cuadro 2.24).

Cuadro 2.24. Duración del Ciclo de Vida de *Tagosodes orizicolus* de Colonias de Tres Zonas Arroceras de Colombia

Localidad	Hembras (Días)		Machos (Días)	
	Ninfas	Adultos	Ninfas	Adultos
Tolima Norte	14.6	31.8	14.6	27.6
Tolima Sur	14.2	30.8	14.4	33.6
Valle	14.0	33.0	14.5	27.5

Gómez y Kamara (1980) en investigaciones efectuadas en Cuba, determinaron que la duración del estado ninfal en *T. orizicolus* hembras fue como promedio de 14.9 días y para los machos de 14.3 días.

La longevidad promedio de los machos adultos en la colonia del sur del Tolima fue de 33.6 días, valor superior al alcanzado por las hembras de la misma zona, 30.8 días. Pudiera estar esto motivado por la gran oviposición que tuvieron las hembras de esta colonia, lo que puede influir negativamente en la longevidad de las mismas.

En las otras dos colonias las hembras mostraron mayor longevidad que los machos, 33.0 y 31.8 días, para la del Valle y el Norte del Tolima, respectivamente. La diferencia promedio entre las hembras de las tres zonas es de 2.2 días (Cuadro 2.24).

La longevidad para los adultos de *T. orizicolus* fue para los machos de 24.12 días y para las hembras de 27.8 días (Rey y García, 1980).

Un aspecto importante es el total de ninfas eclosionadas por hembra, ya que permite evaluar la descendencia que tiene el insecto a través de todo su ciclo. De las hembras de *T. orizicolus* de Tolima sur, eclosionaron como promedio, 622.6 ninfas/hembra, alcanzando un máximo de 827 en una hembra que vivió 54 días, valores éstos muy superiores a los obtenidos en las colonias de Tolima norte y del Valle. (Cuadro 2.25).

Cuadro 2.25. Algunos Parámetros Biológicos de las Hembras de *Tagosodes orizicolus*

Localidad	Ciclo de vida Prom. (Días)	Ninfas eclosionadas/hembra			Días sin ovipositar antes de la muerte	
		Promedio	Máximo	Min.	Máximo	Mínimo
Tolima Norte	53.4	360.6	565 (40)	231(18)	18 (50)	3 (32)
Tolima Sur	56.0	622.6	827 (54)	429(46)	14(46)	3 (25)
Valle	54.0	330.8	481 (40)	104(29)	17 (46)	3 (22)

() = Longevidad de la hembra

El promedio de ninfas eclosionadas por hembra en las colonias del Tolima Norte y Valle es inferior al valor mínimo (429) por hembra de *T. orizicolus* alcanzado en la del Tolima Sur. Esto es de suma importancia, pues la población de Sogata en esa zona se puede prácticamente duplicar al compararlo en igualdad de tiempo con la población de las otras dos colonias.

En la misma tabla se observa que a mayor duración del estado adulto, las hembras dejan más días sin ovipositar antes de la muerte. En la colonia Tolima norte una hembra con ciclo de 50 días, dejó de ovipositar 18 días antes de morir; solamente 3 días las hembras de *T. orizicolus* que tuvieron ciclo de 25 a 32 días, en las tres colonias.

No se observan grandes diferencias para ambos sexos, en la duración del estado ninfal y ciclo de vida en las sogatas de las tres colonias.

Las hembras de la colonia de Tolima sur tuvieron una menor longevidad que los machos de esa propia colonia.

El total de ninfas eclosionadas por hembra fue mayor en la colonia Tolima sur que en las otras dos.

3.C.3.5. Eficiencia de Diferentes Insecticidas en el Control de *Tagosodes orizicolus*

Las aplicaciones de los insecticidas químicos son, sin dudas, las actividades fitosanitarias más discutidas. Han sido y serán armas poderosas y aún indispensables, en el control de los insectos. En un Manejo Integrado de Plagas (MIP) es de gran importancia determinar como los insecticidas pueden ser usados más efectivamente para que problemas como resurgencia y explosiones de plagas secundarias puedan ser corregidas con la utilización de insecticidas que sean menos tóxicos a los enemigos naturales. En un alto porcentaje de programas de MIP los insecticidas juegan un papel de suma importancia y resultan muy rentables. Sin embargo, su uso está asociado con muchos factores secundarios negativos, por consiguiente, cuando sea necesario aplicar insecticidas químicos se deben elegir los más selectivos y que ocasionen menos disturbios en el agroecosistema arrocero.

Este ensayo se realizó en condiciones semicontroladas de casa de malla con el objetivo de determinar si el control de los adultos de *T. orizicolus* mediante la aplicación de diferentes insecticidas estaba influido por la zona donde fueron colectados los insectos (norte y sur del Tolima y Valle).

La comparación del porcentaje de mortalidad de *T. orizicolus* entre las tres colonias y los insecticidas se determinó mediante el análisis de Anova y el tiempo letal con análisis de Probit (Referencia: Informe Anual CIAT, 1999).

Se emplearon macetas de 10 cm de diámetro, en las que se sembraron 3 plantas de arroz de la variedad Bluebonnet-50. Los insecticidas se aplicaron a los 25 días de la emergencia de las plantas, con microaspersor de presión constante (Cuadro 2.26).

Cuadro 2.26. Insecticidas Aplicados para el Control de *Tagosodes orizicolus*

Insecticida	Clase	Formulación	Dosis
Etofenprox	C-H-O	10 EW	700 ml/ha
Imidacloprid	Cloronicotynil	350 SC	100 ml/ha
Cipermetrina	Piretroide	200 EC	500 ml/ha
Monocrotofos	Organofosforado	600 EC	1000 l/ha
Clorpirifox	Organofosforado	4 EC	1.0 l/ha
Thiametoxan	Nitroguanidina	25 WG	100 g/ha
Acetamiprid	Cloronicotynil	20 SP	150 g/ha
Testigo sin aplicación			

Inmediatamente después de la aplicación de los insecticidas se colocaron 20 adultos de *T. orizicolus* (hembras y machos) en cada maceta, y se cubrieron las plantas con tubo de acetato. Se utilizó cuatro repeticiones por tratamiento. Las evaluaciones de mortalidad de los adultos de *T. orizicolus* se comenzaron a las tres horas posteriores a la aplicación, realizando ésta hasta que la mortalidad de los insectos se mantuvo estable.

El control ejercido por todos los insecticidas sobre los adultos las tres colonias de *T. orizicolus* fue superior al 92% a las 168 horas posteriores a la aplicación.

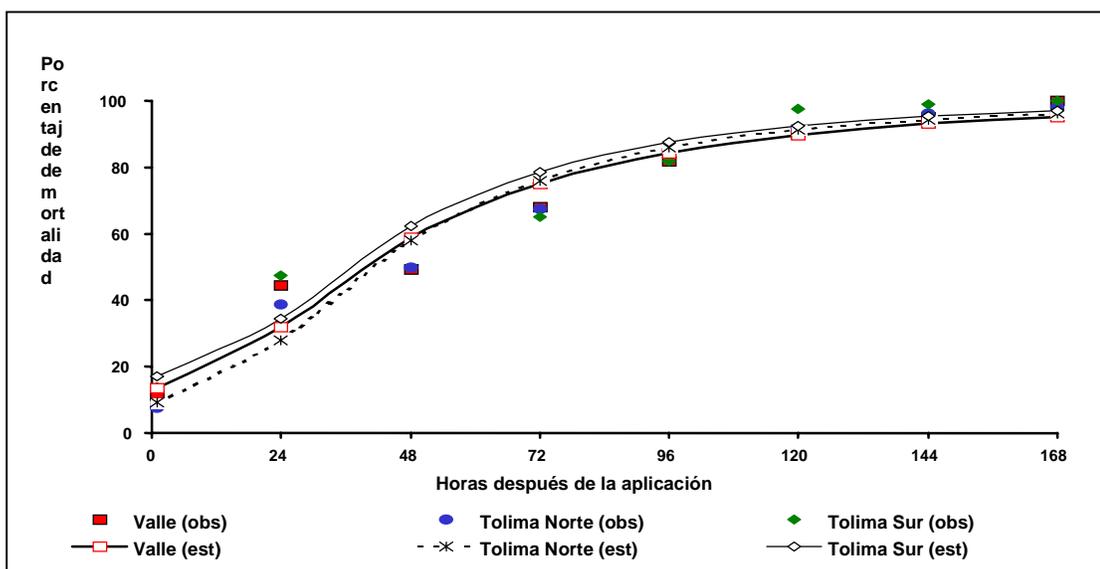


Figura 2.5. Mortalidad de Adultos de tres colonias de *Tagosodes orizicolus* tratadas con Imidacloprid en invernadero 9CIAT 1999 B).

La Figura 2.5 tomada como ejemplo de los resultados de todos los insecticidas, se observa que el control del Imidacloprid es similar para las tres colonias de *T. orizicolus*. A las 96 horas posteriores a la aplicación alcanzó en la colonia del Valle el 81.9% de control; en la de Tolima norte el 85.0% y en Tolima sur el 81.9%. Este aspecto confirma que no existen diferencias en el control de los adultos de la plaga en las tres colonias, por lo que se puede utilizar las mismas dosis e insecticidas en cada zona donde fue colectado *T. orizicolus*.

Una importante información, además del porcentaje de control, es el tiempo letal (TL) 50 y 90, pues no permite determinar en que lapsus un insecticida alcanza esos porcentajes de mortalidad. Estos valores fueron diferentes para cada insecticidas, destacándose Monocrotofos, aunque es de destacar que estos datos fueron similares para las tres colonias.

El porcentaje de control, el tiempo letal 50 y 90, cambian en dependencia del insecticida, pero las tres colonias responden homogéneamente a cada tratamiento.

2.C.3.6. Evaluación de *Tagosodes orizicolus* Utilizando RAPD'S

Otras tecnologías, como la amplificación de marcadores moleculares polimórficos del DNA (RAPDs) ha sido utilizada para diferenciar e identificar poblaciones y especies de homópteros como el *Aedes aegyptis*; sin embargo no hay reportes publicados sobre análisis de marcadores moleculares para *T. orizicolus*, ni trabajos similares que permitirían diferenciar las poblaciones de los insectos en diferentes zonas para establecer posibles biotipos del insecto.

Mediante la identificación de marcadores moleculares (RAPD's/ PCR's) en el DNA de los insectos es posible diferenciar especies entre ellos mismos. Se evaluaron sesenta primers de los kits de Operon, OPO, OPN, OPL, OPM, y OPP (Operon Technologies, Inc, California, USA) disponibles en el laboratorio de Virología del CIAT con muestras de insectos de otras zonas arroceras como Jamundí (Valle del Cauca), Huila (Zona central de Colombia) y Magdalena (costa norte de Colombia). Se incluyó otra especie de Tagosodes: *T. cubanus* como patrón de diferenciación con *T. orizicolus*.

De los 40 primers, OPO y OPN evaluados con muestras de insectos de las zonas arroceras de Jamundí y Tolima- sur, se encontró con el primer OPO 5 (CCCAGTCACT) una banda promisoría que podría ayudar a establecer diferencias entre las 2 poblaciones.

Con el primer OPN 5 (ACTGAACGCC), *T. cubanus* mostró diferencias como se observa en la figura 2.6, comparado con *T. orizicolus* lo que confirma la presencia y diferencia de las dos especies.

La diferenciación entre poblaciones de *T. orizicolus* no es clara, bandas polimórficas no se presentan consistentemente.

Se reporta con este estudio, mediante la técnica de RAPD' s, la diferencia entre la especie *T. orizicolus* y *T. cubanus* con el primer OPN 5.

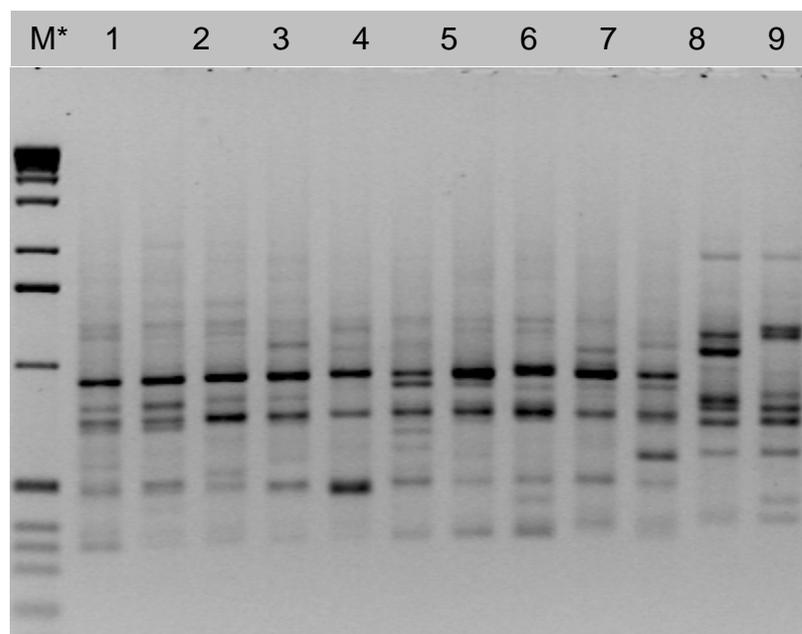


Figura 2.6. Primer OPN 5 (ACTGAACGCC) Nos.1 al 10: *Tagosodes orizicolus*. Nos. 11 y 12 *Tagosodes cubanus* *= Marcador de peso molecular 1 Kb.

Conclusiones

1. De acuerdo con los ensayos realizados en esta investigación se puede concluir que ninguna de las colonias estudiadas representan un nuevo biotipo de *T. orizicolus* en el país.
2. Puede diseñarse una estrategia general de control de *T. orizicolus* que incluya las tres regiones, puesto que no existen diferencias entre ellas.

2.C.4. Interacción entre VHB y *T. orizicolus*

L. Calvert, R. Meneses, L. Reyes, M. Triana, C. Pardey y M. Cuervo

2.C.4.1. Monitoreo de Zonas donde se Cultiva Arroz para RHBV y *T. orizicolus*

Desde 1996, FEDEARROZ, CORPOICA y CIAT, con el apoyo de COLCIENCIAS, han colaborado en el monitoreo de las regiones arroceras más importantes de Colombia. Esta actividad fue sumamente útil para identificar esas áreas que se encontraban en el riesgo más grande de brotes de RHBV. Esto nos ha permitido concentrar nuestros esfuerzos en aquellas áreas con mayor necesidad.

Durante los últimos dos años Fedearroz 50 ha llegado a ser la variedad de arroz predominante en Colombia. Los productores de arroz también aumentaron el área de arroz con variedades como Selecta 320, Oryzica 1, Oryzica 3 que tienen un nivel intermedio de resistencia de campo al RHBV. Con los cambios en variedades y las buenas prácticas de manejo, en especial en el uso de pesticidas, los niveles de RHBV han disminuido drásticamente. Durante este año, el intenso monitoreo se redujo mucho. En lugar de monitorear todas las zonas de alguna manera aleatoria, se está inspeccionando sólo en las cuales se reporta presencia del RHBV en por lo menos niveles moderados. Este año, hubo muy pocos reportes de RHBV y nuestros esfuerzos colaborativos han contribuido a que los cultivadores de arroz puedan reducir las pérdidas causadas por la enfermedad y por los costos de manejo del problema.

2.C.4.2. Interacciones Huésped/Vector/Virus

2.C.4.2.1. Ensayos para Resistencia en el Campo al RHBV

Todos los experimentos se hicieron utilizando un diseño de lote al azar de tres bloques con dos repeticiones. Cada repetición fue un lote de 1m² de diez filas cada una sembrada con 1.5 g de semillas. La presión de la enfermedad fue regulada utilizando tres niveles de infestación con *T. orizicolus*. Se probaron noventa *T. orizicolus* usando ELISA específica para RHBV para estimar el nivel de virulencia en la colonia. La estimación para el nivel alto de infestación fue 3 saltahojas por planta.

El nivel bajo, aproximadamente 1 saltahojas por planta. No se liberaron insectos en los lotes de control. Los saltahojas se liberaron 23 días después de la siembra. Para minimizar el efecto del movimiento de los insectos, el experimento se arregló con un

bloque bajo de infestación localizado entre el control y el bloque de infestación alta. Las barreras de arroz se pusieron alrededor de cada bloque. Para determinar el nivel de RHBV, se hizo una clasificación visual de cada fila usando la escala de evaluación de 0 (sin síntomas), 1 (menos del 1% de las plantas con síntomas), 3 (1 a 10%), 5 (11 a 30%), 7 (31-60%) y 9 (61-100%).

En el experimento había cinco variedades comerciales (Cica 8, Oryzica 1, Selecta 3-20, Fedearroz 50, Línea 2) y cinco líneas avanzadas (CT10323-29-4-1-1T-2P, FB100-10-1-M-1-M, P5419-2-20-11-1B, CT10192-5-1-2-2T-1-1, y CT10240-10-1-2-LO-2-1) de Colombia; tres variedades comerciales (Inia 14, Capirona, Uquihua), y dos líneas avanzadas (PNA-2002-HUA-2-EP2-1-PH3, CT10310-15-1M-YA1-EP1) de Perú; y dos variedades comerciales (Cimarrón y PNA97004) de Venezuela.

El testigo susceptible de la variedad de Cica 8 tuvo una clasificación de 8.9 y un rendimiento de 0.2 t/ha en el bloque de alta infestación; una clasificación de 8.7 y un rendimiento de 1.3 t/ha en el bloque de infestación baja; y una clasificación de 0.3 y un rendimiento de 6.3 t/ha en el bloque que no fue infestado con *T. orizicolus*. Este era el indicador de que el experimento tenía una muy alta presión de inoculación.

La mayoría de las variedades fueron susceptibles al RHBV en el tratamiento de alta infestación. Esta no se esperaba puesto que la resistencia está sólo parcialmente expresada 15 días después de la siembra cuando los vectores se liberaron en el campo. Sólo dos de las líneas nuevas de Colombia CT10323 y CT10240 tuvieron una clasificación de menos de tres. Las clasificaciones de 1 y 3 se consideran altamente resistentes a RHBV. La siguiente mejor línea fue la nueva variedad recientemente liberada en Venezuela PN97004 con una clasificación de 4.5 en la alta infestación. Como esta se desempeñó en varios ensayos significativamente mejores que Fedearroz 50, que tuvo una clasificación de 6.6 en la alta infestación, esta variedad debe desempeñarse bien en condiciones de campo como altamente resistente al RHBV. La mejor línea para el Perú fue CT10310 con una clasificación de 6.2. Esta variedad se desempeña de manera parecida a Fedearroz 50 y si llega a ser una variedad será un mejoramiento sobre variedades existentes. La línea PNA-2002 fue altamente susceptible a RHBV.

Cuadro 2.27. Evaluación en Campo del Virus de la Hoja Blanca del Arroz Utilizando Diferentes Niveles de Infestación con *T. orizicolus* 23 Días Después de la Siembra

Líneas de Arroz	Nivel de Infestación con <i>T. orizicolus</i> ¹					
	Infestación Alta		Infestación Baja		Sin Infestación	
	Nivel de RHBV ²	Rend.T/ha	Nivel de RHBV	Rend. T/ha	Nivel de RHBV	Rend. T/ha
CT10323	1.4 jkl ³	3.9 ghijkl	1.0 l	6.7 a ⁴	0.0 l	6.5 a
CT10240	2.3 jk	3.7 hijklm	1.1 kl	6.2 abcd	0.1 l	4.6 efghij
CT10310	6.2 ef	2.6 lmnop	4.5 gh	4.8 cdefghi	0.0 l	5.0 bcdefgh
Fedearroz 50	6.6 def	1.7 nopqrs	3.9 h	4.7 defghi	0.1 l	6.6 a
FB100	5.9 ef	1.6 opqrs	4.2 gh	5.3 abcdefg	0.1 l	4.0 fghijkl
Selecta 3-20	7.0 cde	1.6 opqrs	6.5 def	3.2 jklmn	0.2 l	5.5 abcdef
P5419	6.4 def	1.4 opqrs	2.7 ij	2.7 lmnop	0.1 l	4.6 efghij
Inia 14	8.2 abc	1.3 pqrs	8.3 abc	2.3 mnopqr	0.2 l	6.4 ab
Uquihua	7.2 bcde	1.3 pqrs	5.3 fg	4.2 fghijk	0.1 l	6.5 a
Capirona	8.1 abc	1.2 pqrs	6.6 def	2.8 klmno	0.1 l	6.0 abcde
PNA97004	4.5 gh	1.2 pqrs	2.5 j	4.8 cdefghi	0.1 l	4.3 fghijk
Oryzica 1	7.6 abcd	0.9 qrs	3.8 hi	4.0 fghijkl	0.1 l	3.3 ijklm
Línea 2	7.0 cde	0.8 rs	5.9 ef	3.6 hijklm	0.1 l	4.3 fghijk
Cimarrón	8.6 ab	0.6 s	7.7 abcd	2.4 mnopq	0.1 l	5.5 abcdef
PNA-2002	8.6 ab	0.3 s	6.0 ef	1.7 nopqrs	0.0 l	5.5 abcdef
Cica 8	8.9 a	0.2 s	8.7 a	1.3 pqrs	0.3 l	6.3 abc

1. Infestación aproximada de 3, 1 y 0 insectos por planta.
2. Se utilizó escala visual de 0-9 para clasificar el nivel de infección con RHBV.
3. Promedios para el nivel de RHBV con la misma letra no muestran diferencias importantes al 5% en el rango múltiple de Duncan.
4. Promedios para el rendimiento t/ha con la misma letra no muestran diferencias importantes al 5% en el rango múltiple de Duncan.

Como el nivel de resistencia en el campo de Fedearroz 50 ha demostrado ser el de una variedad resistente en condiciones de campo con presión importante de RHBV, el desarrollo de variedades resistentes está demostrando ser muy exitoso. Dos variedades recientemente liberadas FB100 y PN97004, así como también cuatro de las líneas nuevas, fueron iguales o mejores que Fedearroz 50. Si esta tendencia continúa, los agricultores tendrán una amplia gama de elecciones en esas regiones arroceras donde el RHBV es un problema cíclico.

Aunque las nuevas líneas potenciales de arroz de tres países estuvieron representadas en el ensayo actual de campo, esto no cubre muchas de las áreas donde el RHBV es un problema recurrente. Dada la necesidad de probar más materiales, este tipo de ensayo se modificará para permitir un mayor número de variedades para seleccionar.

2.C.4.2.2. Evaluación de las Reacciones de la Planta al Daño Mecánico por *Tagosodes orizicolus*

Se compararon las variedades IR 8 (testigo susceptible), Makalioka (testigo de antibiosis), Oryzica Llanos 5, Fedearroz 50 y sus progenitores P1274 y Oryzica Llanos 4 para determinar con más exactitud el nivel de daño mecánico causado por *Tagosodes orizicolus* cuando los insectos seleccionaron a voluntad la variedad para alimentarse. Las líneas de arroz se cultivaron en hileras de 10 plantas cada una y se evaluaron respecto a mortalidad cuando la mortalidad del testigo susceptible IR 8 fue superior al 80% en cada hilera.

En estos experimentos de libre elección, Oryzica Llanos 5 es igual de susceptible al daño mecánico como IR 8. Oryzica Llanos 5 posee resistencia al VHBA pero no a *T. orizicolus*, y cuando la invasión de los insectos se presenta a principios del ciclo de crecimiento, la reacción de campo de Llanos 5 es similar a la de variedades susceptibles. Esta es evidencia adicional que la ausencia de resistencia al insecto es un componente importante para la resistencia al VHBA. En el segundo grupo, la línea P1274-6-8M-1-3M-1 tuvo un nivel intermedio de daño mecánico por *T. orizicolus* y Oryzica Llanos 4 presentó un bajo nivel de daño mecánico. Fedearroz 50 tuvo el mismo bajo nivel de daño mecánico que Oryzica Llanos 4.

Este ensayo mide el daño mecánico y no la tolerancia al insecto. También se realizó una serie de experimentos para calcular los índices de tolerancia al insecto, pero los otros mecanismos de resistencia dificultan la interpretación de los resultados y la definición del nivel de tolerancia de Fedearroz 50 a *T. orizicolus*. El bajo nivel de daño mecánico se debe a mecanismos de resistencia diferentes a la tolerancia.

2.C.4.2.3. Evaluación de Fedearroz 50 respecto a Antibiosis

En el año pasado, se registraron las preferencias de colonización y de oviposición de *T. orizicolus* en estas seis líneas de arroz. Se estudió el ciclo de vida de *T. orizicolus* comparando la mortalidad, la duración, la proporción de sexo de los sobrevivientes, el peso de los adultos, las ninfas y las plantas, así como otros factores en estas seis variedades.. En un estudio adicional, se determinaron y prepararon cuadros de vida para IR 8 y Fedearroz 50. El cuadro 2.29 muestra el peso de los adultos que crecieron en cada una de las seis variedades. Los que se criaron en IR 8, P1274 y Oryzica Llanos 5 presentaron pesos similares. El peso promedio de los insectos criados en Fedearroz 50, Oryzica Llanos 4 y Makalioka fue similar entre sí, pero menos de la mitad del peso de los insectos criados en las variedades más susceptibles. La diferencia principal entre las tres líneas fue la alta mortalidad de insectos en Makalioka. Los resultados de esta serie de experimentos indican que la variedad Fedearroz 50 presenta antixinosis y antibiosis como mecanismos de resistencia a *T. orizicolus*. Fedearroz 50 es una variedad muy popular y la antibiosis puede ejercer presión en *T. orizicolus* y crear nuevos biotipos

Cuadro 2.29. Peso de *Tagosodes orizicolus* Criado en Seis Variedades de Arroz

Variedad	Número de hembras	Peso promedio de las hembras (10-4 g)	Número de machos	Peso promedio de los machos (10-4 g)
IR 8	27	6.26b ¹	32	2.75a
P1274	29	8.31a	29	2.48a
Oryzica Llanos 5	31	7.94a	28	2.71a
Oryzica Llanos 4	27	3.15c	33	2.70a
Fedearroz 50	31	2.10c	20	1.80b
Makalioka	3	2.17 ²	2	2.502

¹ Los promedios para el peso con la misma letra indican que no existen diferencias significativas en el nivel del 5% en el rango múltiple de Duncan. El análisis de machos y hembras se realizó por separado.

² Los resultados de Makalioka no se pudieron compararse estadísticamente debido al bajo número de sobrevivientes.

2.C.4.2.4. A. Uso del *T. orizicolus* Adulto para la Evaluación de Resistencia al RHBV en Ensayos de Selección en el Campo

En ensayos de campo, la mayoría de insectos liberados están en la etapa de ninfa. En este experimento, la mayoría de insectos liberados estaban en la etapa adulta. El diseño del experimento fue similar al descrito en la sección 3.3.2 excepto que la liberación de insectos fue 33 días después de la siembra y el insecto *T. orizicolus* era adulto. El nivel de infestación fue de aproximadamente 1.4 insectos por planta. Los niveles de RHBV fueron moderados con CICA 8, el control susceptible clasificado como 7.7. La mejor línea fue CT 10323 y tuvo una clasificación de 1.3 (Cuadro 2.29). Las otras líneas se clasificaron entre 3 y 4.5. Fue sorprendente el resultado en la diferencia del rendimiento. Las pérdidas fueron mucho más altas que las esperadas para los niveles de infección con RHBV. Esta es la primera vez que se hace este experimento y las condiciones ambientales fueron inusualmente lluviosas con intensidad baja de luz. Parece que las parcelas estuvieron libres de actores biológicos que pudieran haber afectado el rendimiento. Es bien sabido que los adultos de *T. orizicolus* ocasionan más daño y son más activos que las ninfas. De todas maneras, este experimento debe repetirse antes de concluir que los adultos, en general, ocasionan un problema más severo que las ninfas. Si estos resultados son repetibles, entonces se necesita una evaluación de la metodología de campo. La infección primaria de RHBV es por insectos migratorios.

Cuadro 2.29. Comparación de la Reacción de 6 Variedades a una Infestación 33 Días Después de la Siembra con *T. orizicolus* Adultos

Variedades	Ninguna Infestación	Infestación ca. 1.4 Adultos/Planta
	Incidencia de RHBV ¹	Incidencia de RHBV
Capirona	0.1	4.5
Fedearroz 50	0.1	3.5
CT10323	0.0	1.3
Cica 8	0.3	7.7
<i>PNA97004</i>	0.1	3.1
Oryzica 1	0.1	4.5

1. Se usó escala visual de 0-9 para clasificar el nivel de infección con RHBV.

- Promedios para el nivel de RHBV con la misma letra no muestran diferencias importantes al 5% en el rango múltiple de Duncan.
- Promedios para el rendimiento t/ ha con la misma letra no muestran diferencias importantes al 5% en el rango múltiple de Duncan.

Comprensión de Componentes de Resistencia al RHBV y su Vector *T. orizicolus*

Este año se hizo más énfasis en comprender los mecanismos de resistencia al RHBV y a su vector *T. orizicolus*. Esta serie de experimentos va a tomar varios años y formará la base para marcar los genes de resistencia a RHBV y a *T. orizicolus*. Se eligieron siete variedades (variedades core HB) con una rango de resistencia al virus y al vector. Como la resistencia al RHBV es relativa la variedad Colombia 1, que es una de la fuentes principales de resistencia a RHBV, se denomina resistente (R). Oryzica 1 y Llanos 5 se designan como resistentes intermedias (IR) porque son más susceptibles en nuestro ensayo que Colombia 1. La nueva variedad Fedearroz 2000 es aparentemente más resistente que Colombia 1 y se denomina altamente resistente (HR). Se debe tener cuidado en la definición de resistencia al RHBV porque no se entiende bien cómo los componentes de resistencia a la vector contribuyen a la resistencia al virus. Como debe usarse *T. orizicolus* para inocular arroz con RHBV, es difícil de separar la relación entre vector y virus. Es más fácil determinar cuál es la planta resistente a *T. orizicolus* porque se puede usar plantas libre de virus. La resistencia a *T. orizicolus* que se incluye en el Cuadro 2.30 es sobre daño mecánico en un ensayo donde hay muchas líneas disponibles. El objetivo de esta investigación es comprender la interacción de estos diferentes tipos de resistencia.

Cuadro 2.30. Reacción al RHBV y al *T. orizicolus* de las Variedades Utilizadas para Determinar los Componentes de Resistencia al RHBV y al *T. orizicolus*

Variedad	Reacción	
	RHBV	Sogata
IR 8	S	S
Cica 8	S	IR
Oryzica Llanos 5	IR	S
Oryzica 1	IR	R
Colombia 1	R	S
Fedearroz 50	R	R
Fedearroz 2000	HR	R

2.C.4.3. Interacciones entre Tiempo de Infestación y Presión de Enfermedad

La principal fuente de resistencia a RHBV ha sido Colombia 1. Esta variedad es más susceptible cuando es joven y llega a ser más resistente con la edad. Más o menos 30 días después de la siembra, las plantas llegan a ser casi inmunes a RHBV. También hay un efecto de dosis. Entre más alta la presión de inoculación en forma de saltahojas virulentos, mayor el porcentaje de plantas que llegan a infectarse con RHBV. Las variedades core HB se ensayaron en el campo en dos niveles diferentes de infestación a los 17 y 26 días después de la siembra. Se utilizó el mismo diseño descrito para la variedad de prueba en la sección 3.3.2.

2.C.4.3.1 Clasificación para incidencia de RHBV.

Los resultados se correlacionan bien con las reacciones que se habían predecido con base en interacciones de resistencia a RHBV y a *T. orizicolus*. Tanto IR8 como Cica 8 reaccionaron como variedades altamente susceptibles y fueron altamente infectadas con RHBV. Sólo en la última infestación a bajo nivel, estas variedades tuvieron un nivel moderado de incidencia (IR 8; 5,9 Vs. Cica 8; 4,2) y esta diferencia puede atribuirse al nivel intermedio de resistencia al saltahojas en Cica 8. La expresión de resistencia de virus es muy notable en la reducción de incidencia al RHBV en 26 días después de la siembra, en comparación con 17 días después de la misma. La incidencia de RHBV a los 26 días se correlaciona bien con la clasificación de resistencia al virus de cada variedad. Esto es menos verdadero a los 17 días, pero era de esperarse puesto que la resistencia de virus se expresa sólo parcialmente a esa edad. La excepción es Fedearroz 2000 que fue altamente resistente en todo los tratamientos. Esta es una evidencia más de que Fedearroz 2000 es una variedad altamente resistente a la infección por RHBV.

Cuadro 2.31. Efectos de Tiempo y Número de Insectos Virulentos sobre la Incidencia de RHBV

Variedad	Infestación a los 26 días después de la siembra		Infestación a los 17 días después de la siembra		Ninguna infestación
	Infestación Alta ¹	Infestación Baja	Infestación Alta	Infestación Baja	
IR 8	9.0 ² a	5.9ef	8.6a	8.4ab	1.0jk
Cica 8	8.9a	4.2gh	8.9a	8.9a	1.0jk
O. Llanos 5	8.6a	5.0fg	8.0abc	7.3bcd	1.2jk
Oryzica 1	6.1ef	2.9i	7.2cd	5.7ef	0.8jk
Colombia 1	6.3de	1.8j	7.9abc	5.8ef	0.6jk
Fedearroz 50	3.9hi	1.3jk	8.2abc	6.3de	0.5jk
Fedearroz 2000	1.0jk	1.0jk	1.1jk	1.7j	0.2k

- Se usó escala visual de 0-9 a para clasificar el nivel de infección con RHBV
- Promedios para el nivel de RHBV con la misma letra no muestran diferencias importantes al 5% en el rango múltiple de Duncan
- Promedios para el rendimiento t/ ha con la misma letra no muestran diferencias importantes al 5% en el rango múltiple de Duncan.

2.C.4.4. Pruebas para Tolerancia al Virus de la Hoja Blanca del Arroz

Uno de los mecanismos potenciales para la resistencia es la tolerancia al RHBV. La tolerancia se define como la capacidad de la planta para soportar los efectos de una enfermedad sin morir o sufrir daños serios, o la pérdida del cultivo. Para determinar si una planta es tolerante debe infectarse con el patógeno. El diseño experimental básico fue de tres bloques con dos repeticiones con tres filas. Para asegurar que todas las plantas se infectaron con RHBV, se sembró un gramo de semillas por fila y se colorearon diez plantas que mostraron síntomas. Diez plantas de los controles negativos se enrojecieron pues no mostraron síntomas de RSNV. Había tres niveles de infestación que correspondían a aproximadamente a 6, 2, 0 saltahojas por planta. Las parcelas se infectaron 23 días después de la siembra.

Los resultados claramente muestran que en niveles altos de presión de inoculación, las tres variedades ensayadas no son tolerantes a RHBV. En la comparación con los controles negativos, las pérdidas de rendimiento fueron de más del 85%. En un nivel más bajo de presión de inoculación, las pérdidas de rendimiento fueron de más del 60% para la variedad susceptible O. Caribe 8 y para la variedad resistente Fedearroz 50 50%. La única variedad que puede tener alguna tolerancia es Oryzica 1, que sólo tuvo una disminución de 38% en rendimiento en el nivel más bajo de presión de inoculación. Este experimento se repetirá utilizando todas las siete variedades core HB. La evidencia preliminar es que esa tolerancia no es un mecanismo importante para la resistencia al RHBV.

Cuadro 2.32. Tolerancia y Efecto de Dosis de RHBV

Variedad	Alta Infestación ¹ 6 ninfas/planta		Baja Infestación 2 ninfas/planta		Ninguna infestación
	Peso(g) ²	% Pérdida	Peso(g) ²	% Perdida	Peso (g)
O. Caribe 8	26.3	87.2	69.2	66.2	205.0
Oryzica 1	28.0	84.8	114.4	37.8	184.0
Fedearroz 50	25.0	91.6	114.0	61.8	298.8

2.C.4.5 Determinación del Nivel de Daño causado por *Tagosodes orizicolus*

R.Meneses, L.Reyes y M.Triana.

2.C.4.5.1. Introducción

Teniendo en cuenta que la variedad Fedearroz 50 se siembra aproximadamente en un 60% del área arrocera de Colombia y que *T. orizicolus* ha presentado diferentes porcentaje de virulencia en las zonas arroceras, es importante determinar las pérdidas en rendimiento causado por diferentes niveles de virulencia para poder dar así alternativas al agricultor sobre el Manejo Integrado del Insecto.

2.C.4.5.2. Materiales y Métodos

Se sembró la variedad Fedearroz 50 con densidad de 3 gramos/surco en parcelas de 1.05 x 1.20 con 4 replicaciones por tratamiento (7 surcos, separados 15 cm).

A los 7 y 15 días después de siembra se colocaron jaulas de nylon sobre las parcelas y éstas se inocularon con adultos de *T. orizicolus* de acuerdo con cada tratamiento y se mantuvieron alimentando por 5 días. Posterior a esta fecha se eliminaron los adultos de *T. orizicolus* y se aplicó un insecticida para mantener las parcelas libres de insectos (Cuadro 2.33)

Cuadro 2.33. Total de Adultos de *Tagosodes orizicolus*

Tratamientos	Total de Adultos de <i>T. Orizicolus</i>			
	Por Parcela		Todo el Tratamiento	
	Sanos	Virulentos	Sanos	Virulentos
0.25 Sogatas/planta (5%)	43	2	172	8
0.25 Sogatas/planta (10%)	41	4	164	16
0.25 Sogatas/planta (Sanos)	45	0	180	0
0.5 Sogatas/planta (5%)	86	4	344	16
0.5 Sogatas/planta (10%)	81	9	324	36
0.5 Sogatas/planta (sanas)	90	0	360	0
Testigo sin insectos	0	0	0	0
Total	386	19	1544	76

Se realizó una evaluación por la presencia de VHB, a los 45 días después de infestadas las plantas. Se llevó el cultivo hasta cosecha para determinar rendimiento y se efectuó análisis de varianza y pruebas de comparación múltiple.

2.C.4.5.3. Resultados y Discusión

En las parcelas infestadas a los 7 días después de emergencia (dde), los tratamientos de 0.25 sogatas/planta con 10% de insectos virulentos, 0.5 Sogatas/planta con 5% y 0.5 Sogatas/planta con 10% no presentaron diferencias significativas (Cuadro 2.34).

En el mismo cuadro se aprecia que la infección a los 15 dde no se presentaron síntomas del VHB en la variedad y no se alcanzaron diferencias significativas en rendimiento en ninguno de los tratamientos.

Cuadro 2.34. Porcentaje de VHB y Rendimiento con Diferentes Poblaciones de *Tagosodes orizicolus* y Porcentajes de Virulencia en la Variedad Fedearroz 50

Tratamientos	Porcentaje de VHB y Rendimiento			
	7 dde (%)	Rendimiento (kg/ha)	15 dde (%)	Rendimiento (kg/ha)
0.25 Sogatas/planta (5%)	0.4 b	6720	0.0	6721
0.25 Sogatas/planta (10%)	2.9 a	7595	0.0	6644
0.25 Sogatas/planta (Sanas)	0.0 b	7653	0.0	6457
0.5 Sogatas/planta (5%)	2.5 a	6802	0.0	6711
0.5 Sogatas/planta (10%)	2.1 a	7280	0.0	6976
0.5 Sogatas/planta (sanas)	0.0 b	7741	0.0	6632
Testigo sin insectos	0.0 b	7750	0.0	6817

No se presentaron diferencias significativas en rendimiento entre los diferentes tratamientos en ninguna de las dos épocas de infestación, indicando que los niveles de

infestación de insectos fueron muy bajos y los síntomas que se presentaron no afectaron el rendimiento (Cuadro 2.34).

El mayor porcentaje de infección de VHB alcanzado fue de 2.9%, valor que representa el 1 (Sistema Estándar de Evaluación del IRRI, 1996). Este bajo porcentaje de plantas con síntomas de VHB es posiblemente debido al total de insectos (virulentos y no virulentos) que se utilizaron en la infestación.

Se recomienda para próximos ensayos incrementar la población de insectos por planta para poder establecer diferencias entre tratamientos.

2.C.5. Fluctuación Poblacional de *T. orizicolus* en Diferentes Variedades de Arroz

R.Meneses y L.Reyes

2.C.5.1. Introducción

Uno de los limitantes que tiene el cultivo de arroz en Colombia es *T. orizicolus* causante del daño mecánico y la transmisión del Virus de la Hoja Blanca. El control de este insecto se realiza, generalmente, con la aplicación de insecticidas y, en la mayoría de los casos, no se tiene en cuenta la resistencia varietal. El objetivo del presente trabajo es cuantificar la población de *T. orizicolus* y sus enemigos naturales en tres variedades de arroz en un lote comercial sin aplicación de insecticidas.

2.C.5.2. Materiales y Métodos

El ensayo se realizó en la finca Villa Alejandra ubicada en la zona arrocera de Guacarí (Valle). La siembra se efectuó con 180 kg de semilla/ha de las variedades Fedearroz 50, Oryzica Llanos 5 y Oryzica Caribe 8. La preparación del suelo, control de malezas y fertilización se efectuaron según la tecnología usada en la zona. A partir de los 8 días después de siembra y luego cada 8 días se recolectaron insectos hasta los 102 días de edad del cultivo. Se tomaron tres muestras por variedad para cada una de las visitas y cada muestra consistió en 10 pases dobles de jama (pdj). Las variedades fueron llevadas hasta cosecha y se determinó su rendimiento. Los datos se sometieron a análisis de varianza y pruebas de comparación múltiple.

Se presentó diferencias significativas entre variedades para la población de *T. orizicolus* hembras, ninfas, adultos (hembras + machos) y sogatas totales (hembras + machos + ninfas) (Cuadro 2.35).

Cuadro 2.35. Población de *Tagosodes orizicolus* en Tres Variedades de Arroz (Guacarí 2000 A)

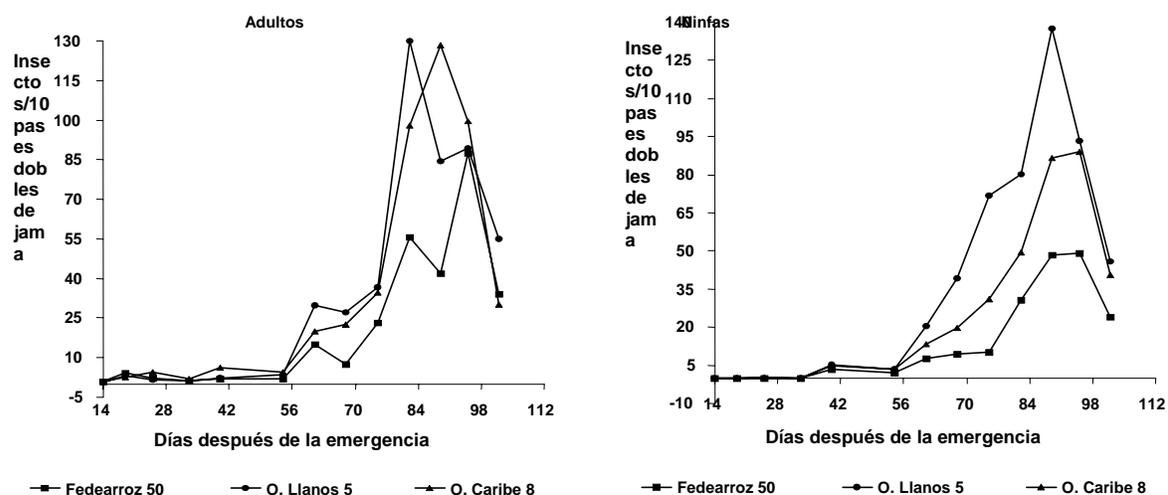
Variedad	<i>Tagosodes orizicolus</i>		
	Hembras ¹	Ninfas ¹	Total ¹
O. Llanos 5	20.6 a ²	38.2 a	74.1 a
O. Caribe 8	17.4 b	26.0 a	60.9 a
Fedearroz 50	10.2 c	14.1 b	35.5 b

¹ Los valores presentados corresponden al promedio de trece muestreos cada uno con tres repeticiones.

² Se realizó pruebas de comparación múltiple por medio de Duncan (p0.05). Tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes.

La población de *T. orizicolus* en la variedad Fedearroz 50 fue significativamente diferente a las otras variedades y presentó el menor número de insectos (85 adultos por 10 pases dobles de jama). Oryzica Llanos 5 y Oryzica Caribe 8 alcanzaron entre los 84 y 98 dde las mayores poblaciones con valores de 130 adultos y 215 ninfas por 10 pdj respectivamente (Figura 2.7).

Figura 2.7. Influencia de la Variedad y la Edad del Arroz sobre la Población de *Tagosodes orizicolus* (Guacarí, Valle del Cauca, 2000)



La mayor población de *T. orizicolus* se presentó en la variedad Oryzica Llanos 5 indicando que sobre esta variedad el insecto presenta una mayor preferencia que Fedearroz 50 y Oryzica Caribe 8.

No se presentaron diferencias significativas en el porcentaje de parasitismo, ni en la población de arañas en las tres variedades.

2.C.5.3. Conclusiones y Recomendaciones

En la variedad Fedearroz 50 se alcanzaron los menores valores de *T. orizicolus* en todos sus estados de desarrollo.

Por las características de esta variedad se deben limitar las aplicaciones de plaguicidas durante el ciclo del cultivo.

Bibliografía

GÓMEZ, J y F. KAMARA. Determinación de algunos parámetros de *Sogatodes orizicola* (Muir). Centro Agrícola (Cuba)7(3), 1980.

REY XIOMARA y A. GARCÍA. Estudios de algunos aspectos del ciclo biológico del *Sogatodes orizicola*. Cienc. Tec. Agri. Arroz. 3 (1), 1980.

SAXENA, R. and A. BARRION. Biotypes of the brown planthopper *Nilaparvata lugens* (Stal.) and strategies in development of host plant resistance. Insect Sci. Applic. 6(3): 271-289, 1985.

SOGAWA, K., K. FJSYNIKS and H. BLAGIAWATI. Characterization of the brown planthopper population on IR-42 in North Sumatra, Indonesia. IRRN 9(1):25, 1984.

WEBER, G. Metodología de trabajo en entomología de arroz. Programa de Arroz. CIAT. 51 p. Diciembre de 1988.

WILLIAMS, J. G. K., KUBELIT, A. R., LIVAK, K. J., RAFALKI, J. A. , TINGEY, S. V. (1990). DNA polymorphisms amplified by arbitrary are useful as genetic markers. Nucleic Acids Res. 18, 6531- 6535.

2.C.6. Capacitación

Se han realizado reuniones, cursos y otros eventos de capacitación, con agricultores y agrónomos, sobre Manejo Integrado de Plagas, especialmente para *T. orizicolus* y para el Virus de la Hoja Blanca.

2.C.6.1. Conferencias

Fecha	Localidad	Conferencista	Tema
Noviembre/99	Cúcuta	L. Reyes	VHB-Sogata y Entorchamiento
Diciembre/99	Ginebra	L. Reyes	VHB-Sogata y Entorchamiento
Febrero/2000	Jamundí	L. Reyes	VHB-Sogata y Entorchamiento
Marzo/2000	Ibagué	M. Triana	Sog/VHB
Mayo/2000	CIAT	M. Triana	VHB
Septiembre/2000	CIAT	M. Triana	Sog/VHB
Septiembre/2000	CIAT ¹	M. Triana	Mejoramiento por resistencia a insectos y Evaluación a VHB
Septiembre/2000	CIAT ¹	L. Reyes	Manejo Integrado de Sogata y selección de líneas avanzadas por resistencia a VHB.
Septiembre/2000	CIAT ¹	R. Meneses	Manejo Integrado de Plagas.

¹ = Curso: Aplicación de Métodos convencionales y moleculares en el mejoramiento del Arroz. CIAT. Septiembre 24 a Octubre 6 del 2000

2.C.6.2. Entrenamientos impartidos

Fecha	Persona e Institución	Temática
2 Junio al 24 de Julio 2000	Miguel Muñoz (Costa Rica)	Manejo de Sogata - VHB

2.C.6.3. Asistencia a Eventos Científicos

Fecha	Nombre	Evento	Actividad
13-14 Marzo/2000	Rafael Meneses	Taller sobre sistema de información sobre producción agroecológica de cultivos. Ibarra, Ecuador.	Conferencista
26-28 Julio/2000	Mónica Triana	XVII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, Medellín	Conferencista
26-28 Julio/2000	Luis A Reyes	XVII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, Medellín	Conferencista
26-28 Julio/2000	Maribel Cruz	XVII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología, Medellín	Conferencista

Publicaciones

Evaluación de insecticidas para el control de *Tagosodes orizicolus* en condiciones de campo I parte. Lee Calvert; Rafael Meneses; Luis Antonio Reyes; Alexander Pérez. CORREO. FEDEARROZ, Noviembre de 1999. No 107 pp. 4, 5/

Evaluación de insecticidas para el control de *Tagosodes orizicolus* en condiciones de campo II parte. Lee Calvert; Rafael Meneses; Luis Antonio Reyes; Alexander Pérez. CORREO. FEDEARROZ, Diciembre de 1999. No 108 pp. 4, 5/

Estrategias para el control del virus de la hoja blanca en Colombia. L. Calvert y L. Reyes. Informe final entregado a COLCIENCIAS. Monografía 35 pp. Marzo 2000.

Colaboradores:

Catherine Pardey
Efren Córdoba
Mauricio Morales
Rodrigo Morán
James Silva
Julio Holguín
Natalia Villarreal

RESULTADO 2. CARACTERIZACIÓN DE LAS PLAGAS DEL ARROZ Y LA GENÉTICA DE LA RESISTENCIA

2.D. Genes Foráneos como Nuevas Fuentes de Resistencia al Virus de la Hoja Blanca (VHB) del Arroz y a *Rhizoctonia solani*

L. Calvert (IP-4), E. Tabares (SB2), G. Delgado (IP4), L.F. Fory (SB2, IP4),
María Angélica Santana (SB2¹), Nilgun Tumer², Z. Lentini (SB2, IP4)

2.D.1. Introducción

La meta principal de este proyecto es proporcionar una nueva fuente de resistencia (o varias fuentes) para complementar la única fuente de resistencia para actividades de mejoramiento presente en la mayoría de las variedades comerciales cultivadas actualmente en América Latina. Esta fuente de mejoramiento es conferida por uno o dos genes y no protege a las plantas con menos de 25 días de edad. El proyecto se propone transformar el arroz con uno o varios genes novedosos de resistencia al VHB e incorporar estos genes en variedades comerciales latinoamericanas o en genotipos que se van a usar como progenitores en actividades de mejoramiento. Los informes anteriores describieron la generación y selección de plantas transgénicas Cica 8 que llevaban el gen viral de la nucleoproteína (VHB-N). La resistencia conferida por el gen N es caracterizada por un retraso significativo en el avance de la enfermedad y en la gravedad de ésta, con respecto a los testigos no transgénicos que fueron inoculados. Han sido seleccionadas generaciones avanzadas de líneas transgénicas con resistencia estable al VHB. Por el contrario, el testigo no transgénico Cica 8 es altamente susceptible en todo el ciclo de vida, mostrando un desarrollo severo de la enfermedad. La mayoría de las plantas mueren a los 60 días después de la inoculación. El año pasado los resultados indicaron también que la resistencia conferida por el transgen N respecto a la enfermedad del VHB se expresa independientemente del genotipo. Este tipo de resistencia transgénica podría emplearse para complementar la fuente de resistencia natural al virus. Para ello, se realizaron cruzamientos entre líneas transgénicas seleccionadas con genotipos diversos que llevan el gen (o los genes) de resistencia convencional utilizados en mejoramiento. Los resultados indicaron que las plantas testigo F₁ no transgénicos fueron susceptibles, mientras que las F₁ transgénicas fueron resistentes, aun cuando fueron inoculadas a los 10 días de edad. Estos resultados indicaron que la protección conferida por el transgen VHB-N es heredada y se expresa independientemente del genotipo y que el transgen podría emplearse para complementar la fuente de resistencia natural. En noviembre del 2000 se sembraron en el campo un total de 421 líneas transgénicas seleccionadas que representaban diversas generaciones y las poblaciones F₂ derivadas de los cruzamientos con Fedearroz 50, Oryzica 1, Iniap 12 y Cica 8. Estas líneas son evaluadas en la estación experimental del CIAT en Palmira respecto a su resistencia al VHB y a caracteres agronómicos, siguiendo los reglamentos de bioseguridad ambiental tanto internacionales como

colombianos. La aprobación para realizar estas pruebas en el campo por parte del Comité Colombiano de Bioseguridad fue expedida en septiembre de 2000. A continuación se reporta la caracterización del modo de expresión de la resistencia transgénica conferida por VHB-N y los avances obtenidos desarrollando arroz transgénico con el gen de la proteína no estructural 4 (NS₄) del VHB 4.

Resultados

2.D.2. Caracterización de la Resistencia a VHB-N en Plantas Transgénicas

L.F. Fory (SB2, IP4), T. Agrono (IP4), C. Ordóñez (IP4), M. Cruz (IP4), M. Duque (SB2, IP4), J. Silva (IP4), C. Dorado (SB2), Z. Lentini (SB2, IP4), L. Calvert (IP4)

El nivel de la resistencia conferido por el gen viral de la VHB-N fue evaluado en base al porcentaje del área foliar enferma, la gravedad de los síntomas y el vigor. Las evaluaciones se realizaron una vez a la semana, comenzando 5 días después de la eliminación de los insectos virulíferos, hasta 54 días después de la inoculación. Para realizar este estudio, se evaluaron preliminarmente, a los 15 días después de la germinación, 25 líneas transgénicas representadas por 8 plantas cada una. De estas líneas, se seleccionaron 8 que presentaban alto vigor. Estas líneas fueron utilizadas para estudiar el efecto de la edad de la planta en el nivel de la resistencia transgénica. Se utilizaron dos presiones de enfermedad: presión intermedia (colonia de 65% de virulencia) y presión alta (colonia de 70% de virulencia). Cada planta fue inoculada con cuatro insectos por planta.

La línea A3-49-60-12-3-3 mostró el nivel más alto de resistencia en todo el ciclo de vida. Entre 74%-81% de las plantas no presentaron ningún síntoma de la enfermedad cuando fueron inoculadas a los 14 o a los 28 días de edad, y solo un 22% de las plantas mostraron más del 25% del área foliar afectado cuando fueron inoculadas a los 14 días de edad (Cuadro 2.36). Por el contrario, el testigo Cica 8 mostró el 70% de las plantas con síntomas graves de la enfermedad a los 14 días de edad (Cuadro 2.36). La línea A3-49-60-4-5-8 mostró un nivel intermedio de resistencia a los 14 días de edad y el 71% de sus plantas no presentaron síntomas a los 28 días de edad (Cuadro 2.36). Cerca del 70% de las plantas de la línea A3-49-60-19 tenían menos del 25% del área foliar afectada a los 14 días de edad, mientras que el 100% de las plantas de Cica 8 fueron severamente afectadas por la enfermedad (Cuadro 2.37). Por lo general, el nivel de resistencia transgénica aumentó a los 28 días de edad cuando el testigo Cica 8 es todavía altamente susceptible (Cuadros 2.36 y 2.37). Las líneas hermanas A3-60-12-3-1 (susceptible) y A3-60-12-3-3 (resistente) mostraron una reacción diferente a la enfermedad, lo que indica que el fenotipo resistente todavía segrega en la generación T4 o tal vez la expresión del gen VHB-N está afectado por el silenciamiento del gen en algunas de las plantas. Se realizará un análisis comparativo de Southern Blot utilizando enzimas de restricción sensibles a la metilación e insensibles a ella para dilucidar si el silenciamiento del gen está asociado con la pérdida de la expresión de la resistencia.

Se realizaron análisis para comparar el modo de la expresión fenotípica de la resistencia transgénica de VHB-N en relación con la fuente convencional de resistencia en mejoramiento derivada de Colombia 1. Las plantas inoculadas de 15 días de edad de las variedades IR8, Cica 8, Oryzica 1, Oryzica Llanos 5, Colombia 1, Fedearroz 50 y Fedearroz 2000 fueron inoculadas en el campo utilizando parcelas de cuatro hileras por variedad y una colonia de 70% de virulencia. Todas las 7 variedades, incluyendo la variedad altamente resistente Fedearroz 2000, mostraron síntomas de la enfermedad. Fedearroz 2000 tuvo el porcentaje más bajo de plantas con síntomas y una reducida área foliar con síntomas de la enfermedad. Cuando los síntomas se desarrollaron, hasta en las variedades altamente resistentes (es decir, Fedearroz 2000), estos aparecieron como una franja blanca característica en las hojas o manchas blancas en toda la hoja parecidas a las variedades altamente susceptibles IR8 y Cica 8. Por el contrario, cuando los síntomas de la enfermedad se desarrollaron en las plantas transgénicas resistentes, a veces aparecían como manchas necróticas que se asemejaban a la reacción hipersensible. Muchas veces estos síntomas se observaban principalmente en las hojas donde originalmente se alimentaron los insectos, pero las hojas nuevas eran asintomáticas, lo que otorgaba un fenotipo de recuperación a la planta. Este tipo de fenotipo resistente indica que modo de acción de la resistencia mediada por VHB-N puede estar interfiriendo la replicación del virus o la movilidad de éste en toda la hoja una vez que se infectan las células de la planta.

Cuadro 2.36. Resistencia al VHB en Plantas Transgénicas T4 Inoculadas a los 14 y a los 28 Días de Edad

Línea	Edad al momento de la inoculación	Área foliar afectada (% de plantas)		
		0	>0-25	>25-100
A3-49-60-12-3-3	14	74	4	22
A3-49-60-4-5-8	14	54	0	46
Cica 8 (testigo)	14	22	9	70
A3-49-60-12-3-3	28	81	19	0
A3-49-60-4-5-8	28	71	12	16
Cica 8 (testigo)	28	33	0	66

Se evaluaron entre 22 y 24 plantas por línea por total de tres repeticiones.

Cuadro 2.37. Resistencia al VHB en Plantas Transgénicas T2 Inoculadas con Alta Presión a los 14 y a los 28 Días de Edad

Línea	Edad al Momento de la Inoculación	Área Foliar Afectada (% de Plantas)			
		0	>0-25	>25-50	>50
A3-49-60-10	14	47	0	0	53
A3-49-60-13	14	25	4	12	58
A3-49-60-19	14	53	12	18	18
A3-49-56-15	14	9	13	17	61
A3-49-60-12-3-1	14	7	0	0	93
A3-49-101-18-19-2	14	15	0	8	77
CICA 8	14	0	0	0	100
A3-49-60-13	28	44	26	17	13
A3-49-56-15	28	29	21	17	33
CICA 8	28	0	0	0	100

Se evaluaron entre 16 y 24 plantas por línea por total de dos repeticiones.

2.D.3. Arroz Transgénico que Contiene el Gen de la Proteína No Estructural 4 (NS₄) del VHB

L. Calvert (IP4), E. Tabares (SB2), G. Delgado (IP4), L. F. Fory (SB2, IP4), María Angélica Santana (SB2¹), Nilgun Tumer², Z. Lentini (SB2, IP4)

Estudios anteriores realizados por Lee Calvert y sus colegas del CIAT, en los que se empleó antisuero específico, indicaron que la proteína no estructural NS₄ se expresa en las plantas de arroz, pero no ni en las larvas ni en los adultos de la sogata (*Tagosodes orizicolus*). Estos resultados indican que aparentemente hay un mecanismo de control que permite la expresión de esta proteína en la planta pero no en la sogata, ya que el genoma completo del VHB puede ser aislado a partir de los insectos vectores del virus. Por el contrario, la proteína N se expresa tanto en la planta como en el insecto vector. Se infiere, a partir de la expresión diferencial de estas proteínas, que la NS₄ puede cumplir una función en el ciclo del virus que es necesaria en la planta pero no en el insecto. La expresión diferencial de la NS₄ en plantas e insectos y la semejanza de la secuencia de NS₄ con proteínas auxiliares (tipo *helper*) bien caracterizadas, descrita para otros virus transmitidos por insectos, sugieren que la NS₄ puede estar involucrada en la transmisión del VHB desde la planta al insecto, o en el movimiento del virus de una célula de la planta a la otra. La estrategia para la inhibición de la expresión de la proteína no estructural 4 en arroz transgénico consiste en determinar la función de la NS₄, y estudiar su potencial para establecer un método novedoso y diferente de producir plantas resistentes al virus.

¹ IDEA, Caracas, Venezuela.

² Centro de Biotecnología, Universidad de Rutgers.

El gen VHB NS₄ en la orientación tanto en sentido como en anti-sentido regulada por el promotor 35S CaMV fue colocado en el plásmido pCAMBIA 1301 que llevaba el intrón *gus* y el gen de resistencia a la higromicina (Cuadro 2.38). El gen NS₄ en ambas direcciones, dirigido por el promotor ubiquitina también fue clonado en vectores que llevaban el gen intrón higromicina-cat 1 del laboratorio Peter Waterhouse en CSIRO, Australia (Cuadro 2.38).

Se están utilizando como receptoras las variedades *indica* de arroz Cica 8 (testigo de la eficiencia de la transformación), Palmar y Cimarrón. Palmar (alta calidad de granos/molinería) y Cimarrón (variedad de alto rendimiento) son variedades comerciales de Venezuela altamente susceptibles al VHB. Parte del proyecto es financiado por el Centro Tecnológico Polar (Venezuela). Se produjeron un total de 24 plantas transgénicas que llevan la orientación en sentido de la NS₄, y 25 plantas que llevan la orientación en antisentido de la NS₄ dirigida por el promotor 35S CaMV, a partir de eventos independientes obtenidos por transformación con *Agrobacterium* utilizando la cepa Agl1. Se realizaron análisis de Southern utilizando las enzimas de restricción *Bam HI* o *Eco RI*, las cuales cortan el gen NS₄ completo en orientación tanto sentido como antisentido, o la enzima *Sal I*, la cual no corta el casete de genes dentro de los bordes derecho e izquierdo del T-DNA. Los resultados indican que un 100% de las plantas contienen una copia sencilla del gen sin re-arreglos (Figura 2.8). Se realizarán análisis de Northern y Western y en el siguiente ciclo se procederá a las evaluaciones de resistencia al VHB.

Cuadro 2.38. Descripción de Construcciones VHB-NS₄ Generadas en el CIAT

Nombre	Gen	Promotor	Vector/orientación	Otros genes
PIC001	NS ₄	35S CaMV	PC1300/sentido	hpt, Kan
PIC003	NS ₄	35S CaMV	PC1300/antisentido	hpt, Kan
PIC002	NS ₄	35S CaMV	PC1301/sentido	hpt, Kan, intrón-gus
PIC004	NS ₄	35S CaMV	PC1301/antisentido	hpt, Kan, intrón-gus
PIC005	NS ₄	Ubiquitina	NT168/sentido	--
PIC006	NS ₄	Ubiquitina	NT168/antisentido	--
PIC007	NS ₄	Ubiquitina	PWBVec8/sentido	intrón hpt-cat
PIC008	NS ₄	Ubiquitina	PWBVec8/antisentido	intrón hpt-cat
PIC009	NS ₄	35S CaMV	PWBVec8/sentido	intrón hpt-cat
PIC010	NS ₄	35S CaMV	PWBVec8/antisentido	intrón hpt-cat

2.D.4. Genes Foráneos como Nuevas Fuentes de Resistencia a Hongos

El complejo fúngico compuesto por *Rhizoctonia solani* (añublo de la vaina), *Helmithosporium*, *Rhynchosporium* y *Sarocladium* ya está causando pérdidas importantes del rendimiento del arroz en el Cono Sur de América y se han registrado afecciones importantes en Colombia, México y Venezuela. Todas las variedades de arroz son susceptibles y no hay fuentes conocidas de resistencia genética estable para estas enfermedades en el arroz. En el caso del añublo de la vaina, el IRRI había hecho un importante esfuerzo para desarrollar estrategias de control biológico de esta enfermedad, pero sin éxito. Actualmente, el control de este complejo depende principalmente del uso de fungicidas (Dr. Fernando Correa, Patólogo de Arroz, CIAT, Cali, Colombia, comunicación personal). Recientemente, el FLAR le sugirió al CIAT (Dr. Peter Jennings, comunicación personal) que desarrollara estrategias moleculares para incorporar la resistencia a este complejo de hongos. Sin embargo, muy poco se sabe acerca de la interacción entre el arroz y estos agentes patógenos con el fin de dirigir estrategias de resistencia específicas para cada uno de estos hongos. De los cuatro microorganismos, la interacción planta-agente patógeno con *Rhizoctonia solani* es la que mejor se conoce.

Trabajos realizados por otra investigadora principal de este proyecto (Dr. Nilgun Tumer, del Centro de Biotecnología de la Universidad de Rutgers, Estados Unidos) mostraron que la proteína antiviral PAP (29-kDa) aislada de *Phytolacca americana* (una maleza encontrada de forma natural desde Estados Unidos hasta Argentina), tiene una capacidad para desactivar los ribosomas. Versiones mutadas del gen PAP también poseen una fuerte actividad antifúngica (Zoubenko et al., 1997). La progenie homocigota de plantas transgénicas de tabaco que expresan estos genes PAP mostraron resistencia al hongo *Rhizoctonia solani*. Papa transgénica PAP mostró protección contra *Phytophthora infestans*, y pasto transgénico con PAP es resistente a diversos patógenos. Estos resultados indican la posibilidad de diseñar estrategias moleculares para incorporar la resistencia a enfermedades causadas por hongos mediante la introgresión de uno o de varias versiones del gen PAP en plantas de arroz transgénico. En este informe reportamos los avances logrados durante el primer año de este proyecto.

Resultados

2.D.5. Producción de Plantas de Arroz que llevan Diversas Versiones del Gen PAP

Las variedades de arroz tipo *indica* Cica 8 (testigo de la eficiencia de transformación), Palmar, Cimarrón y Fundarroz PN1 fueron utilizadas para la transformación genética. Palmar y Cimarrón muestran tolerancia alta y moderada al añublo de la vaina, mientras que Fundarroz PN1 y Cica 8 son altamente susceptibles al añublo de la vaina. La estrategia incluye evaluar el modo de acción de la PAP en genotipos altamente susceptibles, así como en aquellos tolerantes del añublo de la vaina, para determinar si PAP podría aumentar el nivel de protección. Este proyecto es patrocinado por el Centro Tecnológico Polar, Venezuela. Para generar nuevas mutaciones puntuales del gen PAP, se utilizó un kit de mutagénesis dirigida de cambio rápido fabricado por Stratagene. Las construcciones genéticas con las diversas versiones mutantes del gen PAP, fueron colocadas en vectores con el promotor 35S CaMV o el promotor ubiquitina de maíz, y utilizando la resistencia a la higromicina como gen de selección.

Se generaron 8 mutaciones nuevas de PAP dirigidas a cambiar la composición de aminoácidos en la proteína PAP (Cuadro 2.39). Estos nuevos genes mutados fueron colocados en vectores de levadura y la levadura fue transformada con ellos, para verificar que no son tóxicos. Los genes mutados no tóxicos en levadura están siendo transformados primero en tabaco para verificar su nivel de expresión génica y toxicidad en planta, antes de utilizarlos para la transformación del arroz.

Dos versiones mutadas del PAP (I y II), ya analizadas por su ausencia de toxicidad en pasto (otra especie monocotiledónea), están siendo utilizadas como primera alternativa para transformar arroz (Cuadro 2.40). Estos genes fueron clonados bajo el control del promotor ubiquitina, en los plásmidos pWBVec8, pWB10a y pBGXiHGFP gentilmente suministrados por el Dr. Peter Waterhouse (CSIRO, Australia). Estos plásmidos ya han sido usados exitosamente por Waterhouse para transformar arroz mediante *Agrobacterium*. Estos plásmidos contienen el gen *hpt* con un intrón *cat-1* como gen de selección para incrementar el nivel de expresión de la resistencia a la higromicina y de selección en el arroz, y un gen intrón *gus*, o un gen *gfp* (proteína fluorescente del pez verde), como genes marcadores para facilitar la identificación de las plantas transgénicas.

Hasta ahora, se han generado un total de 35 eventos transgénicos independientes que llevan el gen mutante PAP I, y 50 eventos transgénicos independientes que llevan el gen PAP II. Un primer lote de tejido vegetal fue enviado a la Universidad de Rutgers este verano para su análisis, y se identificaron plantas con expresión del gen PAP en base al análisis de Western (Figura 2.8). Plantas con expresión de PAP serán evaluadas por su resistencia al añublo de la vaina en condiciones de invernadero, en tanto que se están finalizando los análisis moleculares para determinar el número de copias de los genes y el modo de integración en el genoma del arroz.

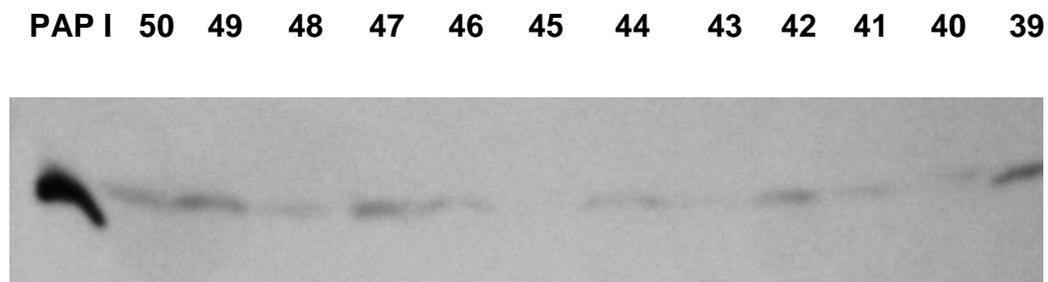
Cuadro 2.39. Nuevas Mutaciones Generadas en el Gen PAP

Nombre en el Vector de la Planta	Nombre en el Vector de la Levadura	Mutación	Cambio AA
NT296	NT299	PAPI suprim	I4M
NT298	NT300	PAPI suprim	T18M
NT317	NT311	PAPI suprim	I13M
NT319	NT312	PAPI suprim	V8M
NT	NT	PAPI suprim	Y16M
NT	NT	PAPI puntual	Y16A
NT	NT	PAPI puntual	Y16S
NT	NT	PAPI puntual	Y16Phe

Cuadro 2.40. Descripción de las Construcciones PAP para la Transformación de Arroz

Nombre	Gen	Promotor	Vector/Orientación	Otros Genes
NT178	PAPId	Ubiquitina	NT168	--
NT301	PAPId	Ubiquitina	NT294	GFP, intrón hpt-cat
NT303	PAPId	Ubiquitina	PWBVec10a	GUS, intrón hpt-cat
NT306	PAPId	Ubiquitina	PWBVec8	intrón hpt-cat
RT126	PAPII	Ubiquitina	NT168	---
NT302	PAPII	Ubiquitina	NT294	GFP, intrón hpt-cat
NT304	PAPII	Ubiquitina	PWBVec10a	GUS, intrón hpt-cat
NT305	PAPII	Ubiquitina	PWBVec8	intrón hpt-cat

Figura 2.8. Análisis de Western Blot de Palmar Transgénico que lleva el Gen PAPI. El Análisis muestra Plantas con Diferentes Niveles de Expresión del PAP



2.D.6. Actividades de Capacitación y Organización de Conferencias

A. Mora (IP4), G. Delgado (IP4), T. Agrono (IP4), C. Ordóñez (IP4),
E. Tabares (SB2), L. Fory (IP4, SB2), Z. Lentini (SB2, IP4)

2.D.6.1. Cursos Internacionales

- Curso avanzado sobre la aplicación integrada de fitomejoramiento y técnicas moleculares para el mejoramiento del arroz. Septiembre de 2000. CIAT, Cali, Colombia.
- Coordinación del Taller Internacional “Desarrollo de arroz resistente a insectos y a hongos: Introgresión de resistencia genética a plagas y enfermedades que dependen del control químico”. 23-28 de abril. Porto Alegre, Brasil.

2.D.6.2. Curso Nacionales

- Coordinación del Taller sobre Bioseguridad en la Agricultura para el Comité Nacional de Bioseguridad de Colombia. 13-15 de abril de 2000. CIAT, Cali, Colombia.

2.D.6.3. Capacitación Internacional en el CIAT

- Ing. José Antonio García, Universidad de Costa Rica.
- Ing. Mervin Vargas, Oficina de Semillas, Costa Rica.
- Dr. Miguel Muñoz Fonseca, Universidad de Costa Rica.
- Luis Orlando Duque, Terminación Tesis de Ingeniería Agronómica, 2000. Universidad Nacional-Palmira. Mención sobresaliente.

Publicaciones

Capítulos en Libros

- Lentini, Z. 2000. Biotecnología en el fitomejoramiento del maíz. 207-243. *En*: H. Fontana y C. González (eds.). Maíz en Venezuela. Fundación Polar. Caracas, Venezuela. 529 p.

En Revistas Referenciadas

- Lentini, Z.; Lozano, I.; Tabares, E.; Fory, L.; Domínguez, J.; Cuervo, M.; Calvert, L. 2000. Expression and inheritance of hypersensitive resistance to rice hoja blanca virus mediated by the viral nucleocapsid protein gene in transgenic rice. *Theoretical and Applied Genetics* (presentado en junio 2000, aceptado con revisión en septiembre 2000).

En Publicaciones no Referenciadas

- Engineering the harvest. Biotech could help fight hunger in the world's poorest nations, but will it? Informe noticioso por Laura Tangley publicado en U.S. News & World Report. 13 marzo de 2000. Informe sobre el trabajo realizado por el CIAT en arroz transgénico.
- Information Systems for Biotechnology (ISB). Informe noticioso por Timothy Pratt. mayo del 2000. Consejo Colombiano de Bioseguridad se capacita. Informe sobre taller ofrecido al Comité Nacional de Bioseguridad de Colombia.

Presentaciones en Talleres, Conferencias, Reuniones y Carteleras

- 25 de abril de 2000. Biotecnología aplicada al desarrollo de germoplasma de arroz. XI Fenarroz (Feria Nacional de Arroz y Muestra Comercial e Industrial). Conferencista invitado.
- 25 de abril de 2000. Cultivos transgénicos: Bioseguridad ambiental y alimentaria. XI Fenarroz (Feria Nacional de Arroz y Muestra Comercial e Industrial). Conferencista invitado.
- 26 de abril de 2000. Biotechnology for broadening the genetic base of rice in Latin America. Workshop on Development of Insect and Fungal Resistant Rice: Introgression of genetic resistance to pests and diseases dependent on chemical control. 23-28 de abril. Porto Alegre, Brasil.

- 1 de septiembre de 2000. Foro sobre “Plantas transgénicas, una alternativa para el manejo de agentes patógenos vegetales: Riesgos y beneficios”. XXI Congreso de ASCOLFI. 20 de agosto - 1 de septiembre de 2000. CIAT, Cali, Colombia.
- 21 de septiembre de 2000. Los usos industriales de las plantas transgénicas: Actualidad y perspectivas. Foro sobre Bioseguridad Alimentaria y Desarrollo de la Biotecnología: Riesgos y oportunidades. ILSI-Nor Andino. Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- 16 de octubre de 2000. From germplasm banks to farmer’s fields: Role of CIAT biotechnology in research and training in Latin America. Conferencista invitado por Pioneer Hi-Bred Seeds. Johnston, Iowa, Estados Unidos.

RESULTADO 2. CARACTERIZACIÓN DE LAS PLAGAS DEL ARROZ Y LA GENÉTICA DE LA RESISTENCIA

2.E. Caracterización del Entorchamiento: Un Complejo de *Polymyxa graminis* y el Virus del Rayado Necrótico del Arroz

L. Reyes, G. Prado, R. Sedano, F. Correa, F. Morales y L. Calvert

2.E.1. Introducción

Este año la investigación prioritaria para la enfermedad del entorchamiento, causada por el virus del rayado necrótico del arroz (VRNA) y el vector *Polymyxa graminis*, ha sido el desarrollo de una metodología de selección que arroja resultados uniformes y puede evaluar un número suficiente de líneas que pueden ser incorporadas en un programa de mejoramiento. Además, se ha continúa haciendo seguimiento de la diseminación de la enfermedad en Colombia así como en otros países. Para minimizar la diseminación de la enfermedad, existe una alta demanda de un tratamiento de semillas. Se informa sobre los avances de varios trabajos preliminares sobre el control químico del hongo vector.

2.E.2. Desarrollo de Metodologías para Seleccionar Arroz respecto a su Resistencia al Entorchamiento

La enfermedad del entorchamiento es causada por un complejo del virus del rayado necrótico del arroz (VRNA) y su vector *Polymyxa graminis*. Este año, la investigación prioritaria ha sido el desarrollo de una metodología de selección que arroja resultados uniformes y puede evaluar líneas eficientemente.

Un método anterior empleaba arena para cultivar las plantas y dependía de la inoculación con raíces pulverizadas infectadas con *P. graminis*. Los niveles de agua se aumentaban y disminuían a intervalos regulares. Las plantas tendieron a padecer la enfermedad en condiciones de estrés en un sistema hidropónico y los niveles de incidencia de VRNA fueron, por lo general, del 50% al 70%. Otro método dependía del uso de suelos contaminados. Este método fue casi siempre superior al método hidropónico pero los resultados no fueron uniformes. El desarrollo de síntomas se demoraba hasta dos meses con cualquiera de los dos métodos.

La actual metodología es una combinación de los métodos anteriores y fue desarrollado mediante comparaciones y análisis estadístico de los resultados. El primer cambio significativo es que el arroz se siembra en bandejas pequeñas empleando suelos contaminados. El suelo se mantiene húmedo y permite la exposición de las raíces en germinación a las zoosporas del hongo. Doce días después de la siembra, el arroz se trasplanta a macetas (10 plantas/maceta) que contienen una mezcla de suelo contaminado (50%) y arena (50%). El trasplante produce lesiones pequeñas en las raíces que facilitan la entrada de las zoosporas. El suelo contaminado luego es inoculado con raíces pulverizadas que contienen cistosoros del vector. Las macetas se

mantienen en una bandeja más grande de plexiglás y las plantas infectadas se cultivan con plantas testigo para mantener una fuente activa de zoosporas. Los resultados se leen a los 30-40 días después de la siembra o a los 25 días después del trasplante del arroz.

Los resultados obtenidos indicaron que el método que empleaba suelos contaminados es superior a aquel que emplea arena o suelo esterilizado (Cuadro 2.42). El método fue superior en cuanto a porcentaje de incidencia y tiempo necesario para la máxima expresión de la enfermedad. También hubo menos variación entre las repeticiones cuando se empleaba la nueva metodología.

Cuadro 2.42. Comparación de Dos Métodos para Evaluar el Germoplasma de Arroz respecto a la Resistencia al Entorchamiento

Variedad	Suelos estériles inoculados con raíces pulverizadas que contenían <i>P. graminis</i> /VRNA*	Días a máxima incidencia	Suelos contaminados inoculados con raíces pulverizadas que contenían <i>P. graminis</i> /VRNA*	Días a máxima incidencia	Prueba T de Student
Oryzica Llanos 5	66 +/- 22	52	95 +/- 5	31	p < 0.001
Oryzica 3	74 +/- 18	52	91 +/- 8	29	p < 0.01
Fedearroz 2000	70 +/- 25	60	75 +/- 11	39	p < 0.45

* Entorchamiento + % +/- error estándar.

2.E.2.1. Selección de Germoplasma en Condiciones de Campo

En este momento no hay ningún método de inoculación mecánica eficaz para el entorchamiento. En consecuencia, se seleccionó un campo que había sido severamente afectado por entorchamiento (incidencia superior a 90%) durante el cultivo anterior de arroz para hacer una evaluación de campo de 233 líneas de arroz. Los materiales incluían variedades comerciales, líneas promisorias de arroz y la colección de VIOFLAR. El campo fue preparado utilizando las prácticas de cultivo que son propicias para el desarrollo del entorchamiento. Las líneas de arroz se cultivaron en hileras y hubo tres repeticiones de cada línea. Las líneas de arroz se sembraron en un diseño de bloques al azar. La evaluación consistió en el conteo de todas las plantas en la hilera y del número de plantas que presentaban síntomas de entorchamiento. El campo se evaluó aproximadamente 40 días después de la siembra.

La incidencia de la enfermedad fue, en general, muy baja. Sólo 10 líneas tenían más del 20% de las plantas infectadas. Las tres variedades más infectadas fueron Oryzica Llanos 5, con una incidencia del 46.3%; FONIAP 1, con una incidencia del 27.9%; y Oryzica 3, con una incidencia del 23.9%. Aunque se necesita de análisis ulterior, los resultados de campo son sólo parcialmente compatibles con la evaluación en condiciones de invernadero. Por ejemplo, Fedearroz 50 tuvo una incidencia del 10% en

el campo y de 75% en el invernadero. FONIAP 2000 tuvo una incidencia de entorchamiento de sólo 17% en el campo pero una incidencia del 70% en condiciones de invernadero.

Dado que el entorchamiento es un complejo de *P. graminis* y de VRNA, puede ser difícil desarrollar una técnica de selección de campo que sea confiable. Este experimento demuestra claramente que el nivel de incidencia del entorchamiento es muy variable en cada ciclo de cultivo del arroz. Para hacer una selección eficaz, es esencial que exista suficiente presión de la enfermedad. El reto será crear tanques o parcelas de campo en los cuales pueda mantenerse una alta presión de la enfermedad durante muchos ciclos de cultivo del arroz.

2.E.2.2. Selección de Germoplasma respecto a su Resistencia al VRNA

Después de desarrollar una metodología de selección por resistencia, se evaluó una muestra más grande de líneas de arroz con tres o cuatro repeticiones, cada una con 10 plantas (Cuadro 2.43). Estos materiales incluían 13 variedades comerciales, 55 líneas de arroz de las cuales 48 forman parte del banco de germoplasma VIOFLAR, y una fuente de *Oryza glaberrima*. Los testigos susceptibles fueron Oryzica Llanos 5, con una incidencia promedio de 88% y Oryzica 3, con un promedio de plantas infectadas de 86% en 11 repeticiones. La variedad Colombia 1, que se reportada como resistente, presentó una incidencia del 34%. Las variedades Fedearroz 50 y Fedearroz 2000 fueron muy susceptibles al VRNA. Cerca del 50% de las variedades presentaron una incidencia igual o mayor que Colombia 1, con el 18% de las líneas con una infección de menos del 20%. Los únicos materiales que son aparentemente inmunes al VRNA fueron, como se registró anteriormente, los de *O. glaberrima*. Las variedades Colombia XXI y Coprosem 1, liberadas recientemente, han presentado diferentes niveles de resistencia/susceptibilidad en diferentes ensayos que incluyen diferentes fuentes de inóculo. Estos resultados podrían indicar la existencia de razas en el complejo de patógenos, que merece ser estudiada en un futuro cercano para determinar la reacción real de estos cultivares frente a la enfermedad.

La mayoría de los cultivares comerciales colombianos de arroz presentan diferentes niveles de susceptibilidad al virus en condiciones de campo, pero dichos niveles no han sido bien caracterizados en condiciones controladas. Este año, con el fin de identificar fuentes de resistencia al entorchamiento, se seleccionaron 202 líneas de arroz en un experimento separado, las cuales incluyeron líneas avanzadas del programa de mejoramiento, cultivares comerciales colombianos y especies silvestres de arroz (Cuadro 2.44). El inóculo se basó en suelo infestado recolectado de campos de agricultores durante la aparición epidémica de la enfermedad en 1999. Se observaron todos los síntomas característicos del entorchamiento, incluyendo amarillamiento o clorosis, atrofiamiento del crecimiento, entorchamiento y muerte de las plantas (Cuadro 2.44). No se identificó ninguna fuente de resistencia entre las líneas avanzadas y los cultivares comerciales colombianos.

Las líneas de arroz utilizadas en este estudio no se sometieron a mejoramiento o selección debido a su reacción al VRNA. En consecuencia, el número de líneas de arroz con un grado de resistencia al VRNA implica que este tipo de selección puede formar parte de un programa de fitomejoramiento de arroz, sin convertirse un cuello de botella importante para el germoplasma. Si algunas de las líneas más resistentes se emplean como progenitores, la progenie, con mayor razón, debe ser resistente al entorchamiento.

Cuadro 2.43. Distribución del Porcentaje de Plantas Infestadas de VRNA en 69 Líneas de Arroz

Líneas de Arroz	Incidencia de Plantas Enfermas (%)					Total
	0-20	21-40	41-60	61-80	81-100	
No. evaluadas	12	24	9	20	4	69
% que muestra resistencia	17.4	34.8	13.0	29.0	5.8	100

Cuadro 2.44. Intervalo de Ucidencia (%) de Síntomas del Virus del Rayado Necrótico del Arroz (Entorchamiento) en las Evaluaciones de 202 Líneas de Arroz en Condiciones de Invernadero

Líneas de arroz ¹	Líneas (No.)	Atrofiamiento del crecimiento (%)	Entorchamiento (%)	Plantas muertas (%)
Líneas avanzadas	178	45-100	5-83	0-81
Cultivares comerciales colombianos	13	53-93	18-58	0-50
Accesiones de especies silvestres (3)	11	0-51	0-3	0-30

¹ Un máximo de 50 plantas evaluadas por hilera, en 10 repeticiones.

2.E.3. Evaluación de Especies Silvestres respecto a su Resistencia al Entorchamiento

Solamente se identificó un alto nivel de resistencia al entorchamiento entre las especies silvestres de arroz, donde 11 accesiones de *O. glaberrima* fueron inmunes al virus (Cuadro 2.45). Estas líneas no presentaron ninguno de los síntomas característicos del entorchamiento. *Oryza barthii* y *Oryza rufipogum* fueron más resistentes que las líneas avanzadas o los cultivares comerciales; sin embargo, solamente se evaluó una accesión de cada especie (Cuadro 2.45). *Oryza rufipogum* presentó niveles altos de atrofiamiento del crecimiento. Algunas líneas avanzadas del IRAT mostraron también

buenos niveles de resistencia y están siendo seleccionadas nuevamente para confirmar su reacción. Las poblaciones interespecíficas desarrolladas entre *O. glaberrima* y *O. sativa* mediante retrocruzamiento serán evaluadas utilizando esta metodología de invernadero para identificar fuentes de resistencia. Estas poblaciones también serán empleadas para identificar marcadores moleculares asociados con la resistencia al virus.

Cuadro 2.45. Incidencia (%) del Virus del Rayado Necrótico del Arroz (Entorchamiento) en la Evaluación de Especies Silvestres de Arroz en el Invernadero

Especies silvestres	Plantas (No.)	Atrofiamiento del crecimiento (%)	Entorchamiento (%)	Plantas muertas (%)
<i>Oryza rufipogon</i>	33	52	3	30
<i>Oryza barthii</i>	42	0	2	2
<i>Oryza glaberrima</i>				
Accesión 1	52	0	0	0
5486 TOG 8/98	48	0	0	0
CG-20 8/98	49	0	0	0
6405 TOG 8/98	47	0	0	0
CG-14 8/98	49	0	0	0
IG-14 8/98	46	0	0	0
5810 TIG 8/98	50	0	0	0
5980 TOG 9/98	43	0	0	0
6331 TOG 9/98	51	0	0	0

2.E.4. Control Químico del Entorchamiento

Dados los altos niveles de entorchamiento observados en muchas plantaciones comerciales de arroz en diferentes zonas de Colombia, los cultivadores de arroz están empleando diferentes productos químicos, incluyendo fungicidas y insecticidas, para controlar la enfermedad. Sin embargo, no se ha demostrado la eficiencia de muchos de estos productos químicos en el control del entorchamiento. Un nuevo fungicida sistémico desarrollado en Japón contra diversos patógenos del suelo fue evaluado para el control del entorchamiento en condiciones de invernadero. Este fungicida también se conoce como promotor del desarrollo de las plantas y del crecimiento de raíces, y se recomienda para el tratamiento del suelo y de la semilla. Semillas sanas de arroz cultivar *Oryzica 3* (susceptible) se sembraron en suelo infectado en diferentes tratamientos de la semilla y del suelo con este fungicida (Cuadro 2.46). Los

tratamientos más eficaces para controlar el entorchamiento fueron las dosis 1X y 5X del fungicida como tratamiento del suelo (Cuadro 2.46). El tratamiento del suelo 10X presentó bajos niveles de entorchamiento y de atrofiamiento del crecimiento; sin embargo, el nivel o la incidencia de los síntomas de amarillamiento fue mayor con esta dosis que con las dos dosis reducidas. En estudios adicionales se determinará si el amarillamiento observado en estos tratamientos es un síntoma de la enfermedad o un efecto fitotóxico parcial del fungicida. El tratamiento de la semilla, al menos en las dosis utilizadas, no fue eficaz para controlar la enfermedad. Se están realizando experimentos adicionales tanto en el invernadero como en el campo para corroborar los resultados obtenidos antes de hacer una recomendación del producto.

Cuadro 2.46. Tratamiento de la Semilla y del Suelo con Fungicida para el Control de *Polymyxa graminis*, Vector del Virus del Rayado Necrótico del Arroz (Entorchamiento)

Tratamiento ¹	Plantas (No.) ²	Plantas sanas (%)	Atrofiamiento (%)	Entorchamiento (%)	Plantas muertas (%)
T1 Tratamiento de la semilla 1X	107	18	38	57	23
T2 Tratamiento de la semilla 5X	106	8	55	65	15
T3 Tratamiento de la semilla 10X	109	11	46	52	11
T4 Tratamiento del suelo 1X	118	77	9	11	3
T5 Tratamiento del suelo 5X	122	78	7	7	0
T6 Tratamiento del suelo 10X	111	59	8	6	0
T7 Tratamiento de la semilla 5X + tratamiento del suelo 5X	116	72	6	6	0
T8 Sin tratamiento	107	9	38	53	10

¹ Cada tratamiento constó de 10 repeticiones.

² Tratamientos con fungicida: 1X, 5X y 10X del ingrediente activo bajo experimentación. En todas las pruebas se utilizó Oryzica 3.

2.E.5. Seguimiento del Rango y de la Incidencia del Virus del Rayado Necrótico del Arroz

El alcance de la enfermedad del entorchamiento del arroz se está ampliando rápidamente. Ahora se encuentra en Panamá y Costa Rica. El vector del virus es *Polymyxa graminis* y los esporangios se transmiten por medio de la testa. Las nuevas variedades que han tenido éxito, como Fedearroz 50, están siendo importadas a otros países y esto generado un aumento rápido del alcance del virus del rayado necrótico del arroz (VRNA).

En Colombia, la enfermedad se demoró entre 7 y 10 años para diseminarse. Ahora se encuentra en todas las principales regiones productoras de arroz y debe considerarse endémica. Si Colombia quiere mantener un negocio de exportación de semillas, es necesario una certificación que los campos están libres de entorchamiento.

Durante el primer semestre del año 2000, se registró por primera vez el virus del rayado necrótico “entorchamiento” en la zona arroceras del Caribe Seco, en los municipios de Pivijay (departamento del Magdalena) y Valledupar (departamento del Cesar). El VRNA fue observado en diferentes variedades comerciales y líneas de arroz que presentan reacciones susceptibles (Fedearroz 50, Oryzica 1, CNAX5013-13-2-2-4-M, CT11275-3-F4-8P-2, CT11408-6-F4-1P-3, CT11275-4-M-1-M, CT11408-6-F4-14P-2, LV223-1-1-3-8-3-M, FSR456-M-1-2-2).

El último año, en el Valle de Cauca, hubo una alta incidencia de entorchamiento; sin embargo, las fincas a las cuales se les está haciendo seguimiento han presentan una incidencia mucho menos este año. Los cultivadores de arroz han hecho modificaciones en la forma de preparar el suelo y esto parece haber reducido los brotes de entorchamiento.

2.E.6. Caracterización Molecular del VRNA

El VRNA pertenece al grupo de Benyvirus. El miembro distintivo de este grupo es el virus de la vena amarilla necrótica de la remolacha (BNYVV, su acrónimo en inglés). Otro miembro de este grupo es el virus del mosaico de la remolacha transmitido por el suelo (BSBMV, su acrónimo en inglés). Se ordenó la secuencia de un clon de ADNc de 2100 pares de bases que representa el ARN 1 del VRNA y se comparó con estos benyvirus respecto a homología de ácidos nucleicos y de aminoácidos. El grado de homología varió enormemente; la región cerca del extremo 5' del clon de VRNA presentó el grado más bajo de homología y el extremo 3' presentó el grado más alto de homología. Los resultados de la comparación se presentan en el Cuadro 2.47. La región completa para la cual hay datos de la secuencia presenta una homología bastante baja respecto a BNYVV y BSBMV, a excepción de las últimas 500 bases. Esta es una región que se conserva mucho mejor entre los tres virus. BNYVV y BSBMV están más estrechamente relacionados entre sí que con el VRNA. Estos resultados confirman la relación del VRNA como un miembro de los benyvirus, pero está

solamente relacionado distantemente con otros virus conocidos del grupo.

Cuadro 2.47. Homología de Aminoácidos de una Porción del ARN 1 de Tres Miembros del Grupo Benyvirus

Virus	BNYVV Región de la base 2100	BSBMV Región de la base 2100	BNBVV Región de la base 500	BSBMV Región de la base 500
ARN VRNA	40.3% ¹	40.2%		
AA VRNA			76.4%	77.7%
ARN BNYVV		73.1%		
AA BNYVV				92.3%

¹ Porcentaje de identidad de los ácidos nucleicos o los aminoácidos.

2.E.7. Capacitación

Se han celebrado diferentes reuniones, cursos y otros eventos de capacitación en MIP, particularmente respecto a *Tagosodes orizicolus* y el virus hoja blanca, con la participación de los agricultores y de los agrónomos.

2.E.7.1. Conferencias

Fecha	Localidad	Conferencista	Tema
Noviembre 1999	Cúcuta	L. Reyes	VHBA- <i>Tagosodes orizicolus</i> y VRNA
Diciembre 1999	Ginebra	L. Reyes	VHBA- <i>Tagosodes orizicolus</i> y VRNA
Febrero 2000	Jamundí	L. Reyes	VHBA- <i>Tagosodes orizicolus</i> y VRNA
Marzo 2000	Ibagué	M. Triana	<i>Tagosodes orizicolus</i> /VHBA
Mayo 2000	CIAT	M. Triana	VHBA
Septiembre 2000	CIAT	M. Triana	<i>Tagosodes orizicolus</i> /VHBA
Septiembre 2000	CIAT ¹	M. Triana	Fitomejoramiento por resistencia a insectos y evaluación del VHBA
Septiembre 2000	CIAT ¹	L. Reyes	Manejo integrado de <i>Tagosodes orizicolus</i> y selección de líneas avanzadas por resistencia a VHBA
Septiembre 2000	CIAT ¹	R. Meneses	MIP

1. Curso sobre Aplicación de Métodos Convencionales y Moleculares en el Mejoramiento del Arroz, celebrado en CIAT, del 24 de septiembre al 6 de octubre del 2000.

RESULTADO 3. FORTALECIMIENTO DE LAS CAPACIDADES REGIONALES DE INVESTIGACIÓN EN ARROZ Y ASIGNACIÓN DE PRIORIDADES A LAS NECESIDADES CON ÉNFASIS EN LOS PEQUEÑOS AGRICULTORES

3.A. FLAR y Economía de los Sistemas de Producción de Arroz

3.A.1 Administración del FLAR

Luis R. Sanint, Director Administrativo FLAR y Economista de Proyecto de Arroz, CIAT
Marco A. Oliveira, Sub Director Administrativo de FLAR para la Zona Templada.

3.A.1.1 Organizar y Dirigir Reuniones de los Comités Técnicos y Administrativos

Hitos:

Una reunión anual del Comité Administrativo: Oct. 1999 (Montevideo). Nov. 2000, CIAT.

Dos reuniones del Comité Técnico.

- Región tropical: Santa Rosa (Colombia), Agosto 2000.
- Región templada: Cachoeirinha (Brasil), Junio 2000.

Comité Administrativo. La octava reunión tuvo sus deliberaciones en Montevideo, Uruguay, durante el mes de Octubre, 1999. Este año tendrá lugar en CIAT, Nov. 30 a Dic. 1, 2000.

Comités Técnicos

EL FLAR separó sus reuniones técnicas en dos Subcomités, uno para cada una de las principales ecoregiones: tropical y templada.

La reunión de la región templada tuvo lugar en la Estación Experimental de Cahoeirinha, en Brasil, durante Junio 22-23. El comité propuso un nuevo flujo de germoplasma. Su desarrollo para la región templada tiene que enfatizar tolerancia al frío. Los progenitores de Uruguay, Chile, Río Grande do Sul y EUA se van a caracterizar en CIAT bajo condiciones controladas en una nevera especial. Los cruces triples se harán en Colombia y el material se procesará por cultivo de anteras, donde se evaluará para pyricularia y calidad. Las líneas R₃ se evaluarán en Uruguay (unas 10.000 líneas). Las R₄ resultantes conformarán el VIOFLAR que se distribuirá a todos los miembros.

El comité tropical se reunió en la Estación de Santa Rosa en Colombia en Agosto 25. Todo los países miembros de la región tropical estuvieron presentes. IRRI y CIRAD no participaron. El grupo enfatizó la necesidad de revisar la estrategia para la resistencia a pyricularia. También fue mandato el enfatizar otras enfermedades. El FLAR debe mantenerse atento a los desarrollos en arroz híbrido.

3.A.1.2. Búsqueda de Nuevos Miembros y Expansión de Participación en Países Miembros.

Durante el 2000, el FLAR mantuvo contacto con arroceros claves en países no miembros como Perú, Ecuador, México y República Dominicana. Las conversaciones están muy avanzadas en Perú y Ecuador, pero su vinculación puede tomar al menos otro año más pues la organización interna es todavía débil.

3.A.1.3. Asegurar Flujo Adecuado de Fondos y Nivel de Reservas

El FLAR presentó un nivel de reservas a finales de 1999, de \$70.000, \$35.000 más que el año anterior. Para fines del 2000, las reservas deben terminar en US\$100.000. Tanto IRRI como Argentina han expresado su preocupación sobre su participación en el FLAR el próximo año. En conjunto, ellos contribuyeron US\$100.000 en 2000.

3.A.1.4. Manejo de Personal, Supervisión, Reclutamiento

Retiros

Dr. Takazi Ishiy, mejorador principal para el Cono Sur, se retiró el 31 de Agosto, 2000, pues el contrato entre EPAGRI e IRGA se canceló debido a disputas internas.

Liz D. Arango, secretaria del FLAR, se retiró en Octubre después de cinco años de servicio.

Llegadas

Dr. Carlos Bruzzone, antiguo mejorador del Proyecto de Arroz del CIAT, es ahora mejorador de medio tiempo del FLAR.

Maribel Cruz, asistente de investigación, trabajará en la caracterización del banco de germoplasma y en la identificación de progenitores promisorios para tolerancia al frío.

3.A.2. Mejoramiento en el FLAR

3.A.2.1. Planeación, Organización, Mejoramiento Directo y Actividades de Selección

Luis E. Berrío, Asociado de Fitomejoramiento, FLAR
Peter Jennings, Mejorador Principal, FLAR (consultor)
Carlos Bruzzone, Mejorador, Región Tropical, FLAR (consultor)
Takazi Ishiy, Mejorador, Región Templada, FLAR
Marco A. Oliveira, Director Adjunto Administración FLAR, Cono Sur.
Colaboradores: doce países miembros del FLAR, CIAT, IRRI y CIRAD.

INGER-LAC

El acceso a líneas elite es fundamental en cualquier programa de investigación. Desde su creación, los socios de FLAR dieron prioridad suprema a la continuidad de INGER-LAC cuando, debido a reducción de fondos públicos y a marcados cambios en las prioridades de los donantes, la red se quedó sin patrocinio en esta parte del mundo. En respuesta a esta situación, el FLAR decidió financiar las actividades de la red para Latinoamérica y el Caribe (LAC). Tenemos dos clases de viveros para los intercambios: (i) unos se forman con materiales públicos, denominados VIOAL, y (ii) otros se configuran con materiales propios, cuyo uso está restringido a los socios, denominados VIOFLAR. El VIOAL depende hoy en día básicamente del germoplasma proveniente del INGER-Global (desde el IRRI), de los Programas Nacionales y de las líneas que desarrolla el Proyecto de Arroz del CIAT (a través de germoplasma silvestre, incorporación de características del nuevo tipo de planta y el desarrollo de poblaciones mediante selección recurrente). En el VIOFLAR hay materiales avanzados de los socios que son cedidos para investigación, otros materiales que obtenemos a través de contactos directos con múltiples instituciones arroceras del mundo entero, además de las líneas que se generan por actividades propias de mejoramiento.

El VIOAL 1999, despachado a países de la región, estuvo conformado por un total de 130 líneas, de las cuales 62 (47.7%) son de programas Nacionales de la región, 48 (36.9 %) provienen de los Viveros del INGER-Global y las 20 líneas restantes (15.4%) fueron desarrolladas por el CIAT. En el Cuadro 3.1 se indica el número de juegos despachados y los datos recibidos, así como el porcentaje de selección de líneas en las localidades que lo indicaron. Como se puede observar, sólo se reportó información en un 39% de los juegos. De allí se extrajeron resultados de un total de 77 líneas (59.2%) seleccionadas para los ensayos de rendimiento durante el año 2000. En 4 de las 5 localidades que reportaron selección sobresalen por su buen comportamiento las líneas: RCN-B-94-19 y RCN-B-93-83 del programa nacional de Surinam, CT13503-M-13-1-M-5-3P, CT9509-17-3-1-1-M-1-3P-1 (línea mas utilizada como progenitor en los cruces tropicales) y la línea CT10310-15-3-2P-4-3 (liberada este año como Fundarroz-PN1 en Venezuela).

El VIOAL-S. Ácido, 1999, se conformó con 28 líneas provenientes del Proyecto de Arroz del CIAT (8 líneas), de CNPAF/EMBRAPA (5 líneas) y de CIRAD-Francia (3 líneas y 12 poblaciones de selección recurrente). Como se puede observar, pese a que se despachó a 5 países, sólo Argentina reportó resultados de la localidad de INTA-Aguilares, donde seleccionaron 6 líneas para ensayos posteriores.

El VIOAL 2000 fue conformado con un total de 64 líneas originadas así: 40 líneas provienen de los Viveros INGER-Global 1999, 3 líneas suministradas por USA, 4 por Ecuador, 6 por Perú y 11 líneas desarrolladas por el CIAT (cruces interespecíficos). Se observa una disminución drástica del material suministrado por los programas nacionales a la red. En el Cuadro 3.2 se indica el número de juegos del VIOAL despachados este año previa solicitud de varios países de la región.

El VIOAL 2001. Para conformar este vivero disponemos de 151 líneas suministradas por el programa nacional de Tailandia (Dr. S. Sarkarung, del IRRI), 11 de Perú y las líneas que suministre el Proyecto de Arroz y el CIRAD (Drs. Martínez, Lentini, Valés y Châtel).

Este año, no fue posible introducir a Colombia los ya muy bien conocidos por todos (e introducidos por más de 20 años) como Viveros INGER-Global que se distribuyen desde el IRRI, por exigencias cuarentenarias de Sanidad Vegetal del ICA, a las cuales no pudo responder el gobierno de Filipinas/IRRI. No obstante este gran inconveniente, se optó por una solución alternativa que consistió en traer ese material a través de FUNDARROZ-Venezuela y pudimos introducir 4 tipos de viveros conformados con unas 380 líneas avanzadas. Estos viveros están sembrados desde el mes de junio en Barinas (enfermedades) y en Portuguesa, para su caracterización. Se espera entonces realizar la selección y cosecha de los materiales más promisorios a finales del próximo mes de octubre y así traer semilla de Venezuela para completar su caracterización en Colombia y luego incluir en el VIOAL y/o utilizar como progenitores.

Intercambios con Otras Fuentes

Con el fin de responder a las necesidades de los socios de la zona templada, se ha incrementado el intercambio de líneas con resistencia a frío y de materiales con alta calidad de grano. Este año, se recibieron materiales, así:

Uruguay = 29 materiales (incluye 6 variedades).

IRGA = 24 materiales (incluye 13 variedades)

Chile = 30 materiales

USA = 17 materiales (3 variedades, 3 líneas de Argentina y 11 líneas CT).

Además, se despacharon viveros VIOFLAR a todos los socios, los cuales fueron sembrados en un gran número de localidades. Los detalles de estos viveros aparecen en el recuento de las actividades de mejoramiento de FLAR.

Mejoramiento Varietal del FLAR

Santa Rosa: El FLAR continúa utilizando la Estación Experimental de Santa Rosa, en Villavicencio, Colombia, como sitio principal para mejoramiento bajo condiciones de secano favorecido. La alta incidencia natural de pyricularia asegura una apropiada selección y caracterización a dicha enfermedad del material genético local e introducido. Para asegurar una presión uniforme de pyricularia, se siembran surcos esparcidores de cultivares comerciales susceptibles, 20-25 días antes de sembrar el material experimental, en forma perpendicular a dicho material. Las líneas de mejoramiento se mezclan con un cultivar muy susceptible denominado "Fanny".

Esta última labor no se realizó este año, ya que diferentes fuentes de este material estuvieron en proceso de verificación por su reacción a los 6 linajes establecidos hasta ahora en Santa Rosa por parte del equipo de Patología de arroz. De acuerdo a los resultados y a sugerencia de este equipo, hemos comenzado en este semestre la multiplicación de semilla fuente de Fanny, procedente del IRRI, para tener semilla disponible para las siembras del año entrante en Santa Rosa. No obstante que no se intercaló Fanny con los materiales, se logró una excelente presión de pyricularia en hoja en los materiales sembrados por el FLAR en este año (Cuadros 3.3 y 3.4).

En el año 2000, el FLAR sembró un total de 5,991 líneas en Santa Rosa, representadas en 784 cruces diferentes. Este material incluye Progenitores (BCF), VIOFLAR, 2000-Trópico, Líneas F₄, poblaciones F₂ y líneas derivadas del cultivo de anteras (Cuadro 3.3).

La F₃ resultante de la selección sobre las poblaciones F₂-tropical, pasan primero a evaluaciones en Palmira de Hoja Blanca (HB), Centro Blanco (CB) y Temperatura de gelatinización (TG). La líneas F₃ seleccionadas son multiplicadas en Palmira de Octubre a febrero (para obtener la F₄) y sembradas en Montería (noviembre-febrero) para evaluaciones de principalmente de macollamiento (vigor), tallos (vuelco) y Centro Blanco.

La F₃ resultante de la selección sobre las poblaciones F₂-Templado serán evaluadas en Palmira a CB, TG, Longitud de grano y por su contenido de amilosa. El resto de la semilla será despachada al IRGA en Brasil, junto con la semilla R₃ (CA) que resulte seleccionada. También se despachará semilla de toda la F₂-Templado (586 poblaciones) y 100 líneas R₂ cosechadas en los meses de junio y julio de este año en Palmira. Todos estos materiales estarían disponibles para su selección por parte de los países socios del cono sur en marzo del próximo año en Cachoerinha -IRGA, Brasil

La F₅ masal resultante de la selección sobre la F₄-tropical, será evaluada de nuevo a CB, TG (semilla de Santa Rosa), HB, Tagosodes, y a molinería (incluyendo evaluaciones de simulación de retraso en la cosecha) con semilla producida en Palmira. Las mejores líneas resultantes de estas evaluaciones serán incluidas en el VIOFLAR-Trópico 2001 que se despachará a los países socios.

En el Cuadro 3.4, se resumen un total de 2,430 introducciones (351 cruces) sembradas durante este mismo año, las cuales incluyen: VIOAL 2000, Programas nacionales de Perú, Tailandia y Venezuela, materiales del Proyecto CIAT y líneas seleccionadas en los países en los VIOALES 1997 y 1999. Las líneas seleccionadas serán caracterizadas en Palmira a: CB, TG, Amilosa, HB, Tag y a molinería, y las mejores serán incluidas para su despacho en el VIOAL 2001 a través del INGER-LAC a todos los países que lo soliciten.

En Palmira se tienen sembrados todos estos mismos materiales en el ciclo de mayo asepiembre/2000, con excepción de las poblaciones F_2 , con miras a obtener semilla limpia para futuras evaluaciones y/o despachos.

Banco de Germoplasma: Ya hemos consolidado un solo Banco, llamado BCF (Banco CIAT-FLAR). En la actualidad, contamos con 1,742 entradas. De éstas, tenemos las siguientes colecciones de trabajo: 250 variedades comerciales, 517 entradas para riego y 227 para secano. La mayoría de las entradas del BCF, están siendo caracterizadas durante este año en Calabozo (Venezuela) y en Montería, Saldaña y Villavicencio (Colombia).

Este año, el CIAT acondicionó, para servicio de todos, un cuarto frío nuevo, (Temperatura = 14°C y HR= 48%), condiciones ideales para que la semilla alcance un punto de equilibrio del 11% de humedad y así conservar germoplasma de arroz por períodos de, por lo menos, 5 años. Su capacidad es de unas 14,000 entradas almacenadas en envases de 350 a 500 gramos/entrada.

Cruces: Desde finales del año 1995, año donde fue creado el FLAR y hasta finales del año pasado, y por demanda de los socios, se han realizado un total de 2,028 cruces triples (500 cruces/año). Para la zona tropical se realizaron 1,507 distribuidos así: Costa Rica (551), Colombia (327), Venezuela (583), Guatemala (41) y otros (5) y para la zona templada se realizaron un total de 521 cruces. Algunos de estos últimos fueron pasados por el cultivo de anteras y la semilla R_3 de algunas líneas han sido incluidas en los VIOFLARES que se han distribuido al cono sur.

A principios de este año, los mejoradores del FLAR, con la colaboración del Ing. Edgar Torres de FUNDARROZ, Venezuela, programamos un total de 263 cruces triples para la zona tropical. A solicitud de Takazi Ishiy, mejorador de la zona templada, se están realizando un total 115 cruces triples para dicha región. En total se están realizando 378 cruces triples, cuya semilla de la F_1 , estará lista para siembra en Palmira a partir del 15 de octubre del presente y así obtener las poblaciones F_2 para ser sembradas en santa Rosa en el mes de abril del año 2001.

Calidad: El FLAR continúa proporcionando los análisis de laboratorio para calidad de grano como un servicio para los países socios. Durante 1999, el laboratorio recibió cerca de 16,000 muestras para diferentes determinaciones de calidad. Entre estas, se

evaluaron 2,507 de FEDEARROZ, 2,523 del proyecto de arroz del CIAT, 143 líneas del VIOAL 1999 y 427 de varios países socios.

A los materiales segregantes del FLAR se le realizaron los siguientes análisis:
F₃ semilla de Santa Rosa: CB, TG y longitud de grano (3,744 líneas)
F₄ semilla de Palmira: Contenido de amilosa (5,457 líneas)
F₅ semilla de Santa Rosa: CB, TG, longitud de grano y contenido de amilosa (583).

La meta es conseguir materiales con amilosa y temperatura de gelatinización intermedias (similar a los arroces americanos). En Palmira, reconfirmamos varias muestras que tenían estas reacciones y, al final, seleccionamos 43 muestras que fueron enviadas a USA para la reconfirmación definitiva de dichas características. Los resultados finales indicaron una muy buena correspondencia, entre los 2 laboratorios, indicándonos, por consiguiente, que en nuestros materiales tipo índica tenemos estas 2 excelentes características.

En la actualidad, se adelantan algunos trabajos sobre el comportamiento a centro blanco de materiales cosechados en varias localidades (Montería, Saldaña y Villavicencio).

Un total de 310 líneas F₅, se evaluaron por su calidad molinera en cosecha oportuna y se evaluaron también por su reacción a un retraso simulado en la cosecha hasta por 2 semanas. De las 200 líneas incluidas en el VIOFLAR, el 77% de ellas mantiene su calidad molinera con relación a dicho retraso en la cosecha.

Virus de la Hoja Blanca y *Tagosodes*: La enfermedad del virus de la Hoja Blanca es endémica en los trópicos de América Latina y El Caribe. El manejo Integrado con el uso de variedades tolerantes representa el mejor método de su control. Continuamos junto con los científicos del CIAT seleccionando líneas del programa de mejoramiento tolerantes al virus y a su insecto transmisor.

En el Cuadro 3.5 se resumen los resultados obtenidos en las líneas F₃ y F₄ evaluadas en 2 semestres consecutivos y de las cuales se seleccionan las tolerantes para su inclusión en los VIOFLARES.

Utilizando nuevamente la metodología de años atrás para evaluar daño mecánico a *Tagosodes* (Bluebonnet 50 como testigo susceptible) logramos en un momento determinado ampliar la capacidad en invernadero y con ello el número de líneas a evaluar. De esta forma y para este año, hemos logrado la evaluación de más de 2000 líneas F₄, más de 300 líneas F₅ y otros materiales de interés.

Con los científicos del CIAT, se realizó un estudio con el objetivo de determinar la expresión de la resistencia al virus de la Hoja Blanca (VHB) en diferentes edades de plántulas de arroz (Cuadro 3.6). Los resultados demostraron que los nuevos genotipos tropicales son más resistentes al VHB que el donante de resistencia (la variedad

Colombia 1), utilizada con frecuencia en nuestras evaluaciones tanto en el campo como en el invernadero, ofreciendo de esta manera resistencia en todo el ciclo del cultivo y por consiguiente eliminando las necesidades de uso de insecticidas y de transgénicos.

Temperaturas bajas: Las temperaturas bajas son un limitante para la producción de arroz en el Cono Sur y en algunas zonas del Caribe. Este año y de acuerdo a observaciones realizadas por el Dr. Jennings en su gira por el Sur, se concluyó que la metodología que estamos ejecutando desde Colombia (CIAT y FLAR) no está dando resultados satisfactorios. La razón fundamental, es que nunca habíamos evaluado los progenitores que usamos en el programa de cruces con relación al su tolerancia al frío. Siendo el frío el principal problema, y partiendo de que las variedades de Uruguay y de Chile tienen una excelente resistencia al frío, en la pasada Reunión del Comité Técnico Zona Templada llevada a cabo en Cachoerinha en Junio 20-21/2000 se propuso realizar el siguiente flujo de germoplasma:

- Obtener material del cono sur con el fin de evaluarlo bajo condiciones controladas en el CIAT. Estas son más eficientes que las evaluaciones en campo, ya que se presenta mucha variabilidad en la presión.
- Recombinar luego dicha resistencia con el alto rendimiento que asumimos que el material tropical nos pueda conferir.
- Hacer cruces triples y pasarlos por cultivo de anteras. Hacemos R₂ en Colombia, para cosechar semilla y despacharla a Uruguay, Argentina y al IRGA.
- Evaluar los progenitores en Treinta y Tres, Uruguay, para orientar los cruzamientos.

En resumen, esta actividad consistiría en: evaluación de germoplasma de Uruguay, Rio Grande do Sul y USA para frío, cruzamientos de 3 vías en Colombia, Cultivo de Anteras y R₂ en Colombia, evaluando Pyricularia y calidad (se conserva parte de la semilla y el resto se envía al Sur). R₃ en Uruguay (se estiman unas 10,000 líneas). El mejorador de FLAR selecciona las mejores líneas por resistencia a frío y características agronómicas para conformar un VIOFLAR que se distribuye a los socios. Durante el invierno, se hace evaluación de calidad y Pyricularia en Colombia de las líneas R₃ seccionadas (la semilla está en Colombia). Los VIOFLAR R₄ son sembrados por los socios. Siendo Chile un caso especial similar a California, se podría trabajar con mutaciones y haciendo cruces con Lemont y luego hacer retrocruces a las variedades comerciales.

Para iniciar la caracterización al frío bajo condiciones controladas, ya hemos recibido en la sede del FLAR los siguientes materiales:

Uruguay = 29 materiales (incluye 6 variedades y 3 Unk).

IRGA = 24 materiales (incluye 13 variedades)

Chile = 30 materiales

USA = 17 materiales (3 var., 3 líneas de Argentina y 11 líneas CT).

Para la próxima campaña en el cono sur se despacharan los materiales como se indicó anteriormente (F₂, F₃ y material proveniente de cultivo de anteras) tal como se aprobó en la reunión del comité técnico el año pasado.

Cultivo de anteras: Un total de 63 líneas R₂ de 15 cruces diferentes se evalúan a enfermedades en Santa Rosa durante este año. Las mejores se evaluarán a CB, TG, longitud de grano y contenido de amilosa para luego despachar la semilla R₃ de las finalmente seleccionadas al IRGA junto con 100 líneas R₂ (45 cruces) seleccionadas y cosechadas en Palmira el pasado mes de julio.

Toxicidad de hierro: Seguimos contando con la metodología desarrollada en Itajai, Santa Catarina, Brasil) para evaluar nuestros progenitores y las líneas avanzadas que demanden los países de zona templada.

Despacho de Germoplasma, Año 2000

El VIOFLAR-Templado 1999-2000 fue conformado con un total de 171 líneas F₅ derivadas de 42 cruces diferentes. Del total de líneas, 21 son derivadas del cultivo de anteras y las restantes son líneas FL. En el Cuadro 3.7 se detallan los países y número de juegos distribuidos.

El VIOFLAR-Trópico 2000 fue conformado con un total de 200 líneas F₅ (todas FL) derivadas de 44 cruces diferentes. En el Cuadro 3.8 se indican los países y el número de juegos distribuidos.

Resultados preliminares del trópico han indicado la siguiente selección:

Calabozo, Venezuela = 61 líneas (30.5%)

Saavedra y San Juan de Yapacaní, Bolivia = 31 líneas (15.5%)

Observaciones realizadas en Montería a los 72 días del cultivo indican que cerca de un 15%% de las líneas se comportan con un vigor similar a Fedearroz 50 y un ciclo vegetativo comprendido entre ORYZICA 1 y Fedearroz 50, variedades adaptadas y sembradas comercialmente en la zona en un 20 y 80% del área respectivamente.

Con semilla cosechada en Saldaña, se realizó pruebas de molinería y centro blanco. Los datos se compararon con los obtenidos en Palmira e indicaron una alta concordancia. Esto es de gran importancia puesto que la mayoría de las líneas incluidas en este VIOFLAR, presentan buenos porcentajes de arroz entero, bajo centro blanco y toleran un retraso simulado en la cosecha hasta por 2 semanas, sin reducción de su calidad molinera.

Multiplicación de semilla: Seguimos en Palmira con la producción de semilla de las diferentes variedades susceptibles a pyricularia, para conformar la mezcla de los esparcidores que se utilizan en la metodología para evaluar los diferentes materiales genéticos de arroz a dicha enfermedad. En el Cuadro 3.9 se relacionan las variedades y la cantidad de semilla disponible para la siembra en Santa Rosa del año 2001.

Resultados VIOFLAR 1999: En los Cuadros 3.10 y 3.11 se indican el número de juegos distribuidos, los datos recibidos, así como el número y porcentaje de selección en el germoplasma incluido en los VIOFLAR- Templado y Trópico, respectivamente.

Como se puede observar (Cuadro 3.10), en Itajai, Santa Catarina (Brasil) fueron seleccionadas 12 líneas por su buen comportamiento para ensayos de rendimiento en la campaña 1999-2000. De igual forma y con el mismo propósito en 2 localidades de Bolivia se seleccionaron un total de 26 líneas. En Uruguay se seleccionaron 36 líneas, las cuales fueron probadas en la campaña del 1999-2000, reportándose rendimientos entre 12 y 13 t/ha en la localidades de Artigas, sitio donde el frío no es un limitante.

En los 3 países sobresalen varias líneas del cruce FL00144 (CT8008-16-31-3P-M//CT9682-2-M-14-1-M-1/CT11008-12-3-1M-4P-4) y la línea FL0007-17P-12-2P-M (IRGA 416/CT10865-CA-12-M//CT8008-16-31-3P-M). En Uruguay, sobresale la línea derivada del cultivo de anteras FL00220-CA-5-M (CT8008-16-31-3P-M/CT10865-CA-12-M//IRGA284-18-2-2-2) por su buen comportamiento.

Para el VIOFLAR-Trópico (Cuadro 3.11) los resultados que suministraron los socios indicaron que en Costa Rica, 2 de las 45 líneas seleccionadas (FL00159-6P-2-1P-M y FL00159-6P-2-9P-M) están en Ensayos Regionales de Rendimiento año 2000 y las otras pasaron a Parcelas de Observación durante este mismo año.

En Guatemala reportaron un total de 30 líneas de las cuales 20 están este año en ensayos de rendimiento, 8 para cruces y las otras 2 son para ambos propósitos.

En Nicaragua y con base a 2 localidades, reportaron 20 líneas como promisorias, las cuales están en diferentes ensayos este año. En Venezuela, 7 líneas fueron sometidas a Ensayos Preliminares del Plan nacional, donde han destacado la FL00147-8P-15-5P-M (CT8008-16-31-3P-M//CT9682-2-M-14-1-M-1-3P-M-1/CT10310-15-3-2P-4-3) por su buen rendimiento. Dicha línea fue también seleccionada en Costa Rica, Nicaragua y Guatemala.

Nuevas Variedades: Mantenemos lo más actualizada posible la base datos en cuanto a nombramientos varietales se refiere (Cuadro 3.12).

Este año se han liberado 2 variedades en Venezuela, introducidas a través de los viveros INGER-LAC. La línea CT10310-15-3-2P-4-3 liberada como FUNDARROZ PN-1, representa un genotipo con diversidad genética puesto que proviene de un cruce triple realizado en el CIAT en 1988 donde se combinó material Indica x Japonica (P 3084-F₄-56-2-2/ITA306//CT8154-1-9-2). La otra variedad es la línea CT8240-1-3-9P-M que proviene del cruce triple realizado también en CIAT en 1986 (P 5446-6-3-2/CT5690-3-19-2 //P 3059-F₄-79-1-1B) fue liberada como FONAIAP 2000 por esta misma entidad.

En Panamá, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá (IDIAP) realizó el lanzamiento oficial de la nueva variedad de arroz llamada IDIAP L-7 para los

ecosistemas de riego y seco favorecido. Corresponde a una selección de la línea CT8008-3-5-9P-M (Liberada por la Universidad de Panamá en ese mismo país como Panamá 3189), que fue introducida a través del Vivero de Observación de Arroz para América Latina (VIOAL 1989). Su pedigrí actual es CT8008-3-5-9P-M-RH7. Panamá tiene así las 2 últimas variedades provenientes del mismo cruzamiento y esta es la décima variedad registrada en nuestra base de datos del cruce CT8008, realizado en 1986.

En Colombia, a Fedearroz le han aprobado el lanzamiento de 4 nuevas variedades. Fedearroz 2000, Colombia XXI, Fedearroz La Victoria 1 y Fedearroz La Victoria 2.

Fedearroz 2000 corresponde a la línea CT10323-29-4-1-1T-2P proveniente del cruce triple P 3084-F₄-56-2-2/ P 3844-F₃-19-1-1B-1X//CT8154-1-9-2 realizado en 1988. A manera de observación, esta variedad difiere de la Fundarroz PN-1 solamente en el progenitor masculino del cruce simple. La variedad Colombia XXI es la línea FB0100-10-1-M proveniente del cruce simple P 5413-8-5--11/CT9145-4-15-1-1 realizado en Bosconia por FEDEARROZ. La Fedearroz La Victoria 1 es la línea CT10240-10-1-2-1T-2-1 resultado del cruce triple CT6129-17-7-9-1/P 4278-F₂-84-1-1X//C 48CU76-3-2-1-4-5M realizado en CIAT en 1988 y la variedad Fedearroz La Victoria 2 corresponde a la línea CT10192-5-1-2-2T-2-1 proveniente del cruce triple CT7415-6-5-3-2X/Ceysvoni//CT8163-9-4-4, realizado también en el CIAT en 1988. Fedearroz 2000, ha sido lanzada para el Centro del país, Colombia XXI para el Caribe seco y las Victorias 1 y 2 son para condiciones de seco en Caribe húmedo.

Otras variedades nombradas incluyen 4 en Brasil: Río Grande introducida como P 4725-F₂-9-1, y las variedades denominadas IRGA 418, 419 y 420 de cruces locales. En Ecuador reportan como nueva variedad a INIAP 14, proveniente del material introducido a través de los viveros del INGER como PSB RC-12.

A manera de información preliminar, con base en datos de Pyricularia en hoja del año 2000, tenemos que: de las 2,693 poblaciones F₂ Trópico, representadas en 268 cruces, se han eliminado, por susceptibilidad a Pyricularia en hoja, un 46% (1239 poblaciones). De igual manera de las 586 F₂-Templado originadas de 99 cruces, se ha eliminado un 58.4% (342 poblaciones). Para las 2,186 líneas F₄ Trópico originadas con 108 cruces, encontramos un 35.1% de susceptibilidad (768 líneas).

Algunas Observaciones sobre Pyricularia. Año 2000.

Analizando las observaciones de campo y los registros de Pyricularia en hoja, hemos encontrado algunas anomalías:

--De los 268 cruces que originaron la población F₂, 189 fueron realizados para Venezuela utilizando el concepto de Exclusión de Linajes. Estos 189 cruces comprenden 2,017 familias, de las cuales 737 son susceptibles a Pyricularia en hoja y 1,280 fueron resistentes o segregantes. Está pendiente la reacción a cuello, para luego

analizar en mejor forma los diferentes progenitores involucrados en los cruces susceptibles y tratar de averiguar lo que esta pasando.

--De las 2186 líneas F_4 , 768 resultaron susceptibles a Pyricularia en hoja. Estas líneas susceptibles se originaron en su mayor parte de poblaciones F_2 que tuvieron evaluaciones de 1,2 o 3 el año pasado.

Como ejemplo podemos analizar el siguiente cruce:

FL01869 comprende 128 líneas→ 79 susceptibles y 49 resistentes.

Padre 1: IR841-63-5-1B, altamente resistente a los 6 linajes.

Padre 2: CT11424-14- F_4 -12P-1P, altamente resistente a los 6 linajes.

Padre 3: CT9509-17-3-1-1-M-1-3P-M-1, altamente resistente a 5 linajes y susceptible a uno de ellos. A nivel de campo, el padre 1 resultó susceptible a Pyricularia en hoja y los otros 2 padres fueron resistentes.

--De los 256 progenitores más utilizados en el desarrollo de los nuevos genotipos de arroz tenemos lo siguiente:

Noventa y nueve son altamente resistentes (HR) o Resistentes (R) a los 6 linajes y mostraron resistencia en campo Pyricularia en hoja el año pasado. De estos, 49 han sido caracterizadas como HR a todos los linajes y también resistentes en campo a Bel el año pasado. Ahora 27 (55.1%) de estas son susceptibles en campo y 22 mantienen su resistencia. De los otros 50 progenitores que son HR o R y con resistencia a BL el año pasado, 39 (78%) resultaron susceptibles y 11 resistentes en campo.

--De igual manera hemos observado un 32,5% de susceptibilidad a Pyricularia en hoja en las líneas del VIOFLAR 2000. Esto es algo preocupante, puesto que estas líneas provienen de selecciones realizadas en material resistente en hoja y cuello en las generaciones F_2 y F_4 . Hemos analizados los progenitores utilizados en algunos cruces que tienen reacciones contrastantes y observamos que en todos ellos se aplicó la exclusión de linajes.

3.A.2.2. Elaboración del Plan de Mejoramiento para la Región Templada

Hito: el plan está listo (ver 3.A.1.1. arriba) y se someterá a aprobación del Comité Administrativo de FLAR en Noviembre 2000.

3.A.2.3. Evaluar VIOFLARes en todos los Países Socios y Compartir los Resultados con todos los Miembros (ver 3.A.2.1. arriba)

3.A.2.4. Organizar e Implementar Talleres para Mejoradores

Hitos:

- Cachoeirinha, Brasil: Abril 2000
- Santa Rosa, Colombia: Agosto 2000.

Taller de Mejoradores, zona templada, Cachoeirinha, Abril 2000. Un total de 1.423 líneas se seleccionaron y se despachó semilla de las mismas como se indica a continuación: Argentina Entre Ríos (356); Argentina Corrientes (120); Uruguay (299); EPAGRI (674); IRGA (102). Argentina fue el único miembro que completó la evaluación de los materiales del VIOFLAR 1999. Los resultados muestran tasas relativamente bajas de selección: 20% al 25% en El Encuentro, 14% en Ita Caabó y 25% a 30% en El Rocío. En Santa Catarina, la variedad control fue superior a cada línea en el juego. Todas las líneas son más precoces que la variedad. Las mejores fueron bastante comparables con el control: FL 306, 227 y 482. La decoloración del grano fue un problema importante tanto en Argentina como en Brasil.

Taller de Mejoradores, región tropical, Santa Rosa, Agosto, 2000. Todo los países miembros de la región tropical estaban presentes: Colombia, Cuba, Costa Rica, Guatemala, Nicaragua, Panamá, y Venezuela, además de Brasil, Bolivia y CIAT.

Debido a la susceptibilidad a *Pyricularia*, 46% de familias F_2 y 45% de familias F_1 se desecharon. Estas cifras son parecidas a las de años anteriores. Un resultado algo alarmante fue el 45% de susceptibilidad encontrado en el VIOFLAR 2000, dado que el año pasado todas las líneas fueron resistentes. Quizás, peor aún, fue que de 99 progenitores que se incluyeron como resistentes en años anteriores, 65 resultaron susceptibles este año.

Los resultados de selección de los investigadores en el taller muestran que:

- Población F_2 : de 2.693 familias F_2 (obtenidas de 268 cruces), 246 se seleccionaron (9,1%), y 1.323 plantas individuales se cosecharon (semilla F_3). Estas líneas F_3 , representadas por 85 cruces (31,7% de cruces totales), se evaluarán para Centro Blanco (CB), temperatura de gelatinización, longitud, Hoja Blanca, *Tagosodes*, y se sembrarán en Montería (Colombia) para volcamiento y CB, y también en Palmira para obtener semilla F_4 .
- Línea F_4 : de 2.186 líneas F_4 (108 cruces), 238 líneas (10,9%) se preseleccionaron en el campo, correspondientes a 66 cruces (66%). Estas líneas preseleccionadas serán evaluadas para CB, TG, L, Amilosa (semilla de Santa Rosa) y a HBV, *Tagosodes* y calidad molinera de la semilla de Palmira.

Cuadro 3.1. Número de Juegos Distribuidos y Datos Recibidos del VIOAL 1999. INGER-LAC.

País	No. Juegos VIOAL		No. Juegos VIOAL-S.Ácido	
	Distribuidos	Recibidos	Distribuidos	Recibidos
Argentina	--	--	1	1
Bolivia	--	--	1	0
Brasil	1	1	--	--
Colombia	1	1	1	0
-				
Cuba	1	0	--	--
Ecuador	1	0	--	--
Guatemala	3	0	1	0
Nicaragua	4	2	--	--
Panamá	3	2	1	0
Perú	2	0	--	--
Venezuela	2	1	--	--
TOTAL	18	7 (38.9%)	5	1

VIOAL= 130 líneas VIOAL-Suelo Ácido= 28 líneas

DATOS RECIBIDOS VIOAL:

País / Localidad	Líneas Seleccionadas	%
Nicaragua: Malacatoya	26	20.0
Sebaco	35	26.9
Panamá: Tocumen	50	38.5
Rio Hato	22	16.9
Brasil – Itajai	14	10.8
Venezuela- Barinas	---	-----
Total Diferentes	77	59.2

Cuadro 3.2. Número de Juegos del VIOAL 2000 para América Latina Distribuidos a partir de Marzo del 2000

País	No. Juegos Distribuidos
Costa Rica	3
El Salvador	1
Panamá	3
Colombia:	
CORPOICA	2
FEDEARROZ	1
AVENTIS	1
Venezuela	2
Argentina	2
Ecuador	1
TOTAL	16

VIOAL= 64 líneas.

Cuadro 3.3. Germoplasma de Arroz Sembrado en Villavicencio y Palmira, 2000 A

Clase de material	No. Líneas	No. Cruces
-Banco Germoplasma (BCF)	256	178
-VIOFLAR:		
Trópico, 2000	207	44
-Líneas F ₄ :		
Trópico	2186	108
- Poblaciones F ₂ :		
Trópico	2693	268
Templado	586	99
-F ₁ cruces triples	--	72
-R ₂ (Cultivo de anteras)	63	15
TOTAL	5991	784

Cuadro 3.4. Introducciones de Arroz Sembradas en Villavicencio y Palmira 2000 A

Clase de material	No. Líneas	No. Cruces
-VIOAL, 2000	67	57
-Países:		
Perú	11	4
Tailandia, 1998		10
Venezuela	88	35
-CIAT:		
Líneas F ₄ (Proyecto Altitud)	204	26
Líneas de cruces Interespecíficos	1554	124
Cultivo de Anteras	268	73
F ₂ BC ₂ de Bg90-2/O. <i>Glaberrima</i>	61	1
-INGER-LAC (VIOAL, 97 y 99)	26	21
Total	2430	351

Cuadro 3.5. Resultados de la Evaluación al Virus de la Hoja Blanca en Líneas F₃ y F₄ para el Trópico. FLAR, 1998B al 2000A

Clase Material	Total Líneas	Tolerantes (1-3)	Reacción (1-9) Intermedias (5)	Susceptibles (7-9)
F ₃ (1998B)	9,172	6,572 (71.7%)	1,478 (16.1%)	1,122 (12.2%)
F ₄ (1999A)	3,738*	2,570 (68.8%)	710 (19.0%)	458 (12.2%)
F ₃ (1999B)	3,000	1,975 (65.8%)	468 (15.4%)	563 (18.8%)
F ₄ (000A)	2,186**	1,144 (52.3%)	294 (13.5%)	748 (34.2%)
TOTAL F₃	12,172	8,547 (70.2%)	1,946 (16.0%)	1,685 (13.8%)
TOTAL F₄	5,924	3,714 (62.7%)	1,004 (16.9%)	1,206 (20.4%)

* De estas líneas F₄, al final resultaron las 200 líneas F₅ que se incluyeron en el VIOFLAR, 2000.

** De este grupo resultará las líneas F₅, que conformará el VIOFLAR, 2001 para países tropicales.

Cuadro 3.6. Expresión de la resistencia al virus de la Hoja Blanca en plántulas de arroz. CIAT 1999-2000

Material	Porcentaje de plantas resistentes							
	5 dde*		10 dde*		15 dde*		20 dde*	
	I	C	I	C	I	C	I	C
Fedearroz 2000	45	56	60	88	40	94	85	88
Fedearroz Victoria 1	25	54	35	88	50	95	50	91
Fundarroz PN1	35	29	55	83	30	73	65	71
Fedearroz 50	5	17	50	72	35	55	50	48
Colombia 1	5	33	35	67	30	73	40	72
Bluebonnet 50	5	15	0	15	10	17	0	15

* dde= días después de emergencia; I= infestación en invernadero;
C= infestación en campo

Cuadro 3.7. Número de Juegos del VIOFLAR, 1999-2000 para la Zona Templada Distribuidos a Socios del FLAR. Octubre de 1999

PAIS	No. JUEGOS DISTRIBUIDOS
Cuba	1
Brasil	1
❖ IRGA	
• Itajai	1
Chile	1
Uruguay	2
Argentina	1
TOTAL	7

VIOFLAR-Templado= 171 líneas.

Cuadro 3.8. Número de Juegos del VIOFLAR, 2000 para la Zona Tropical Distribuidos a Socios del FLAR. Enero-Febrero del 2000

País	No. Juegos Distribuidos
Bolivia	2
Colombia	4
Costa Rica	2
	1
Cuba	
	2
Guatemala	
Nicaragua	1
Panamá	2
Venezuela	2
TOTAL	17

Cuadro 3.9. Estado Actual de la Producción de Semilla de Variedades Comerciales para uso como Esparcidores en Santa Rosa, Villavicencio, Colombia. Palmira. 2000 B

Variedad	Bultos			Total	
	1998	1999	2000	Bultos	Kg
1.ORYZICA 1	-	2.5	19.2	21.7	1085
2.CICA 9	4.5	-	17.0	21.5	1075
3.LINEA 2	-	-	19.0	19.0	950
4.ORYZICA CARIBE 8	-	-	17.0	17.0	850
5.SELECTA 3-20	-	-	18.5	18.5	925
6.CICA 8	-	3.0	2.0	5.0	250
7.METICA 1	10.0	-	-	10.0	500
8.FANNY (IRRI)	-	-	24.0	24.0	1200
TOTAL				176.7	8835

Cuadro 3.10. Número de Juegos del VIOFLAR, 1998-1999 para la Zona Templada Distribuidos en Octubre de 1998. FLAR

País	No.Juegos Distribuidos	Datos Recibidos	Líneas Seleccionadas	
			No.	%
Brasil:				
IRGA	4	0	-	-
ITAJAI	2	1	12	9.1
Bolivia	2	2	26	19.7
Cuba	1	0	-	-
Paraguay	1	0	-	-
Uruguay	2	2	36	27.3
TOTAL	12	5 (41.7%)	58*	43.9

VIOFLAR-Templado= 132 líneas.

* =Total de líneas diferentes.

Cuadro 3.11. Número de Juegos del VIOFLAR, 1999 para la Zona Tropical Distribuidos en Enero-Marzo de 1999. FLAR

País	No. Juegos Distribuidos	Datos Recibidos	Líneas seleccionadas	
			No.	%
Colombia	1	1	-	-
Costa Rica	2	1	45	66.2
Guatemala	2	1	30	44.1
Nicaragua	2	2	20	29.4
Venezuela	2	2	7	10.3
Panamá	1	0	-	-
TOTAL	10	7 (70%)	55 *	80.9

VIOFLAR-Trópico= 68 líneas.

*= Total de líneas diferentes.

Cuadro 3.12. Variedades de Arroz Liberadas en el Período 1999 - 2000.

No.	Nombre	Pedigrí	Cruce	País	Código BCF
1	RIO GRANDE	P 4725-F ₂ -9-1	P 2026-F ₄ -49-5-5//IR5533-13-1-1/ORYZICA 1	BRASIL	BCF 1356
2	IRGA 418	IRGA 284-1-18-2-2-2	BR-IRGA 412/CICA 9//BR-IRGA 409	BRASIL	BCF 1576
3	IRGA 419	IRGA 369-31-2-3F-A1-1	ORYZICA 1/BR-IRGA 409	BRASIL	BCF 1578
4	IRGA 420	IRGA 370-42-1-1F-C1	ORYZICA 1/BR-IRGA 412	BRASIL	BCF 1577
5	FEDEARROZ 2000	CT10323-29-4-1-1T-2P	P 3084-F ₄ -56-2-2/P 3844-F ₃ -19-1-1B-1X//CT8154-1-9-2	COLOMBIA	BCF 1529
6	COLOMBIA XXI	FB0100-10-1-M-1-M	P 5413-8-3-5-11/CT9145-4-15-1-1	COLOMBIA	BCF 1617
7	FEDEARROZ LA VICTORIA 1	CT10240-10-1-2-1T-2-1	CT6129-17-7-9-1/P 4278-F ₂ -84-1-1X//C48CU76-3-2-1-4-5M	COLOMBIA	BCF 1620
8	FEDEARROZ LA VICTORIA 2	CT10192-5-1-2-2T-2-1	CT7415-6-5-3-2X/CESYSVONI//CT8163-9-4-4	COLOMBIA	
9	INIAP 14	PSB RC-12		ECUADOR	
10	IDIAP L-7	CT8008-3-5-9P-M-RH7	P 3050-F ₄ -52/ORYZICA 1//IR21015-72-3-3-3-1	PANAMA	
11	FONAIAP 2000	CT8240-1-3-9P-M	P 5446-6-3-2/CT5690-3-19-2//P 3059-F ₄ -79-1-1B	VENEZUELA	BCF 1703
12	FUNDARROZ PN-1	CT10310-15-3-2P-4-3	P 3084-F ₄ -56-2-2/ITA 306//CT8154-1-9-2	VENEZUELA	BCF 1571

3.A.3 Manejo del Cultivo

Edward Pulver, Especialista en Manejo de Cultivo, FLAR (consultor)
Luis R. Sanint, Economista de Arroz y Director Administrativo, FLAR
Colaboradores: los doce países miembros del FLAR, más CIAT, IRRI y CIRAD.

Presupuesto: US\$80.000 al año.

3.A.3.1. Colaboración en la Preparación/ Ejecución de Planes de Agronomía

3.A.3.2. Colaboración en Encuestas sobre Restricciones a la Producción de Arroz

Hitos: Descripción rápida de prácticas de manejo del cultivo. Se preparó un perfil de proyecto que se presentó en la Comisión Internacional de Arroz de la FAO, Septiembre 2000, Roma.

3.A.3.3. Introducción

La producción de arroz en América Latina y el Caribe (LAC) en 1999 sobrepasó los 24 millones de TM (paddy). Este récord de cosecha es el resultado acumulado de años de mejoramiento en el rendimiento, que explica casi todo el incremento de producción registrado en LAC de las dos últimas décadas. Durante los años 1980, los rendimientos de arroz aumentaron a una tasa anual de 3.0%, principalmente debido a la expansión de las variedades de alto rendimiento en el sistema de producción de riego. Durante los 1990, los avances en el rendimiento fueron al 3.5% anual (Cuadro 3.13), que es un reflejo de los avances adicionales en arroz de riego y de la reducción en el área de arroz de secano de bajo rendimiento.

Los consistentes y rápidos avances en el rendimiento de arroz de riego y la disminución del énfasis en el inestable arroz de secano han resultado en un aumento del interés en la producción bajo el riego. Históricamente, la producción de arroz de secano ha representado una porción importante de la producción total de arroz, en especial en Brasil y Centroamérica. Sin embargo, la tendencia hacia mercados libres y los avances continuos en la productividad del arroz de riego ha expuesto el sector de secano a retracciones y fuerzas del libre mercado así como a un menor apoyo del gobierno. El resultado final ha sido una reducción importante en la producción de secano y el arroz de riego es el sistema dominante de producción de arroz con un 80% del total regional.

Los rápidos adelantos de los que hemos sido testigos en la producción de arroz de riego durante los últimos 20 años, han sido básicamente resultado del mejoramiento varietal. En la actualidad, las variedades de alto rendimiento ocupan 90% del área de producción de arroz de riego. Sin embargo, los rendimientos permanecen muy por debajo del potencial genético de variedades disponibles. Los rendimientos nacionales de arroz de riego raramente sobrepasan 5.0 TM/ha, a pesar del que el potencial de rendimiento de variedades actuales sobrepasa 8.0 TM/ha. Además, los rendimientos registrados de lotes experimentales y en campos de agricultores son, con frecuencia,

50% más altos que los rendimientos nacionales o regionales. La gran variación en rendimiento, incluso con una zona de producción homogénea, se debe a diferencias en las prácticas de manejo del cultivo.

La diferencia entre el rendimiento potencial y el rendimiento real de los agricultores se refiere aquí como la "brecha del rendimiento". Cerrar la brecha en el rendimiento representa la oportunidad más inmediata para incrementar rendimientos. Los factores que contribuyen a la brecha del rendimiento varían apreciablemente entre sistemas de producción, zonas ecológicas y situaciones económicas. Aunque algunas limitaciones para mejorar el rendimiento, como las ineficiencias en el control de malezas o en la fertilización del cultivo, pueden considerarse universales, la mayoría de las restricciones son muy localizadas. Por consiguiente, los esfuerzos para cerrar la brecha del rendimiento deben enfocarse desde el nivel nacional o, mejor aún, dentro de una ecología de producción.

3.A.3.4 Evaluación de la Brecha del Rendimiento

Este informe evalúa la brecha del rendimiento en 12 países de LAC que son miembros del FLAR. En conjunto, estos 12 países producen aproximadamente 70% de la producción de arroz de riego en LAC. Todo los países seleccionados han establecido una asociación nacional de agricultores. Esta estructura orgánica facilita un medio para tratar el problema de la brecha del rendimiento y también provee un mecanismo para investigar en fincas y trasladar tecnología, un ingrediente esencial para mejorar el manejo del cultivo.

Entre los 12 países objetivo hay cinco en el Cono Sur de Sudamérica (Argentina, dos estados del sur de Brasil, Bolivia, Chile y Uruguay). Debido a la ubicación geográfica y a las condiciones ecológicas, los cinco países se agrupan en la Región Templada.

Hay dos países ubicados en el Sur tropical (Colombia, Venezuela), cuatro en Centroamérica (Panamá, Costa Rica, Nicaragua y Guatemala) y un en el Caribe (Cuba). Los países tropicales tienen restricciones de producción similares y se organizan en una Región Tropical.

3.A.3.4.1. Región Templada.

- **Brasil**

Brasil es el país productor de arroz más importante en las Américas con una producción anual de cerca de 11 millones de TM. Tradicionalmente, la producción se ha dividido por igual entre las áreas de riego altamente productivas del sur y las vastas extensiones de arroz de secano en los Cerrados. Sin embargo, durante los últimos 10 años, la producción del inestable sector de secano ha disminuido de manera apreciable. En 1985/86 Brasil tuvo cerca de 4.5 millones de hectáreas en producción de secano que representaban más del 50% de la producción nacional. En 1996/97, el área sembrada en arroz de secano en Brasil disminuyó a 2.3 millones de hectáreas y

contribuyó sólo cerca de un tercio de la producción nacional. Los datos que se presentan en el Cuadro 3.14 proveen un resumen de las tendencias en la producción durante los últimos 10 años. Los rendimientos nacionales han aumentado a una tasa de crecimiento de 4.2 mientras que el área cultivada de arroz disminuyó a una tasa anual de 2.9%, lo que resulta en una tasa anual de crecimiento en producción de 1.3%. Esta información refleja la disminución en arroz de secano y el crecimiento continuo en el arroz de riego.

Las dos más importantes áreas productoras de arroz de riego en Brasil son Río Grande do Sul (RS) y Santa Catarina (SC). A pesar de que estos dos estados son vecinos, tienen sistemas distintos de producción. Fincas relativamente grandes con la mayoría de siembras realizadas en la preparación tradicional del suelo seco y siembra, caracterizan la producción en RS. En contraste, las fincas en SC son pequeñas realizan casi toda su producción en suelos fangosos y con siembra en agua usando semillas pre-germinadas. Las restricciones agronómicas que contribuyen a la brecha del rendimiento son distintas en estas dos áreas geográficamente similares.

- **Brasil - Río Grande do Sul**

Río Grande do Sul (RS) es el área pionera de arroz de riego en Brasil. El cultivo de arroz de riego comenzó al principio de los 1900 pero la producción creció más rápidamente durante la década de 1970 y 1980 siguiendo la introducción del tipo de planta semi-enana de alto rendimiento. En 1970 se cultivaron aproximadamente 400.000 ha de arroz de riego con un rendimiento promedio de 4.0 TM/ha. En 1980 el área aumentó a 500.000 ha pero el rendimiento permaneció constante en 4.0 TM/ha. En 1990 el área continuó expandiéndose y alcanzó 800.000 ha con un rendimiento promedio de 5.0 TM/ha. Sin embargo, durante los últimos 10 años el área ha permanecido relativamente constante y los rendimientos se han estancado en alrededor de 5.0 TM/ha. En términos generales, los aumentos del rendimiento observados durante los 70 y 80s proporcionaron el estímulo económico para la expansión adicional del área riego. En contraste, el estancamiento del rendimiento durante los 90 ha sido la principal restricción para la expansión del área de riego. Numerosos estudios han reportado que RS tiene recursos convenientes de agua y tierra para apoyar un mínimo de 2 millones de ha de arroz de riego. Por consiguiente, el aumento del rendimiento del área actual de producción puede proveer el incentivo económico requerido para la expansión adicional de producción del arroz de riego.

La investigación y la extensión en RS la provee principalmente el Instituto Río Grandense do Arroz (IRGA). IRGA está apoyado exclusivamente por un recaudo basado en la producción (check-offs). La investigación se realiza en una estación central y en varias estaciones satélites pequeñas. La mayoría del trabajo de extensión involucra la prestación de servicios a agricultores, especialmente en el área de manejo de riego. La extensión está en un período de transición en el cual se dará énfasis a actividades de transferencia de tecnología en la área de manejo del cultivo.

El estado se divide en seis zonas de producción que son distintas en términos de topografía, fertilidad de suelo, micro climas y manejo del cultivo. En resumen, la información del Cuadro 3.15 ilustra que la brecha del rendimiento a lo largo de las seis zonas de producción en RS es de 1.3 TM/ha. La tecnología para cerrar esta brecha de rendimiento está disponible pero no se ha extendido a muchos agricultores. Simplemente, cerrando la brecha, se aumentaría el rendimiento promedio en RS de su nivel actual de 5.2 TM/ha a 6.5 TM/ha. Esto resultaría en una producción adicional de aproximadamente 1 millón de TM en todo el estado.

- **Brasil-Santa Catarina (SC)**

El estado de Santa Catarina tiene cerca de 120.000 ha de arroz de riego, la mayoría en fincas familiares pequeñas, de menos de 15 ha. Casi toda la preparación y siembra se hace en agua utilizando semilla pre-germinada. El rendimiento promedio del estado es de 5.7 TM/ha pero los rendimientos varían mucho entre zonas de producción y entre agricultores dentro de un área determinada de producción. Históricamente, el estado ha sufrido altas infestaciones de arroz rojo pero el uso continuo de fangueo y de semillas pre-germinadas ha reducido significativamente la incidencia de arroz rojo. El estado tiene una industria de semillas muy organizada que produce la semilla de mejor calidad en Brasil. Sin embargo, el uso de la semilla certificada de arroz en SC se limita sólo a un 30% de los agricultores y ésta es una restricción importante para mejorar la producción. Debido a la baja demanda local de semilla certificada de arroz, la industria semillera actualmente produce semillas de arroz por contrato para otras áreas en Brasil. Un muy efectivo programa de investigación del estado (EPAGRI) apoya la industria del arroz. Antes de 1990, la extensión e investigación de arroz estaban combinadas en un programa que fue instrumental en aumentar la productividad a más de 5.5 TM/ha, el promedio estatal más alto en Brasil. Sin embargo, la reorganización de la extensión e investigación estatal resultó en la separación de las dos agencias y el resultado final ha sido una reducción brusca en actividades de extensión de arroz y un progreso lento en el mejoramiento de rendimiento.

Hay seis importante regiones productoras de arroz en SC. En el Cuadro 3.16 se incluye información sobre el área actual, rendimiento, producción así como de la producción potencial para cada zona arroceras. Las zonas más productivas, por ejemplo el Alto Vale do Itajai, son relativamente nuevas y aún tienen un nivel relativamente alto del fertilizante original del suelo y están menos infestados con arroz rojo. En contraste, la región menos productiva es el Litoral Centro, que es la zona más vieja de producción. El rendimiento promedio del Estado es 5.7 TM/ha pero el rendimiento varía de 7.0 TM/ha en el Alto Vale do Itajai a sólo 4.7 TM/ha en el Litoral Centro.

El estimativo de la brecha del rendimiento para todo el estado es 1.2 TM/ha. Esta es la brecha de rendimiento que puede cerrarse a corto plazo, pues mucha de la tecnología para incrementar la productividad está ya disponible y sólo se necesita extenderla a los agricultores. Esta tecnología incluye semillas libres de arroz rojo, regulación del tiempo adecuada con dosis adecuadas de fertilizantes y buen manejo del agua. Un

rendimiento promedio del estado de 6.9 TM/ha se obtiene de forma fácil cerrando la brecha del rendimiento, lo que resultaría en un aumento anual en la oferta de aproximadamente 140.000 TM (Cuadro 3.16).

- **Argentina**

Argentina no es tradicionalmente un país productor de arroz, a pesar de que tiene áreas altamente favorables para la producción de arroz de riego. A principios de los 80, Argentina cultivaba sólo 80.000 ha, con un rendimiento promedio de 3.2 TM/ha, y una producción total aproximada de 250.000 TM. El arroz se consideraba como un cultivo secundario con poca importancia económica debido a la baja demanda interna y a limitadas oportunidades para la exportación. La producción de arroz se consideraba como un cultivo de bajos insumos y baja productividad (low input, low output). La mayoría de las variedades disponibles provenían de variedades mejoradas de EUA de grano largo, que se seleccionaron principalmente para la calidad de grano. Esto permitía a la producción doméstica competir en términos de la calidad con el arroz importado de EUA. Pocos agricultores usaban insumos, sólo se usaba un mínimo de fertilizantes y pocos usaban control químico para las malezas. Durante los 90 se implementó el Acuerdo de Comercio MERCOSUR, permitiendo la exportación de arroz a países miembros sin aranceles restrictivos. Como resultado del acceso al mercado de Brasil, la producción de arroz en Argentina se expandió tremendamente desde entonces, con un área que crece a una tasa anual de cerca del 12.0%, rendimientos en una tasa anual de crecimiento de 2.8% y, por lo tanto, un incremento en la producción total en una tasa anual de aproximadamente 15.0% (Cuadro 3.17). Durante finales de los 90, los rendimientos promediaron un exceso de 5.5 TM/ha y la producción total sobrepasó 1.6 millones de TM. Sin embargo, la depreciación de la moneda brasileña y los crecientes subsidios en el mercado mundial trajeron como consecuencia una contracción rápida en la producción de arroz paddy; éste cayó de 1.6 millones de toneladas en 1999 y 280.000 hectáreas, a 800.000 toneladas y 150.000 has en el 2000, y la producción para el 2001 estará alrededor de 400.000 toneladas (en cerca de 75.000 ha), un retroceso al nivel de producción de mediados de los 80.

La producción de arroz en Argentina tiene gran potencial. Hay extensos recursos de agua y tierra disponibles y la producción es competitiva dentro de la región. Existen más oportunidades inmediatas para incrementar la producción mejorando los rendimientos. El potencial de rendimiento en la mayoría de las áreas de producción tienen un exceso de 7.0 TM/ha debido a condiciones ambientales y ecológicas altamente favorables, como buenos suelos, agua adecuada, temperaturas frescas de noche, intensidad liviana alta y días largos durante la temporada de crecimiento. Además, Argentina está desarrollando variedades, a través de su asociación con FLAR, que se adaptan más a las condiciones locales de cultivo. La clave para lograr mayores adelantos en el rendimiento es un incremento en el uso y mejor regulación de los insumos esenciales. La industria del arroz, en su urgencia de mantenerse competitiva, ha alterado la percepción de arroz de los agricultores de un cultivo de bajos insumos al de una actividad generadora de ingresos.

La actual brecha del rendimiento es de aproximadamente 2.0 TM/ha. A largo plazo, cerrar la brecha del rendimiento permitirá una producción más competitiva permitiéndole al país aumentar exportaciones y proveer el estímulo económico para expandir el área bajo la producción.

- **Uruguay**

La producción arroz de riego en Uruguay se ha casi triplicado durante la última década. Durante la década de los 90 la producción creció a un tasa anual de sobre 11.0%, debido a el crecimiento en el área (8.5% tasa de crecimiento anual) y rendimiento mejorado (2.5% tasa de crecimiento anual). En 1999 la producción de arroz se acercó a un millón de TM (Cuadro 3.18).

Uruguay tiene los rendimientos más altos en LAC, con un promedio nacional de 6.0 TM/ha. Sin embargo, el potencial de rendimiento está por encima de 7.0 TM/ha. Las condiciones ecológicas y ambientales de Uruguay son parecidas a las de Argentina y favorecen alta productividad. La brecha del rendimiento a lo ancho de la nación se estima en 1.0 TM/ha. Uruguay tiene una muy bien establecida industria de arroz y un mayor énfasis en el enfoque del manejo del cultivo puede producir resultados en un período relativamente corto. Debido al mercado de exportación existente a Brasil, los agricultores tienen un incentivo económico para producción más competitiva.

- **Bolivia**

La producción de arroz es relativamente nueva en Bolivia. Todo la producción se ubica alrededor de Santa Cruz de la Sierra. El desarrollo agrícola en la región se aceleró durante las dos últimas décadas como resultado de la ayuda del Banco Mundial. Gran parte del área es tierra primaria de agricultura y se usa para arroz de secano, producción de pasturas y soja. La mayoría de la producción de arroz es de secano y dependiendo de los tipos de suelo, la producción se clasifica como favorecida o no favorecida.

Hay cerca de 120.000 ha en producción. Los agricultores grandes (más de 500 ha) cultivan unas 70.000 ha, en las cuales se rota arroz de secano con soja y/o pasturas. Otras 20.000 ha de arroz de secano las cultiva una Cooperativa Japonesa-Boliviana cerca de la Colonia San Juan. Las restantes 30.000 ha pertenecen a agricultores pequeños (cerca de 17.000 agricultores de arroz de 20.000 que hay en el país), muchos de los cuales practican corte/quema, con cultivo itinerante. Más del 50% de los pequeños agricultores se ubican en áreas marginales, donde los problemas de suelo limitan la producción. Además, hay aproximadamente 200 ha de producción de secano favorecidos, donde se aplica agua suplementaria.

Debido a la dependencia de la producción en las lluvias, los rendimientos son inestables y bajos. La productividad se estima en 3.0 TM/ha en áreas bajas favorecida y a 1.0

TM/ha en las de secano no favorecida, donde se ubican la mayoría de los agricultores pequeños. Durante la última década ha habido muy poco progreso en el mejoramiento del rendimiento o en la expansión de área de producción (Cuadro 3.19).

Las dos últimas cosechas han sido muy difíciles para los agricultores de arroz debido a la sequía. Como consecuencia, la organización que agrupa los agricultores grandes, la cooperativa de San Juan y la asociación de los pequeños agricultores, se unieron para formar una asociación nacional de agricultores de arroz. El propósito de la unificación fue vincularse al FLAR para ganar acceso al germoplasma de arroz de riego y la asistencia técnica para convertirse a producción de riego. La asociación nacional está iniciando proyectos pilotos de riego como un medio para demostrar a los agricultores la tecnología de producción del arroz de riego. El área de la sierra tiene tierra abundante con agua subterránea y la región es muy favorable para la producción arroz de riego.

En el caso de Bolivia, la brecha del rendimiento se determinó estimando la diferencia entre un rendimiento factible bajo el riego frente al rendimiento actual bajo producción de secano. Un rendimiento razonable bajo riego se estima en 5.0 TM/ha, aunque el potencial de rendimiento en el riego es aún mayor. Los rendimientos actuales en secano favorecido son aproximadamente de 3.0 TM/ha, que resultan en un brecha de rendimiento de 2.0 TM/ha. Este brecha de rendimiento se estima para 10.000 ha, que es un meta razonable para convertir a riego a corto plazo. Por consiguiente, el mejoramiento del rendimiento sobre 10.000 ha resultará en un aumento de producción de cerca de 20.000 TM.

- **Chile**

Chile no es un productor importante de arroz no obstante que las condiciones ambientales son favorables para lograr una productividad muy alta, similar a California. Chile normalmente cultiva menos de 30.000 de arroz de riego, con una producción anual de 100.000 TM. El rendimiento promedio es de menos de 4.0 TM/ha debido a poca agua y al manejo que recibe el cultivo. La Información del Cuadro 3.20 ilustra el poco progreso en la producción en Chile en la última década. El área sembrada con arroz está en declive y los rendimientos nacionales han permanecido estancados.

El potencial de rendimiento del arroz de riego en Chile está por encima de 8.0 TM/ha; sin embargo, este nivel de rendimiento es factible sólo en áreas que tienen drenaje adecuado. En general, el potencial de rendimiento se estima en 6 TM/ha, resultado de la brecha del rendimiento de 2.0 TM/ha.

3.A.3.4.1.1. Resumen de la Brecha del Rendimiento en la Región Templada de LAC

La Zona Templada de Sudamérica es un área de alto potencial de rendimiento debido a factores climáticos favorables, agua abundante y recursos de suelo adecuados para la producción arroz de riego. Sin embargo, el rendimiento promedio en la zona templada

de los cinco países analizados es apenas de 5.0 TM/ha. El potencial de rendimiento para la zona se estima en 6.5 TM/ha, lo que resulta en una brecha regional de rendimiento de 1.5 TM/ha (Cuadro 3.21).

En la actualidad hay aproximadamente 1.4 millones ha de arroz de riego en los cinco países evaluados con una producción anual de 7.1 millones TM. A corto plazo, simplemente cerrando la brecha aparente de rendimiento, la producción aumentaría a 9.3 millones de TM. Esto representa un 31% aumento en la producción con un valor a las puertas de la finca de US\$ 330 millones.

A largo plazo las ganancias económicas de cerrar la brecha de rendimiento son mucho mayores ya que supondría un estímulo económico para expandir la producción de arroz de riego, puesto que muchos de los incrementos en la productividad se pueden obtener mejorando el manejo del cultivo, que no requiere grandes inversiones de capital grandes. La mayoría de las prácticas agronómicas involucran uso de insumos disponibles de manera más oportuna y precisa. Debido al difícil problema con arroz rojo que ya existe en el sur de Brasil y a la probabilidad de que este problema se convierta en una restricción seria en otras áreas, se debe prestar atención especial a programas preventivos. La rápida expansión de nuevas áreas de riego en Argentina y la transformación al riego en Bolivia son regiones primordiales donde deberían tomarse medidas estrictas para prevenir la introducción de arroz rojo. El uso de semillas de alta calidad desprovista de arceses rojos o enmalezados es el medio más fácil y más económico para reducir las infestaciones de arroz rojo.

3.A.3.4.2. Análisis de la Brecha del Rendimiento en América Tropical y Centroamérica

- **Colombia (para más detalles sobre las brechas de rendimiento de arroz en Colombia, ver 3.A.4.5 más adelante)**

El arroz se cultiva en Colombia bajo una serie de sistemas, incluyendo seco favorecido, fanguero y preparación convencional en tierra seca y siembra directa en suelo seco. Todos los sistemas tienen distintas prácticas de manejo y las restricciones para mejorar la producción son altamente variables. Los agricultores colombianos tienen una historia de uso indiscriminado de pesticidas y costos excesivos de producción. Los esfuerzos concertados por la Federación Nacional de Arroceros (FEDEARROZ) en los últimos 15 años han resultado en una reducción del uso de pesticidas y en una reducción de los costos de producción. Sin embargo, a pesar de un servicio activo de investigación y extensión al agricultor, la producción total de arroz en Colombia ha estado estancada por dos décadas. Durante la década de 1990, la producción de arroz aumentó a una tasa anual de sólo 0.1%, a pesar de un crecimiento anual del 1.5% en el rendimiento. El problema principal en Colombia es una reducción del área, un problema que es más de origen social que por razones técnicas. No obstante, durante 1999 y 2000, la producción volvió a 2.3 millones de toneladas de arroz paddy en 450.000 ha, para una producción promedio de arroz de 5.0

toneladas/ha. Esto ha sido el resultado de mejores variedades y del apoyo del gobierno a los productores de arroz.

Los rendimientos de arroz en Colombia varían apreciablemente entre regiones de producción. La Información que se suministra en el Cuadro 3.22 muestra que el rendimiento promedio entre las zonas de producción varía en 50%. Los rendimientos son altamente variables incluso en una zona de producción relativamente homogénea. Un informe reciente de INDUARROZ (Asociación Colombiana de Molineros de Arroz) afirmó que el tiempo inapropiado y las dosis inadecuadas de los fertilizantes y herbicidas contribuyen de manera significativa a las grandes fluctuaciones en rendimientos. También las fechas de siembra tienen una influencia importante en el rendimiento final. Todas estas variables son prácticas de manejo y están sujetas a mejoramiento siempre que los agricultores estén conscientes del impacto que ellos ejercen sobre el rendimiento final.

En el Cuadro 3.22 se presenta la información de la producción de regiones arroceras de Colombia con datos sobre el potencial de rendimiento de cada zona. A nivel nacional, la brecha del rendimiento se estima en algo menos de 1.0 TM/ha pero oscila de 1.3 TM/ha para la zona central, que es la más importante, a sólo 0.4 TM/ha para la región de los Llanos donde la mayoría del arroz es favorecido.

Los rendimientos a nivel nacional muestran grandes brechas entre grupos de agricultores. Pero las brechas tienen en su mayoría su explicación en las condiciones edafo-climáticas de cada región y en los sistemas de producción. Cerrar la brecha del rendimiento entre el rendimiento real y el potencial es principalmente una función del enfoque de las actividades de investigación en problemas claves y en demostrar las prácticas de manejo mejoradas a los agricultores.

- **Venezuela**

Los productores en Venezuela preparan el suelo mediante fanguero y siembran semillas pre-germinadas, un sistema poco frecuente en las Américas. Este sistema tiene distintos requerimientos de manejo y presenta problemas únicos. La más importante restricción para el mejoramiento del rendimiento es la liberación de toxinas de la descomposición anaeróbica orgánica por la inundación continua y el lodo. Se especula que este desorden es parecido al problema observado en Asia de reducción de rendimiento en el sistema de producción de inundación continua de cultivo intenso.

Durante la década de 1990 la producción de arroz en Venezuela experimentó una tasa anual de crecimiento de 2.9%; sin embargo, la expansión del área bajo cultivo representa más del 80% del incremento de la producción. Los rendimientos nacionales permanecen relativamente bajos en 4.3 TM/ha y han estado esencialmente estancados durante la última década (0.5% tasa anual de crecimiento en el rendimiento). El estancamiento en el rendimiento es básicamente un producto de la incidencia

aumentada del problema rendimiento - periodicidad asociado con la liberación de toxina en condiciones a largo plazo, referido localmente como el "síndrome de la raíz negra".

Hay dos regiones arroceras importantes en Venezuela, cada una con problemas distintos (Cuadro 3.23). En los Llanos Centrales la mayoría de la producción se basa en agua proveniente de un gran reservorio. El abastecimiento de agua limita la producción a una cosecha/año. El promedio bajo de rendimiento en esta región, de 3.8 TM/ha, es un reflejo de que los agricultores cultivan el arroz fuera de temporada cuando el abastecimiento de agua se limita. Durante la temporada normal de cultivo los rendimientos son más altos y alcanzan 6.0 TM/ha. El uso excesivo de pesticidas y la periodicidad inapropiada de fertilizantes, en especial N, son los problemas principales de manejo. El manejo del nitrógeno en el sistema de producción por inundación es difícil debido a las grandes pérdidas experimentadas cuando las aplicaciones se hacen sobre suelo mojado. Es factible aumentar significativamente los rendimientos aplicando todo el N sobre el suelo seco antes de la preparación del suelo y/o desaguardo y aplicando N sobre el suelo seco durante las últimas etapas de crecimiento.

En el Llanos Occidentales, la producción intensa de arroz es la norma que resulta en más o menos suelo continuamente inundado. Esta área representa más de dos tercios de la producción nacional y se afecta seriamente por el síndrome de la raíz negra. Alterar los sistemas de preparación de tierras entre cosechas, que permitiría que el suelo se seque entre cosechas, puede aumentar significativamente los rendimientos. Alterar la preparación del suelo o la completa conversión a la preparación seca del terreno seco parece reducir significativamente la incidencia del síndrome de la raíz negra y estimula el rendimiento. La brecha del rendimiento en los Llanos Occidentales se estima en 1.6 TM/ha, que puede cerrarse adoptando sistemas mejorados de preparación del terreno y mejorando la eficiencia del uso de nitrógeno.

A nivel nacional, la brecha de rendimiento se estima en 1.5 TM/ha; el aumento al cerrar la brecha en las 150.000 ha de producción, resultará en un aumento anual de oferta arroceras de unas 225.000 TM (Cuadro 3.23). Esto representa un 33% de aumento en la producción y un valor anual, a puertas de finca de aproximadamente US\$33 millones.

3.A.3.4.3. Centroamérica Tropical - Panamá, Costa Rica, Nicaragua y Guatemala

Tradicionalmente mucha de la producción de arroz en Centroamérica proviene del sistema de secano, con frecuencia practicado por agricultores pequeños sobre laderas que usan un sistema itinerante de cultivo corte/quema. En esta situación, la producción de arroz fue un contribuyente importante a la erosión del suelo y a la destrucción del recurso natural. La tendencia hacia el comercio libre ha expuesto la producción a fuerzas de mercado, que conllevaron a una reducción en la producción de secano. Esto ha sido particularmente cierto en Panamá y Guatemala durante la década de 1990 como lo ilustran los datos en los Cuadros 3.12 y 3.13. Costa Rica experimentó una tendencia similar durante los últimos años de los 80, pero el área sembrada de arroz se estabilizó durante la década del 1990 como lo ilustra el Cuadro 3.26. La producción de

arroz en Nicaragua, similar a la del sector agrícola total, ha estado en una fase de recuperación después de las perturbaciones civiles de la década de 1970 y 1980, y el crecimiento anual en el área sembrada de arroz durante la década de 1990 sobrepasó el 6.0% (Cuadro 3.27).

La mayoría de los países centroamericanos tienen recursos adecuados de agua y tierra para sostener áreas suficientes de arroz de riego que permitan satisfacer las demandas nacionales. La producción actual es una mezcla de favorecido, seco y riego. Los cuatro países de interés reconocen el potencial del arroz de riego y han organizado asociaciones de agricultores para fortalecer la transferencia de tecnología y de investigación en el sector de riego. La transformación a arroz de riego será un proceso gradual y aumentar el rendimiento en el sector de riego acelerará el proceso. Los rendimientos actuales bajo riego son bajos, rara vez exceden 4.0 TM/ha, si bien las variedades mejoradas para la producción de riego se usan ampliamente. La restricción principal para incrementar los rendimientos es el inadecuado manejo del cultivo, debido principalmente a la experiencia limitada con arroz de riego.

La brecha del rendimiento es muy evidente en las ecologías de lluvia y en las de riego. Se estima que estos dos sistemas comprenden cerca del 50% del área total de arroz en cada país. El potencial de rendimiento en los dos sistemas favorecidos es 5-6 TM/ha, que resulta en una brecha de rendimiento de 2-3.5 TM/ha (Cuadro 3.28). Cerrar la brecha del rendimiento en los sistemas de producción favorecidos aumentaría la producción total anual de arroz en los cuatro países, del nivel actual de 618.000 TM a 1.157.000 TM. Además, el rendimiento aumentado de los sistemas más productivos estabilizará el abastecimiento nacional y reducirá la necesidad de producir arroz en el sistema de arroz seco, inestable y poco favorable.

- **Cuba**

Cuba, junto con República Dominicana y Guyana, es uno de los principales productores de arroz en el Caribe. Sin embargo, la producción ha estado estancada por una década. La producción de arroz en Cuba está limitada por la disponibilidad de agua. La competencia por agua para uso humano y para cultivos más lucrativos y que demandan menos agua restringirá más la producción de arroz. Los datos de producción indican que la producción de arroz se ha reducido de una producción anual de más de 530.000 TM a principios de los 80, a menos de 390.000 TM en la cosecha de 1999. El Cuadro 3.29 muestra tendencias de producción durante la última década. Los rendimientos totales permanecen bajos en 2.4 TM/ha e incluso en áreas con oferta adecuada de agua, rara vez sobrepasan las 4.0 TM/ha.

Aproximadamente 160.000 ha se cultivan al año en Cuba pero se estima que sólo 30% del área, o 50.000 ha, tienen agua conveniente para apoyar altos rendimientos. El rendimiento potencial en las 50.000 ha de áreas favorecidas se estima en 6.0 TM/ha, que resulta en una brecha del rendimiento de 3.6 TM/ha. Estimular el rendimiento mediante prácticas mejoradas de manejo del cultivo en las áreas altamente favorables

para la producción arroz de riego permitirá un mejor uso de los escasos recursos de Cuba, incluyendo el agua. Mientras parte del problema está relacionado con la escasez de divisas, hay un amplio espacio para aplicaciones más precisas y eficientes de pesticidas y fertilizantes.

3.A.3.4.3.1. Resumen de Brecha del Rendimiento en el Sur Tropical, Centroamérica y Cuba

La producción anual total de arroz de los siete países en la zona tropical es aproximadamente de 3.1 millones de TM. El rendimiento promedio de todos los sistemas de producción es de 4.0 TM/ha. Sin embargo, en gran parte de Centroamérica están por debajo de 3.0 TM/ha. En el área más productiva, que incluye riego y favorecido, el potencial de rendimiento se estima en 5.0 a 6.0 TM/ha. En total, se estima que la brecha del rendimiento en la región tropical es 1.2 TM/ha (Cuadro 3.30). Cerrar la brecha del rendimiento aumentaría la producción total en más de 900.000 TM, anualmente. Esto representa un 30% de aumento en el rendimiento total de arroz y tiene un valor comercial al nivel de finca de aproximadamente US\$135 millones. Además de las ganancias económicas derivadas del cerrar la brecha del rendimiento, hay impactos ambientales positivos, en especial en Centroamérica, al enfocar producción en áreas más apropiadas para la producción de arroz.

3.A.3.4.3.2. Impactos de Cerrar la Brecha del Rendimiento

La brecha del rendimiento es evidente en todos los países analizados; sin embargo, el tamaño de la brecha del rendimiento varía entre regiones, entre países y dentro de las zonas de producción como se ilustra en el resumen del Cuadro 3.31. El potencial de rendimiento para el arroz de riego es más alto en la región templada del Cono Sur debido condiciones climáticas más favorecidas. Además de potencial de más alto rendimiento, el Cono Sur tiene recursos amplios para expandir la producción de arroz de riego. Cerrar la brecha del rendimiento aumentaría no sólo la productividad del área actual en producción, sino también proveería el incentivo económico para la expansión adicional.

En la zona tropical, el potencial de rendimiento para el arroz de riego es más bajo pero la brecha del rendimiento es aproximadamente la misma cuando se comparó con la región templada (Cuadro 3.32). Esto se debe a rendimientos actuales inferiores en el Sur tropical y Centroamérica. El rendimiento estimado de la brecha de rendimiento para esta región incluye sólo áreas capaces de sostener arroz altamente productivo, i. e. riego y seco favorecido.

El aumento factible en la producción por cerrar la brecha del rendimiento en los 12 países analizados se estima en 2.7 millones de TM (Cuadro 3.30). Este equivale al 27% de incremento en la producción y contribuirá anualmente más de US\$400 millones al ingreso bruto de agricultores de arroz. La tecnología para cerrar la brecha del rendimiento está disponible pero debe introducirse, modificarse para condiciones

locales y más importante aún extenderse a los agricultores. La transferencia de tecnología es el ingrediente clave para cerrar la brecha del rendimiento y el trabajo con las asociaciones de agricultores provee el medios para transferir tecnología de una manera sostenible y económica.

Cuadro 3.13. Evolución de la Producción de Arroz en América Latina y el Caribe durante las Últimas Cuatro Décadas

Período	Área	Rendimiento	Producción
Tasa crecimiento anual (%)			
1961-69	3.8	0.6	3.2
1970-79	2.9	0.7	3.6
1980-89	-0.5	3.0	2.5
1990-99	-0.7	3.3	2.6

Fuente: FAOSTAT DATABASE. 1999.

Cuadro 3.14. Brasil, Tasa Anual de Crecimiento en los 1990s y Valores Promedios para Rendimiento, Área y Producción de Arroz para el Periodo 1997-99

Parámetro	Tasa Anual % en 1990s	Promedio 1997-99
Rendimiento	4.25	2.78 TM/ha
Área	-2.86	3,388,600 ha
Producción	1.26	9,418,600 TM

Cuadro 3.15. Producción Subregional en Río Grande do Sul, Brasil y Estimación de Brecha de Rendimiento en Zonas Diversas de Producción

Región	Área	Actual		Potencial		Incremento Potencial	
	000 Ha	Rend. TM/Ha	Producc. 000 TM	Rend. TM/Ha	Producc. 000 TM	Rend. TM/Ha	Producc. 000 TM
Frontera Oeste	196	5.7	1126	7.0	1372	1.3	254
Litoral Sul	156	5.5	858	7.0	1092	1.5	234
Campanha	128	5.2	664	6.5	832	1.3	168
Depresión Central	117	5.2	605	6.0	702	0.8	97
Planicie Costera Interna	90	4.7	426	6.0	540	1.3	114
Planicie Costera Externa	92	4.3	396	5.5	506	1.2	110
Total/Promedios por Estado	779	5.2	4075	6.5	5044	1.3	969

Fuente: Datos para la producción real suministrados por IRGA Cosecha, 1995/ 96; información de potencial de rendimiento y producción tomado de Informe de Consultoría FLAR por Edward Pulver y Peter Jennings, Junio 1998.

Cuadro 3.16. Rendimiento Potencial y Actual y Producción de Arroz de Riego en las Regiones Diversas de Santa Catarina, Brasil

Región	Área	Actual		Potencial		Incremento Potencial	
	000 Ha	Rend. TM/Ha	Producc. 000 TM	Rend. TM/ Ha	Producc. 000 TM	Rend. TM/ Ha	Producc. 000 TM
Baixo e Medio Vale do Itajai	13	5.6	73	6.5	85	0.9	12
Litoral Norte	25	5.8	145	7.0	175	1.2	30
Alto Vale do Itajai	9	7.0	63	7.5	68	0.5	5
Litoral Centro	3	4.7	14	6.0	18	1.3	4
Litoral Sul	16	5.4	86	6.5	104	1.1	18
Sul do Estado	50	5.6	280	7.0	350	1.4	70
Total/Promedio para Estado	116	5.7	661	6.9	800	1.2	139

Fuente: Producción actual e información de rendimiento obtenida de "Diagnostico da Estrutura hace Produca de Arroz Irrigado en Santa Catarina 1997. XXXII. Reuniao da Cultura hace Arroz Irrigado. EPAGRI. Rendimiento potencial y producción obtenido de Informe de Consultoría FLAR"; Producción actual y potencial de arroz en Santa Catarina". Edward Pulver. 1999.-

Cuadro 3.17. Argentina, Tasa Anual de Crecimiento en el Rendimiento, Área y Producción de Arroz durante la Década de 1990 y Rendimiento Promedio, Área y Producción Total para el Período de Tres Años 1997-99

Parámetro	Tasa Anual de Crecimiento % para 1990s	Promedios para 1997-1999
Rendimiento	2.8	5.03 TM/ha
Área	11.6	217,000 ha
Producción	14.4	1,085,200 TM

Cuadro 3.18. Uruguay, Tasa Anual de Crecimiento en el Rendimiento, Área y Producción de Arroz durante la Década de 1990 y Rendimiento Promedio, Área y Producción Total para el Período de Tres Años 1997-99

Parámetro	Tasa Anual de Crecimiento % para 1990s	Promedios para 1997-1999
Rendimiento	2.51	6.07 TM/ha
Área	8.76	177,696 ha
Producción	11.37	1,078,974 TM/ha

Cuadro 3.19. Bolivia, Tasa Anual de Crecimiento en el Rendimiento, Área y Producción de Arroz durante la Década de 1990 y Rendimiento Promedio, Área y Producción Total para el Período de Tres Años 1997-99

Parámetro	Tasa Anual de Crecimiento % para 1990s	Promedios para 1997-1999
Rendimiento	0.96	2.02 TM/ha
Área	1.32	126,000 ha
Producción	2.28	254,500 TM

Cuadro 3.20. Chile, Tasa Anual de Crecimiento en el Rendimiento, Área y Producción de Arroz durante la Década de 1990 y Rendimiento Promedio, Área y Producción Total para el Periodo de Tres Años 1997-99

Parámetro	Tasa Anual de Crecimiento % para 1990s	Promedios para 1997-1999
Rendimiento	-0.17	4.0 TM/ha
Área	-1.49	25,200 ha
Producción	-1.66	108,000 TM

Cuadro 3.21. Rendimiento actual y potencial y producción y de arroz de riego en países miembros del FLAR ubicados en la región templada

País	Área	Actual		Potencial		Incremento Potencial	
	000 Ha	Rend. TM/Ha	Producc. 000 TM	Rend. TM/Ha	Producc. 000 TM	Rend: TM/Ha	Producc. 000 TM
Brasil							
- RS	779	5.2	4075	6.5	5044	1.3	969
- SC	116	5.7	660	6.9	797	1.2	137
Argentina	217	5.0	1085	7.0	1519	2.0	427
Bolivia ¹	126	2.0	252	5.0 ¹	282 ¹	3.0 ¹	30 ¹
Chile	27	4.0	108	6.0	162	2.0	54
Uruguay	164	5.7	935	7.0	1148	1.3	213
Total/Promedio	1429	5.0	7115	6.5	8952	1.3	1830
Región Templada							

1. Toda la producción de arroz en Bolivia es de secano, el programa promueve la conversión de 10.000 ha a arroz de riego con un rendimiento promedio de 5,0 TM/ha durante el proyecto propuesta.

Fuente: La Información de Brasil de Cuadros 2 y 3 y el texto y datos para otros países se extrajeron de FAOSTAT, 1999.

Cuadro 3.22. Rendimiento Actual y Potencial y Producción en las Principales Zonas Arroceras de Colombia

Región	Área	Actual		Potencial		Incremento Potencial	
	000 Ha	Rend. TM/Ha	Producc. 000 TM	Rend. TM/Ha	Producc. 000 TM	Rend. TM/Ha	Producc. 000 TM
Centro	105	6.3	662	7.5	788	1.2	126
Llanos	76	4.9	372	5.3	403	0.4	31
Bajo Cauca	41	4.2	172	5.5	226	1.3	54
Costa Norte	28	5.2	146	6.0	168	0.8	22
Santanderes	22	4.9	108	5.5	121	0.6	13
Total/Promedio para Colombia	272	5.4	1460	6.3	1706	0.9	246

Fuente: Datos actuales de área, rendimiento y producción obtenidos de "Arroz en Colombia", 1997. FEDEARROZ. División de Investigaciones Económicas. Información de potenciales de rendimiento extraídos de FLAR-FEDEARROZ 1996. Edward Pulver y Peter Jennings.

Cuadro 3.23. La Corriente y Producción y Rendimientos Potenciales de Arroz de Riego en las dos Zonas Principales de Producción de Venezuela

Región	Área	Actual		Potencial		Incremento Potencial	
	000 Ha	Rend. TM/Ha	Producc. 000 TM	Rend. TM/Ha	Producc. 000 TM	Rend. TM/Ha	Producc. 000 TM
Llanos Centrales	62	3.8	236	5.0	310	1.2	74
Llanos Occidentales	88	4.9	429	6.5	572	1.6	143
Total para Venezuela	150	4.4	665	5.9	882	5.9	217

Fuente: Los datos sobre la producción y rendimiento actual fueron extraídos de APROSCHELLO, 1999. La información sobre la producción y rendimiento potencial fue extraída de FLAR-FUNDARROZ, 1997 Informe de Consultoría "El Papel de Fundarroz en la industria arroceras en Venezuela". Edward Pulver y Peter Jennings.

Cuadro 3.24. Panamá, Tasa Anual de Crecimiento en el Rendimiento, Área y Producción de Arroz durante la Década de 1990 y Rendimiento Promedio, Área y Producción Total para Período de Tres Años 1997-99

Parámetro	Tasa Anual de Crecimiento % para 1990	Promedios para 1997-99
Rendimiento	0.47	2.5 TM/ha
Área	-5.92	57,000 ha
Producción	-5.45	143,000 TM

Cuadro 3.25. Guatemala, Tasa Anual de Crecimiento en el Rendimiento, Área y Producción de Arroz durante la Década de 1990 y Rendimiento Promedio, Área y Producción Total para Período de Tres Años 1997-99.

Parámetro	Tasa Anual de Crecimiento % para 1990	Promedios para 1997-99
Rendimiento	0.55	2.9 TM/ha
Área	-2.35	13,000 ha
Producción	-1.80	38,000 TM/ha

Cuadro 3.26. Costa Rica, Tasa Anual de Crecimiento en el Rendimiento, Área y Producción de Arroz durante la Década de 1990 y Rendimiento Promedio, Área y Producción Total para Período de Tres Años 1997-99.

Parámetro	Tasa Anual de Crecimiento % para 1990	Promedios para 1997-99
Rendimiento	0	3.5 TM/ha
Área	1.35	65,000 ha
Producción	1.35	228,000 TM/ha

Cuadro 3.27. Nicaragua, Tasa Anual de Crecimiento en el Rendimiento, Área y Producción de Arroz durante la Década de 1990 y Rendimiento Promedio, Área y Producción Total para Período de Tres Años 1997-99

Parámetro	Tasa Anual de Crecimiento % para 1990	Promedios para 1997-99
Rendimiento	-0.79	2.9 TM/ha
Área	6.07	72,000 ha
Producción	5.28	209,000 TM

Cuadro 3.28. Rendimiento Actual y Potencial y Producción de Arroz de Riego de los Países Miembros del FLAR en la Región Tropical (excluyendo Colombia y Venezuela)

País	Area	Actual		Potencial		Incremento Potencial	
	000 Ha	Rend. TM/Ha	Producc. 000 TM	Rend. TM/Ha	Producc. 000 TM	Rend. TM/Ha	Producc. 000 TM
Costa Rica ¹	65	3.5	228	6.0 ¹	309 ¹	2.5 ¹	81 ¹
Guatemala ¹	13	2.9	38	5.0 ¹	52 ¹	2.1 ¹	14 ¹
Nicaragua ¹	72	2.9	209	5.0 ¹	284 ¹	2.1 ¹	75 ¹
Panamá ¹	57	2.5	143	6.0 ¹	242 ¹	3.5 ¹	99 ¹
Cuba ²	160	2.4	384	6.0 ²	564 ²	3.6	180 ²
Total Región Tropical	367	2.7	1002	5.8	1451	1.2	449

1. Los países tienen una combinación de secano y riego arroz, el programa buscará mejorar producción sobre 50% de área actual, donde el agua no es una restricción de productividad.
2. El déficit de agua limita el total de las 160.000 ha bajo cultivo; el programa busca mejorar el rendimiento a 6.0 TM/ha en 50.000 ha que tiene recursos adecuados de agua.

Fuente: Los datos actuales de producción son promedios de tres años de 1997-99, extraídos de FAOSTAT base de datos, 1999. Potenciales de rendimiento estimados por personal del FLAR, Octubre, 1999.

Cuadro 3.29. Cuba, Tasa Anual de Crecimiento en Rendimiento, Área y Producción de Arroz durante la Década de 1990 y Promedios de Rendimiento, Área y Producción Total para el Período Tres Años 1997-99

Parámetro	Tasa Anual de Crecimiento para 1990	Promedios para 1997-99
Rendimiento	-1.06	2.4 TM/ha
Área	1.14	160,000 ha
Producción	0.08	384,000 TM

Cuadro 3.30. Rendimiento Actual y Potencial y Producción de Arroz de Riego de Países Miembros del FLAR ubicados en la Región Tropical

País	Área 000 Ha	Actual		Potencial		Incremento Potencial	
		Rend. TM/Ha	Produc. 000 TM	Rend. TM/Ha	Produc. 000 TM	Rend TM/Ha	Produc. 000 TM
Colombia	272	5.4	1460	6.3	1706	0.9	246
Venezuela	150	4.4	665	5.9	882	1.5	217
Costa Rica ¹	65	3.5	228	6.0 ¹	309 ¹	2.5 ¹	81 ¹
Guatemala ¹	13	2.9	38	5.0 ¹	52 ¹	2.1 ¹	14 ¹
Nicaragua ¹	72	2.9	143	5.0 ¹	284 ¹	2.1 ¹	75 ¹
Panamá ¹	57	2.5	143	6.0 ¹	242 ¹	3.5 ¹	99 ¹
Cuba ²	160	2.4	384	6.0 ²	564 ²	3.6 ²	180 ²
Total/Promedio Región Tropical	789	4.0	3127	6.0	4039	1.2	912

1. Los países tienen una combinación de secano y riego arroz, el programa buscará mejorar producción sobre 50% de área actual, donde el agua no limite la productividad.

1. Los déficits de agua limitan mejoramientos para 160.000 ha bajo cultivo, el programa mejorar el rendimiento a 6 TM/ha en 50.000 ha que tiene recursos adecuados de agua.

Fuente: Los datos actuales de producción son promedios de tres años de 1997-99, extraídos de FAOSTAT base de datos, 1999. Potenciales de rendimiento estimados por personal del FLAR, Octubre, 1999.

Cuadro 3.31. Repaso del Rendimiento Actual y Potencial Descripción y Producción de Arroz de Riego de Países Miembros del FLAR en ambas Regiones Importantes de Producción

Región/País	Area 000 Ha	Actual		Potencial		Incremento Potencial	
		Rend. MT/Ha	Produc. 000 MT	Rend. MT/Ha	Produc. 000 MT	Rend. MT/Ha	Produc. 000 MT
<u>Templado</u>							
- Brasil							
- RS	779	5.2	4075	6.5	5044	1.3	969
- SC	116	5.7	660	6.9	797	1.2	137
- Argentina	217	5.0	1085	7.0	1519	2.0	427
- Bolivia ¹	126	2.0	252	5.0 ¹	282 ¹	3.0 ¹	30 ¹
- Chile	27	4.0	108	6.0	162	2.0	54
- Uruguay	164	5.7	935	7.0	1148	1.3	213
Región	1429	5.0	7115	6.5	8952	1.3	1830
Total/Promedios							
<u>Tropical</u>							
- Colombia	272	5.4	1460	6.3	1706	0.9	246
- Venezuela	150	4.4	665	5.9	882	1.5	217
- Costa Rica ²	65	3.5	228	6.0 ²	309 ²	2.5 ²	81 ²
- Guatemala ²	13	2.9	38	5.0 ²	52 ²	2.1 ²	14 ²
- Nicaragua ²	72	2.9	209	5.0 ²	284 ²	2.1 ²	75 ²
- Panama ²	57	2.5	143	6.0 ²	242 ²	3.5 ²	99 ²
- Cuba ³	160	2.4	384	6.0 ³	564 ³	3.6 ³	180 ³
Región	789	4.0	3127	6.0	4039	1.2	912
Total/Promedios							
Total/Promedios	2218	4.6	10248	6.3	12991	1.2	2742
Miembros del FLAR							

1. Todo la producción de arroz en Bolivia es seco, el programa promociona la conversión de 10.000 ha a arroz de riego con un rendimiento promedio de 5.0 TM/ha durante el proyecto de tres años propuesto.
2. Los países tienen una combinación de seco y riego arroz, el programa se enfocará en mejorar la producción en 50% en el área actual, donde el agua no limita la productividad.
3. El déficit de agua limita mejoramientos de la totalidad de 160.000 ha bajo cultivo, el programa se enfocará en mejorar el rendimiento a 6 TM/ha en 50.000 ha que tienen recursos adecuados de agua.

RESULTADO 3. FORTALECIMIENTO DE LAS CAPACIDADES REGIONALES DE INVESTIGACIÓN EN ARROZ Y ASIGNACIÓN DE PRIORIDADES A LAS NECESIDADES CON ÉNFASIS EN LOS PEQUEÑOS AGRICULTORES

3.B. Economía del Arroz

3.B.1. Estimaciones Actualizadas de Adopción en LAC de Nuevas Variedades de Arroz por Área y Producción, 1970-99 (con IFPRI y con la Unidad de Impacto de CIAT)

Hitos: datos de uso varietal 1970-99, principales países productores en LAC: Brasil, Argentina, Uruguay, Colombia, Perú, Ecuador, Venezuela.

Luis R. Sanint, CIAT
Phil Pardey, IFPRI
Eduardo Castelo Magalhaes, IFPRI/ EMBRAPA
Marco A. Oliveira, FLAR

Presupuesto: US\$20.000 al año de CIAT; US\$60.000 de IFPRI.

Se hicieron viajes y se contactaron investigadores para reunir datos actualizados sobre la evolución del uso varietal. Los colaboradores y los países visitados son:

Región Templada:

Brasil (EMBRAPA, IRGA, EPAGRI)
Argentina (CIALA, INTA)
Uruguay (INIA)

Región Tropical:

Colombia (FEDEARROZ)
Ecuador (INIAP, FENARROZ)
Perú (Cámara de Semilla)
Venezuela (FUNDARROZ)

3.B.2. Coordinar Reuniones y Actividades de la Red Latinoamericana de Economistas de Arroz

Hitos:

- Reunión de la red: no se realizó debido a falta de fondos.
- Intercambio de información: no se logró pues la red no es una prioridad del FLAR.

3.B.3. Participación en el Estudio de Derechos de Propiedad Intelectual en Arroz en América Latina y el Caribe, con IFPRI

Luis R. Sanint, economista de arroz, CIAT
Eran Binenbaum, U. de California, Berkeley

Hitos: publicación de artículos. No se hizo. El estudiante aplazó la investigación (tesis de PhD) hasta el próximo año.

3.B.4. Monitoreo de Mercados Mundiales de Arroz

Luis R. Sanint, economista de arroz, CIAT

Como un servicio del FLAR a sus miembros, el FLAR publica dos veces al año un resumen de las condiciones mundiales del arroz en su Foro Arroceros.

3.B.5. Actividades Adicionales no Incluidas en el Plan.

Luis R. Sanint, economista de arroz CIAT
Myriam C. Duque, consultora estadístico, CIAT
Néstor Gutiérrez, Director de Investigación Económica, FEDEARROZ-Colombia
Miguel Diago, Director Técnico, FEDEARROZ-Colombia

Hitos: estudio sobre la adopción de nuevas tecnologías de arroz en Colombia

América Latina, con una producción de 24 millones de toneladas de paddy en 1999, contribuyó más o menos el 4% del arroz producido mundialmente. En esta región del mundo, la tecnología conocida como "Revolución Verde" se implementó desde su inicio en 1960 s, y fue precisamente este cambio tecnológico el que resultó en un 300% de incremento en la producción en las últimas cuatro décadas. El crecimiento en la producción se debió principalmente a aumentos radicales en la productividad (Sanint, 2000).

Colombia ha sido un líder en la adopción de las tecnologías nuevas, representadas por la aparición de las variedades enanas de alto rendimiento, que han hecho posible la expansión de este cultivo. En 1999 Colombia produjo 2.3 millones de toneladas de arroz paddy (Fedearroz, 2000), colocando al país en el segundo lugar de la producción en América Latina, después de Brasil que contabiliza la mitad de la producción regional de arroz.

En Colombia el arroz ocupa el primer lugar en valor económico entre los cultivos de ciclo corto; más aún, es la fuente primaria de calorías y proteínas para el 20% del grupo de bajos ingresos entre los colombianos. Se pueden cultivar dos cosechas en la mayoría de las regiones, dependiendo, en su mayoría, de disponibilidad de agua. Una comparación del Primer y Segundo Censo Nacional de Agricultores de Arroz, que se efectuó durante 1988 y 1999, respectivamente, revela que en la última década el número de productores aumentó en 60%, mientras que el área cultivada sólo en 30% (Fedearroz, 1990; Fedearroz, 2000). Esto implica una reducción en el área promedio

de lotes de arroz (de 14 ha en 1988 a 10 ha en 1999) y un aumento en la productividad (de 4.4 toneladas/ha en 1988 a 4.8 toneladas/ha en 1999). En 1999 el área cultivada alcanzó 493.237 has (Fedearroz, 2000).

Hay dos sistemas distintos de producción en el país: mecanizado y manual o tradicional de seco. El arroz mecanizado representa el 95% del área de arroz y el 98% de producción. Sin embargo, el arroz tradicional de seco tiene un valor social en regiones específicas del país, pues casi la mitad de productores de arroz en el país (47% de un total de 28.128 agricultores de arroz) se encuentran en este sistema. Los rendimientos promedio son sólo 1.1 toneladas/ha. Ello se compara con 4.8 toneladas/ha del arroz mecanizado que a su vez, se divide en riego (con 63% del área de arroz y un rendimiento de 5.4 toneladas/ha) y favorecido en tierras bajas inundables (con un 32% del área y un rendimiento de 4.2 toneladas/ha). El último difiere del primero con respecto a su dependencia de la precipitación, que se concentra generalmente en unos pocos meses del año, lo cual determina la muy marcada naturaleza cíclica de producción de este sistema de cultivo. Del área sembrada en arroz mecanizado, 67% corresponde al sistema de arroz de riego y 33% al seco favorecido. Desde el punto de vista de la producción, el sistema de arroz de riego contribuye el 72% del rendimiento mecanizado de arroz, en contraste con el 28% del sistema de seco favorecido, que indica las diferencias marcadas en la productividad.

Desde el punto de vista geográfico, la producción de arroz en Colombia se divide en cuatro zonas de producción (para detalles ver próxima sección sobre materiales y métodos). Cada una de estas regiones tiene diferentes propiedades agroecológicas y edafoclimáticas que los caracterizan y diferencian (Fedearroz 1998).

Otro aspecto importante que debe destacarse en relación con las características de los agricultores de arroz se relaciona con la tenencia de la tierra; 49% de los agricultores de arroz son propietarios y 51%, arrendatarios. Esto significa que los costos de producción en Colombia deben tener en cuenta el arrendamiento de la tierra dentro de los costos variables de la cosecha.

Los objetivos de este trabajo son examinar varias variables socio-económicas en la determinación de la brechas de rendimiento y determinar si hay evidencia de declinación de rendimientos en el arroz en Colombia.

3.B.5.1. Materiales y Métodos

3.B.5.1.1. Definiciones

Zona: cada una de las regiones en las que se ha dividido el país y que constituye muy diferentes ambientes agroclimáticos.

Zona	Parte del País	Provincias
Fluvial del Río Cauca	Sudoeste	Cauca
Centro	Centro	Tolima, Huila, Valle del Cauca, Cundinamarca
Costa (Atlántica) Norte	Norte	Región del Caribe
Llanos Orientales	Oriente	Meta

Cosecha A: como muchas áreas cosechan dos veces al año, esta categoría se refiere a la producción de los lotes de arroz sembrados durante el primer semestre. Es la más grande del año por área y producción. Representa un 60% del total anual.

Cosecha B: cubre el resto de la producción, la obtenida de la siembra durante el segundo semestre calendario. Buena parte de esta cosecha tiene lugar durante los primeros meses del año años calendario.

Tamaño: con base en el área sembrada con arroz se generaron tres categorías:

Categorías	Definidas como:
Pequeñas	Menos de 3 ha
Intermedias	De 3-10 ha (inclusive)
Grandes	Más de 10 ha

Sistema de Cultivo de Arroz (Mecanizado): esta clasificación se basa en el uso y disponibilidad de agua. Básicamente hay dos sistemas: riego y seco. La última depende de la precipitación; pero en términos de manejo utiliza las mismas prácticas y tecnología del anterior.

Tenencia de la Tierra: esta categoría se basa en las condiciones de propiedad o no del lote donde se cultiva el arroz . Se consideraron dos niveles: "arrendatarios" y "otros" que combina las posibilidades restantes (propietarios, agricultores sin títulos, etc.).

Células: que se refieren a las categorías que resultan de las interacciones de Zona, Sistema, Tamaño y Tenencia de la Tierra.

Percentiles: Se generaron para los productores del muestreo como una función de los resultados obtenidos en términos de la variable de interés, que son los rendimientos. Para este propósito, los valores no se organizaron en orden ascendente, dando origen al conjunto

$(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$ y 1^{er} percentil se definió como el valor $p = t / 100$

$np = j + g;$ $j =$ la totalidad del rendimiento

$g =$ la décima parte del rendimiento

el percentil t se puede definir como el promedio ponderado de X_{j+1} , valores que flanquean el valor asociados con el percentil de interés.

$$Y = (1 - g) X_j + g X_{j+1}$$

Para los propósitos de análisis, se formó la variable "Tipo de Productor " para esos rendimientos por debajo del percentil 10 y por encima del percentil 90; en otras palabras, el 10% de los productores con los rendimientos más bajos y el 10% de los productores con los rendimientos más altos a lo largo del periodo 1991-98.

3.B.5.1.2. Fuentes de Datos

Censo: I y II Censo Nacional de Agricultores de Arroz, con las dos cosechas de 1988 y 1999, realizado por FEDEARROZ.

Encuesta Nacional de Agricultores de Arroz: del Censo de 1988, la estratificación del país se hizo en términos de:

1. Tamaño (tres niveles)
2. Tenencia de la Tierra (dos tipos)
3. Sistema de Cultivo (dos clases)
4. Zona (cuatro regiones)

Esto resultó en 48 células de interés.

Se seleccionó al azar un tamaño óptimo de muestra de 180 productores con un 97% de fiabilidad (con base en la variabilidad de rendimiento), y esta se aplicó proporcionalmente entre las células definidas por estratos. Para cada agricultor se seleccionaron dos sustitutos con características similares en caso de que la entrevista no pudiera realizarse con el primero, para mantener los factores de expansión de cada agricultor en la muestra válida.

El muestreo tuvo un período de ensayo en 1989 y 1990 y se ha venido aplicando formalmente desde la cosecha A de 1991 hasta ahora. Este trabajo incluye información hasta 1998A. Como se evalúan dos cosechas por año, hay 15 observaciones por variable en la muestra 1991-98.

Datos experimentales: la información se obtuvo de FEDEARROZ sobre datos experimentales en los lotes de demostración y ensayos regionales de la variedad Fedearroz-50.

3.B.5.1.3. El Análisis

La parte principal del análisis de los datos se relaciona con aspectos de manejo del cultivo en la muestra. El Censo del 99 y los datos experimentales sobre Fedearroz-50 se toman como puntos de referencia. Fedearroz-50 es la variedad más recientemente liberada y está en proceso de ser adoptada en el país durante los últimos semestres del tiempo de muestreo.

Censo 99. Los Cuadros de Contingencia se desarrollaron para probar la hipótesis de independencia entre las variables Tipos de Productor y cada de las siguiente, utilizando las estadísticas χ^2 :

Municipio
Edad
Nivel de instrucción
Años cultivando arroz
Años en la granja

Estas pruebas se corrieron para cada una de las células (Zona - Sistema de Tenencia de la Tierra - Tamaño)

Los análisis se repitieron para:

- Ibagué-Espinal-Saldaña
- Ibagué-Espinal-Saldaña-Purificación-Guamo
- Provincia del Cauca
- Provincia del Valle del Cauca

Encuesta Nacional a Agricultores de Arroz

Estudio Descriptivo. Para cada combinación posible entre Zona, Sistema, Arrendamiento, Tamaño y Tenencia de la Tierra se calcularon los rendimientos promedio (t/ha) usando el procedimiento de promedios de SAS ponderados por el número de hectáreas representadas en cada observación.

Además, se calcularon las varianzas máximas/mínimas, coeficientes de variabilidad y varianza total.

Tendencias. Para detectar tendencias en niveles de rendimiento, se ajustaron dos modelos de regresión, usando el procedimiento SAS REG en cada una de las células antes definidas, omitiendo Tamaño y Tenencia de la Tierra.

El primer modelo fue una regresión lineal simple: $y = a + b X + \varepsilon$

y la segunda fue la exponencial definida por la expresión $y = A e^{b \cdot \text{tiempo}}$.

El estudio se repitió separadamente por Zona y Sistema en las variables que tuvieron datos suficientes a través del tiempo para detectar las tendencias dentro de ellas.

Los Mejores y Peores Productores: el propósito fue determinar si los productores considerados los mejores (rendimientos por encima del percentil 90) o los peores (rendimientos por debajo del percentil 10) permanecían en la misma clasificación consistentemente a través del tiempo. Se corrió un análisis cuantitativo, generando las

variables categóricas "consistente bajo", "consistente intermedio", "consistente alto" y "no uniforme" y se construyó el cuadro respectivo de frecuencias.

Datos Experimentales: los intervalos de confiabilidad se calcularon para los rendimientos de Fedearroz-50 para ver si deberían incluirse los rendimientos reportados por el Censo del 99.

3.B.5.2. Resultados y Discusión

3.B.5.2.1. Resultados Experimentales Versus Rendimiento Nacional Promedio por Zona

Tradicionalmente la brecha tecnológica se mide por la diferencia entre la productividad obtenida en el nivel experimental y los rendimientos bajos que los productores obtienen en sus fincas. Para medir esta brecha se usaron los resultados obtenidos por los investigadores de FEDEARROZ en los ensayos comerciales y semi comerciales de su variedad más reciente, Fedearroz-50, con los que obtuvieron los productores en el segundo semestre de 1999. Para obtener los resultados a nivel de productor, se usaron los datos de los rendimientos obtenidos en el Censo Nacional de Agricultores de Arroz para el mismo período. Cuando se agruparon y compararon los 96 resultados experimentales de las cuatro zonas nacionales de producción con resultados homólogos —promedios obtenidos por el Censo— se encontraron algunos resultados muy interesantes.

Ante todo, las dos zonas donde los datos experimentales promedio eran mayor que los observadas en el Censo (Fluvial del Río Cauca y la Costa Norte), representaron sólo el 20% de la producción nacional. En la Zona Central y en las Llanos, que son los principales centro productores de arroz, los productores lograron rendimientos que fueron los mismos (Zona Central) o significativamente mayores (en los Llanos) que aquellos de los lotes experimentales: 5360 kg vs. 4773 kg. Estos resultados dan una idea muy buena de la brecha existente entre los dos grupos de datos que se comparan. La brecha es algo diferente de la que se reporta comúnmente en la mayoría de los países alrededor el mundo, donde los resultados experimentales son mayores que aquellos obtenidos directamente por agricultores bajo condiciones reales de producción.

La pregunta que surge es cómo puede generarse este tipo de brecha, "contraria al concepto tradicional". Es aquí donde tenemos que recurrir a las particularidades de la generación y difusión de tecnología en Colombia y, en cuanto sea posible, a la naturaleza de los agricultores de arroz colombianos.

Hacia 1990, cuando la responsabilidad por la investigación económica y biológica se transfirió en su mayoría al sector privado (específicamente a FEDEARROZ), algunas de las estrategias que se están implementando hoy fueron reformuladas entonces, primero con respecto al establecimiento de prioridades de investigación y segundo, a la selección de áreas experimentales. En el caso anterior, FEDEARROZ consultó con la

comunidad científica el mejor enfoque de investigación biológica y dio prioridades a las necesidades del sector desde esta perspectiva. En este momento, el factor más importante para destinar la distribución de los fondos para la investigación es la consulta directa con productores, muchos de los cuales expresaron su interés involucrándose en forma directa en el desarrollo de variedades nuevas.

En este proceso de reorientación de la investigación, fue también necesario definir claramente los sitios donde se efectuaría la investigación. Así, además de llevar a cabo los pasos básicos y primarios de todo los procesos en las granjas experimentales en todas las áreas productoras de arroz del país, la mayoría de los lotes de demostración y ensayos se transfirieron directamente a las fincas de los productores. Algunos de los centros experimentales se ubican en áreas donde hay presión alta de enfermedades ("hot spots") con el fin de seleccionar los materiales que son más resistentes a las pestes y enfermedades. No debe sorprender que el arroz cultivado en esos lotes no logre la mejor expresión de su potencial de rendimiento. Con esta estrategia se han obtenido resultados extraordinarios en el momento de diseminar la tecnología. Los productores por sí mismos actuaron como multiplicadores; así que el tiempo requerido para esta difusión fue sorprendentemente corto. En el caso de la variedad Fedearroz-50 en apenas unos pocos meses de lanzada ya se sembraba a lo largo del país; su dispersión depende sólo de la disponibilidad de semilla acreditada.

Otra razón por la cual la tecnología fue adoptada rápidamente por la gran mayoría de los productores de Colombia es la simplicidad del paquete tecnológico, que es fácil de comprender y adoptar. Ahora se hará un intento para explicar qué tan homogéneo es el uso de este paquete en las diferentes regiones productoras de arroz, enfocando las brechas relativas entre grupos de agricultores y en los factores que las pueden explicar.

3.B.5.5.2. Brecha de Rendimiento entre Productores por la Zona

Con base en los resultados experimentales y la productividad a nivel de productor que presenta el Cuadro 3.32, es evidente que hay diferencias importantes en los rendimientos promedios obtenidos en las diferentes zonas productoras de arroz del país. Estas apenas si sorprende dadas las diferencias geográficas de su localización, tipo de suelos y, en especial, disponibilidad de agua. A primera vista, hay una amplia brecha entre arroz manual y mecanizado (1,1 toneladas/ha versus 4,8 toneladas/ha). Obviamente, las condiciones edafo-climáticas explican una buena parte de esa brecha. Para sacar conceptos significativos de las variables que determinan las brechas de rendimiento desde la perspectiva del manejo del cultivo, es importante aislar esos factores externos y analizar el hecho a nivel de grupos homogéneos de agricultores. Por lo tanto, el análisis se enfoca en el arroz mecanizado, tanto de riego como el seco favorecido. Se debe anotar que los sistemas mecanizados usan tecnologías muy similares, incluyendo las variedades y el resto de los insumos de producción, mientras que el arroz tradicional de seco es drásticamente diferente en casi todo sus componentes tecnológicos. Este trabajo estudia, primero, las brechas en los agregados nacionales y gradualmente va concentrando su enfoque a conjuntos más homogéneos

de agricultores en un esfuerzo para obtener los efectos de un grupo de variables seleccionadas en las brechas observadas de rendimiento. Sería interesante saber qué tan homogéneos son los rendimientos de producción en cada región. Se sabe que hay diferencias entre regiones, pero sería de gran ayuda conocer si hay diferencias grandes entre los productores de cada región.

Usando los resultados del Censo 1999, que cubrieron la mayoría de los 28.000 productores, los agricultores de arroz se agruparon dentro de cada zona según su sistema de producción con el fin de explicar mejor el grado de varianza. Para saber si el grado de dispersión dentro de cada grupo de productores era muy grande o aceptable, se usaron coeficientes simples de variabilidad que no excedían 25% como el nivel crítico para distinguir entre estas dos categorías.

El Cuadro 3.33 muestra la productividad promedio para cada una de las regiones por sistema de producción. El coeficiente de variabilidad fue superior al 25% sólo en el secano favorecido de dos regiones: Bajo Cauca y Costa Norte.

Otro aspecto importante que se realza en el Cuadro 3.33 es que los productores de arroz de riego, que representan el 71% de la producción nacional, no exhiben un grado alto de variabilidad. La producción de arroz en el secano favorecido, por supuesto, tiene un factor mayor de riesgo dado que depende exclusivamente de la precipitación, a pesar de la similitud del paquete tecnológico utilizado para el arroz de riego. Dentro del secano favorecido, en la región de los Llanos Orientales, que representa el 90% de esta producción, no hubo nivel de varianza mayor de 25%. Así que puede concluirse que dentro de las regiones, la mayoría de la producción de arroz, independiente del sistema de producción, no presenta varianzas importantes con respecto al nivel de promedio de productividad. Por ello la brecha de producción entre productores por región, es un problema específico del sistema de producción de secano favorecido en dos zonas de producción.

3.B.5.2.3. El Comportamiento de la Brecha en la Zona Central

Para entender mejor los patrones de comportamiento de la dispersión de productividad dentro de la región, se seleccionó la Zona Central¹, la más importante zona de producción de arroz de riego del país. El propósito era separar el comportamiento de los mejores y peores productores para identificar algunas variables de análisis tradicionales que pudieran explicar esta variabilidad.

Para este análisis, se usó la técnica de deciles extremos. Esto consiste en dividir la producción total en diez grupos. Para el análisis se compararon los dos extremos distribución, lo que significa trabajar con el 20% de las poblaciones que más contrastan.

1. Esta es una región altamente homogénea que incluye los departamentos de Tolima, Huila, Valle y Cundinamarca

De acuerdo con el criterio de los investigadores, el tipo de tenencia de la tierra y el tamaño del lote de arroz podrían ser dos variables que ayuden a explicar esta diferencia. Así para la Zona Central se decidió agrupar a los productores por tipo de tenencia (propietarios y arrendatarios) y por el tamaño. Los resultados muestran diferencias de casi el 50% en rendimientos entre los mejores y peores productores. La reacción primaria a estos resultados sería cómo puede ocurrir tal gran diferencia en rendimientos entre estas dos categorías cuando el total para la región no presenta tal gran variabilidad como se mostró antes? La respuesta a esta pregunta es que el 80% de los productores tiene rendimientos cercanos promedio; en otras palabras, la distribución de los rendimientos se acerca una distribución normal. El análisis por tamaño de finca revela que no hay brecha importante entre propietarios o arrendatarios; así que es posible comenzar a excluir este variable como responsable de las diferencias. Se debe anotar que en esta región del país en el año 1999, semestre A, el Censo reveló que el 65% de los productores correspondía a la categoría de arrendatarios. El Cuadro 3.34B muestra que el mismo patrón de distribución se mantiene para la brecha tanto para arrendatarios como para propietarios, tipo de tenencia que impera también como una variable importante.

Para explorar más allá este punto y para tratar de encontrar explicaciones lógicas para caracterizar los mejores y peores productores de arroz en la Zona Central, se decidió explorar otro grupo de variables que explicarían las brechas observadas, por lo menos parcialmente. El Censo 1999 cuantificó variables de naturaleza social, como edad del agricultor, nivel de instrucción, años en la finca y años como cultivador de arroz. La variable "municipio" (la división política administrativa más pequeña dentro de las provincias) que corresponde a la caracterización geográfica, también se incluyó. Para probar la hipótesis de independencia para cada una de estas cinco variables con los agricultores malos o buenos, se usaron los cuadros de eventualidad con la prueba estadística Chi al cuadrado al 5% nivel.

Entre toda las variables geográficas y sociales analizadas, sólo una muestra una relación estadística importante con el rendimiento: "municipio". Así que la hipótesis de independencia entre la productividad de los productores y los variables socio-económicas estudiadas no puede rechazarse. Esto es, que el desempeño del cultivador (bueno o malo) en un municipio determinado no depende del nivel de escolaridad, edad o experiencia como agricultor o como un cultivador de arroz. Más bien, puede ser una función de otros variables no incluidas en el análisis, como talento individual u otros factores aleatorios.

3.B.5.2.4. La Brecha en el Nivel de Municipio

Con base en esta última hipótesis se refinó el nivel de análisis, tomando el municipio como punto focal para el nuevo análisis, para lograr una alta homogeneidad dentro del muestreo. Dentro de la Zona Central se seleccionaron y agrupados los tres municipios más importantes. Para obtener un número suficiente de productores con base en esta nueva agrupación, el análisis previo se hizo para toda la Zona Central.

Los resultados de este nuevo nivel de análisis coinciden con los datos presentados en los Cuadros 3.34A y 3.34B. No obstante, se debe anotar que el tamaño de la brecha entre los peores y mejores productores disminuye al 30%. Este último efecto puede deberse a la selección que se hizo de los municipios. Es decir, hasta este punto, la variable municipio es la única que explica, por lo menos parcialmente, la brecha que existe entre los dos tipos de agricultores de arroz seleccionados.

Igual que en el caso anterior, ni el tamaño del lote de arroz ni el tipo de tenencia explicó los cambios en el comportamiento de la brecha. Se repitieron los análisis de las pruebas de independencia entre las variables geográficas y sociales y la clasificación de los agricultores como buenos o malos. No se encontraron asociaciones diferentes de las encontradas para la variable municipio.

En este estado de análisis, hay espacio para preguntarse qué otro tipo de variables puede explicar la brecha. Una respuesta rápida puede ser el talento y habilidades individuales del productor. También podrían ser, por supuesto, otras variables de características aleatoria de esta actividad —como clima, oportunidad en las prácticas culturales, oportunidad en desembolsos de crédito, disponibilidad de labor, calidad de insumos, etc. — En el caso del secano favorecido, la oportunidad y la cantidad de lluvias son cruciales. Para el país como totalidad, la aplicación precisa de las prácticas de manejo pueden afectarse severamente por el orden público de país, en particular en las áreas rurales.

3.B.5.2.5. Aleatoriedad en el Comportamiento de los Productores

Hay agricultores mejores y peores; las habilidades de un agricultor determinado podrían explicar una buena porción de la brecha cuando se compara con otros agricultores. Para explorar a más profundidad este punto, se estudió en forma detallada el comportamiento de un grupo de agricultores de arroz de la Zona Central, seleccionados de la Encuesta Nacional de Arroz, durante el período 1991-1998. Este período incluye 15 temporadas de cultivo. El propósito fue determinar si durante los 15 semestres estudiados, los productores categorizados, según su desempeño, como el 10% peor o 10% mejor, mantuvo su posición a lo largo del período. Si fue así, esto significaría que hubo un grupo cuyo comportamiento contribuye a explicar la brecha de una manera sistemática, disminuyendo la participación de otros factores aleatorios. Podría decirse, por ejemplo, que las características edafo-climáticas de la micro región o sus habilidades particulares podrían resultar en que fueran siempre clasificados dentro del grupo de los peores o de los mejores productores. Si se encontrara que el mismo cultivador estuvo algunos semestres en el grupo de los peores, otras veces en el de los mejores y otras en el grupo promedio, se podría concluir que hay otros factores aleatorios que determinan las brechas de productividad.

La información de la Encuesta Nacional de Arroceros se usó como base para estos análisis. En el caso de la Zona Central se monitorearon 64 fincas, comenzando el

primer semestre de 1991 hasta el primer semestre de 1998, para un total de 15 semestres continuos para cada cultivador de arroz en la muestra.

El Cuadro 3.35 muestra el comportamiento de los productores encuestados, categorizados por rangos de desempeño, en 3 grupos con base en los rendimientos obtenidos a lo largo de los años: entre los peores 10%; el 80% intermedio y 10 los mejores. Los resultados son muy interesantes: primero, puede verse que de 26 arrendatarios en el sistema de arroz de riego, sólo 2 se encontraron consistentemente entre el 10% de los rendimientos bajos, 8 productores mantuvieron su posición en el grupo intermedio, y los restante 16 se movieron entre las tres categorías. Estos resultados muestran que sólo 2 de los 26 productores mantuvieron su posición en la categoría de peores productores en los 15 semestres; los restantes 24 se movieron aleatoriamente dentro de las 3 categorías.

Para corroborar este análisis, el grupo de 39 propietarios se sometió a este procedimiento (Cuadro 3.36). Se encontró que sólo 7 de ellos mantuvo su posición en el grupo intermedio; los restantes 32 se movieron entre las tres categorías. Como en el caso de arrendatarios, en este caso, la mayoría de productores está en el grupo intermedio la mayo parte del tiempo. Una vez más, este es precisamente lo que confirma la baja variabilidad que existe en rendimientos entre zonas de arroz homogéneas.

La conclusión parcial de esta sección es que la clasificación de los productores como malos o buenos es variable, cambiando de semestre a semestre. Cuando se observa qué le ocurre a un cultivador de arroz determinado en 15 semestres, su desempeño no se clasifica consistentemente en el mismo grupo. Los cambios observados en el desempeño muy probablemente responden a variables que él no puede controlar y que accidentalmente afectan la operación de arroz. Estas podrían ser niveles de luminosidad por día, temperatura, asistencia técnica impropia así como también factores totalmente imprevistos, como el orden público —un variable cuya importancia no debería descuidarse en Colombia— que afecta la precisión de le ejecución de prácticas culturales específicas.

Quizás más importante aún, a causa de las implicaciones de la difusión y generación de tecnología, los resultados también apuntan a la existencia de tecnologías que son muy similares, ampliamente utilizadas por la mayoría de los agricultores y que resultan en desempeños similares cuando se aplican en sitios homogéneas. En Colombia, hay dos tecnologías claramente diferentes, dirigidas a diferentes ecosistemas: una para el arroz mecanizado y otro para el tradicional (o manual) arroz de secano. Mientras cada agricultor en el sector mecanizado utiliza variedades modernas de arroz, dos terceras partes de los agricultores de condiciones de secano manual todavía usan variedades tradicionales (Fedearroz, 1990). La evidencia corrobora la observación de Alain de Janvri en el sentido que la mayoría de innovaciones pueden ser específicas a áreas que sean de propiedad o estén controladas por grupos específicos (de Janvri, 1973). Incluso si la mayoría de las áreas actuales de arroz mecanizado en Colombia hubieran

sido marginales hace veinte o treinta años, a través del tiempo ellas llegaron a ser bastante prósperas como resultado de las innovaciones y de la influencia de programas de investigación de grupos de agricultores organizados bajo FEDEARROZ. A nivel de municipio no parece haber agricultores con paquetes, prácticas y desempeño consistentemente "superiores ". Ello es también equivalente a decir que las tecnologías de arroz son universales y neutras: ellas han sido fácilmente adoptadas por todo tipo de agricultores, y en condiciones ambientales similares, los agricultores podrían obtener rendimientos muy similares. Entre localidades con condiciones altamente homogéneas la brecha es, por lo tanto, independiente de las habilidades individuales del agricultor, el tipo de tecnología y los variables sociales como edad, experiencia en cultivo y producción de arroz, y nivel de escolaridad.

3.B.5.2.6. Tendencias de Rendimiento en Arroz: Período 1991-98 y más allá

Para determinar las tendencias de productividad del sector arrocero colombiano, se corrieron regresiones lineales simples y exponenciales utilizando los datos de la Encuesta Nacional de Arroceros de 180 productores; ellos fueron clasificados por zona, sistema de producción, rango de área y tipo de tenencia de la tierra; los datos se colectaron durante el período 1991-1998.

Los resultados de este análisis mostraron una tendencia positiva de crecimiento en la zona de la Costa Norte y en la Zona Central para los productores con extensiones más grandes. En el resto de las zonas, el comportamiento de este variable tiende a ser estable.

Para el análisis detallado de las zonas de crecimiento, fue necesario romper los datos de producción por variedades. Se observó que este crecimiento depende de la tasa de adopción de variedades de alto rendimiento (Oryzica 1 en la Costa y Roa en la Zona Central).

¿Cuál es el futuro de productividad de arroz en Colombia? En el año 2001 por lo menos una nueva variedad de altos rendimientos será liberada por FEDEARROZ y en el 2002 otras dos variedades se colocarán en el mercado. Varias compañías privadas de semilla tienen líneas nuevas en ensayos avanzados de rendimiento que también se liberarán pronto. Esto asegura que los productores dispondrán de un creciente menú de opciones. El riesgo de que la producción del país tenga como base unas pocas variedades con una base genética estrecha está disminuyendo. Los resultados de este análisis implican que las prácticas nuevas se adaptan rápida y universalmente cuando prueban ser exitosas en incrementar la productividad. Por lo tanto, como la investigación del manejo del cultivo se enfoca más en los puntos de precisión en el cultivo, las tecnologías nuevas deberán ser rápidamente adoptadas por la mayoría de los agricultores y contribuirán a elevar la expresión del potencial de rendimiento en las variedades nuevas. El flujo continuo del nuevo germoplasma mejorado y de nuevas técnicas de manejo del cultivo deberán contribuir a la tendencia ascendente en rendimientos promedio a nivel de fincas. Este es un escenario probable, si los

problemas de orden público se reducen gradualmente para permitir que el sector rural recupere su papel de líder en la economía y si el comercio internacional provee un ambiente justo de competencia.

3.B.5.3. Conclusiones

Colombia ha sido líder en la adopción de tecnologías nuevas de arroz en este continente en las últimas tres décadas. Los sistemas de producción de arroz en el país son altamente heterogéneos. La visión tradicional de las brechas de rendimiento compara datos experimentales con rendimientos de productores líderes. En Colombia, esta brecha es contraria a la hipótesis tradicional: los agricultores con mayores rendimientos superan rendimientos experimentales. Una explicación plausible es que los experimentos se realizan en lugares donde las plagas y otras presiones ambientales son altas y las variedades no expresan su potencial de rendimiento. Para entender mejor la naturaleza de las brechas de rendimiento entre los agricultores y los factores que los influyen, se exploraron los efectos de un conjunto de variables socio económicas y se usaron los vastos datos obtenidos por FEDEARROZ en la década pasada. Los rendimientos a nivel nacional exhiben brechas grandes entre grupos de agricultores. Pero las brechas se explican en su mayoría por las condiciones edafo-climáticas de cada región y por los sistemas de producción. En otras palabras, mientras los agricultores tradicionales de arroz logran, en promedio, 1.1 toneladas/ha, los agricultores mecanizadas de arroz obtienen 4.8 toneladas/ha. Y los agricultores de arroz de riego en la región central obtienen 6.1 toneladas/ha mientras en otras regiones el rendimiento promedio para ese sistema es de alrededor de 4.7 toneladas/ha. El hecho de que los pequeños agricultores exhiban rendimientos menores que los agricultores más grandes, básicamente refleja que la mayoría de los agricultores pequeños son agricultores de arroz de secano tradicional, principalmente ubicados en la frontera, en tierras marginales. Por lo tanto, es importante asegurarnos de no acabar comparando manzanas con naranjas. En consecuencia, el muestreo se agrupó en células formadas por la interacción de cuatro características que definen los prototipos del agricultor: ubicación regional, tenencia, sistema de producción y tamaño del campo. Los cuadros de contingencia se desarrollaron para probar la hipótesis de independencia entre las variables "Tipo de Productor" y cada una de las variables socio - económicas (edad del agricultor, nivel de escolaridad, años en la finca y años como cultivador de arroz). Las pruebas se corrieron para cada una de las células (Zona - Sistema - Tenencia de la Tierra - Tamaño) usando las estadísticas χ^2 . Entre todas las variables geográficas y sociales analizadas, sólo una muestra una relación estadísticamente importante con el rendimiento: "municipio". Así la hipótesis de independencia entre el rendimiento obtenido por un productor determinado y las variables socio - económicas estudiadas no puede rechazarse. Así que, el desempeño del agricultor (bueno o malo) dentro de un municipio determinado no depende del nivel de educación, edad o experiencia como un agricultor o como cultivador de arroz. Se corrió un análisis cuantitativo del desempeño de agricultores por rendimiento obtenido generando las variables categóricas "consistentemente bajo", "consistentemente intermedio", "consistentemente alto" y "no uniforme" y se construyó el respectivo cuadro de

frecuencias. La conclusión es que la clasificación de los productores como malos o buenos es variable y difiere de semestre a semestre. Los cambios observados en el desempeño muy probablemente responden a variables que no pueden controlarse y que aleatoriamente afectan la operación de arroz. No parece haber agricultores con paquetes, prácticas y desempeño consistentemente "superiores" sugiriendo que las tecnologías de arroz son neutras. Las tecnologías nuevas han sido fácilmente adoptadas por todo tipo de agricultores. A su turno, en condiciones edafo-climáticas altamente homogéneas (a nivel de municipio), los agricultores podrían obtener rendimientos muy similares. La brecha es independiente de las habilidades individuales del agricultor de arroz, tipo de tecnología y variables sociales como edad, experiencia en agricultura, nivel de educación y producción de arroz. Tales resultados sólo pueden explicarse por el hecho de que las tecnologías nuevas de arroz son neutras, bastante universales, relativamente simples y adoptables fácil y rápidamente. El tema de los agricultores tradicionales todavía está pendiente; ellos también se han beneficiado de tecnologías nuevas pero en grado mucho menor. Sin embargo, ellos representan menos del 2% del rendimiento de arroz de Colombia. La evidencia que surge del estudio del grupo de arroz mecanizado confirma que la mayoría de innovaciones pueden ser específica a áreas que pertenecen o controlaron grupos específicos, como es el caso del arroz inundado (riego y secano favorecido). A pesar de que la mayoría de las áreas de arroz en Colombia fueron marginales no hace muchos años, ellas llegaron a ser bastantes prósperas a través del tiempo como resultado de las innovaciones y de la influencia de programas de investigación en la organización adecuada de acciones de grupos de agricultores bajo FEDEARROZ. Finalmente, la muestra no exhibe reducción en los rendimientos de arroz en Colombia; en la mayoría de los casos no había una tendencia definitiva pero, cuando se detectó una tendencia importante en rendimientos entre un grupo de agricultores, ésta fue positiva. En el futuro próximo continuará el flujo continuo de nuevas variedades superiores. Las nuevas técnicas de manejo del cultivo que enfatizan en precisión más alta en la aplicación de insumos, deberán contribuir para favorecer la expresión de potencial de rendimiento en las nuevas variedades para asegurar una tendencia ascendente en rendimientos promedio en finca así como a nivel nacional.

Referencias

De Janvri, Alain. 1973. A Socioeconomic Model of Induced Innovations. *Quarterly Journal of Economics*. 87, pp. 410-435.

Fedearroz. División de Investigaciones Económicas. 1990. Primer Censo Nacional Arrocero: Cubrimiento Cosecha B 1987 y A 1988. Cuota de Fomento Arrocero. Santafé de Bogotá.

Fedearroz. División de Investigaciones Arroceras. 1998. Arroz en Colombia, 1980-97. Santafé de Bogotá.

Fedearroz. División de Investigaciones Económicas. 2000. Segundo Censo Nacional Arrocerero: Cubrimiento Cosecha 1999 A y B. Fondo Nacional del Arroz. Santafé de Bogotá. Abril.

Sanint, Luis R. 2000. Biotecnología e Investigación de Arroz: Alternativas para América Latina. Paper presented at the V Seminar "Lavoura em Evolucao", Dom Pedrito, Rio Grande do Sul, Brazil. Junio.

Cuadro 3.32. Datos Experimentales de Producción Vs. Censo 1999 , Arroz de Riego, Colombia, Semestre A

Zona	Productividad (Arroz verde paddy)	
	FEDEARROZ 50	Censo A 1999
	kg/ha *	
Fluvial Bajo Río Cauca	6318	5164
Centro	7167	7170
Costa Norte	6309	5584
Llanos Orientales	4373	5360

Fuente : FEDEARROZ, II Censo Nacional de Productores de Arroz– 1999A.

* Factor de conversión de condiciones de campo de Verde paddy a paddy seco: 0,86.

Cuadro 3.32. Productividad por Zona y Sistema de Producción, Censo 1999, Colombia

Zona	Sistema	Productividad Paddy Verde ** (kg/ha)
Fluvial Bajo Río Cauca	Arroz de Riego	5164
		3562*
Centro	Arroz de Riego	7169
Costa Norte	Arroz de Riego	5584
		4513*
Llanos Orientales	Arroz de Riego	5497
		5360

Fuente : FEDEARROZ, II Censo Nacional de Productores de Arroz– 1999A.

* Coeficiente de variabilidad > 25%

* Factor de conversión de condiciones de campo de Verde paddy a paddy seco: 0,86.

Cuadro 3.33. Productividad, Zona Central, Arroz de Riego, Propietarios por Tamaño de Lote de Arroz, II Censo 1999A. Colombia. Arroz Verde Paddy, Kgs/ha.

	Pequeño	Intermedio	Grande
Mejor 10%	9573	9249	9421
Peor 10%	4794	4741	5380

Fuente : FEDEARROZ, II Censo Nacional de Productores de Arroz– 1999A

Cuadro 3.34. Productividad, Zona Central, Arroz de Riego, Arrendadores por Tamaño de Lote de Arroz. II Censo Nacional de Agricultores de Arroz, 1999-A. Verde paddy arroz kg/ha.

	Pequeño	Intermedio	Grande
Mejor 10%	8800	9331	9569
Peor 10%	4232	4937	5739

Fuente: FEDEARROZ, II Censo Nacional de Productores de Arroz– 1999A

Cuadro 3.35. Distribución de la Posición de Arroz de Riego, Arrendadores por Productividad Decile, Zona Central, 1991-1998

Peores 10%	80%	Mejores 10%
No. Semestres		
4	-	-
5	-	-
-	3	-
-	11	-
-	2	-
-	10	-
-	3	-
-	4	-
-	9	-
-	12	-
1	9	-
1	8	3
1	5	1
3	2	-
-	11	1
-	5	1
-	8	7
2	9	1
3	11	-
-	11	2
2	5	-
1	10	4
1	8	-
1	12	-
1	13	-
-	12	2

Fuente: FEDEARROZ, II Censo Nacional de Productores de Arroz– 1999A

Cuadro 3.36. Distribución de la Posición de Arroz de Riego, Propietarios por Productividad Decile, Zona Central, 1991-1998

Peores 10% No. Semestres	80%	Mejores 10%
-	2	-
-	2	-
-	5	-
-	2	-
-	10	-
-	12	-
-	3	-
-	11	2
1	2	-
1	4	-
2	3	-
-	7	1
1	5	1
-	8	1
1	13	-
2	11	2
-	11	3
-	8	3
1	10	-
3	9	-
-	8	4
-	11	2
-	8	3
3	7	1
-	13	1
1	5	4
-	12	1
-	7	7
2	1	1
1	11	1
1	12	1
1	11	-
-	8	5
3	11	-
1	10	-
1	11	3
-	4	2
3	6	-
1	5	-

Publicaciones

- Edición y publicación del Foro Arrocero Latinoamericano

Se han publicado dos ediciones anuales desde la creación de FLAR en 1995. Este boletín es un mecanismo de difusión para informar al público en general sobre actividades del FLAR, prioridades y puntos de vista sobre temas relacionados con investigación, capacitación, comercialización, políticas, etc. del sector de arroz.

- Preparación de editoriales y artículos
- Buscar contribuciones de colegas. Editar y producir dos ediciones al año

- Co-Editar Arroz en las Américas

Se publicó una edición en el 2000.

- Someter artículos a *journal* con referís

Hito: artículos sometidos. No se hizo. Un artículo presentado en la Comisión Internacional de Arroz de FAO (ver 3.B.5 arriba) se someterá a un *Journal* de este tipo.

- Preparación de Informes anuales para FLAR y CIAT y Actas de Comité

Las actas para las reuniones de comité del FLAR se prepararon y fueron firmadas por testigos. La oficina finanzas del CIAT recibe una copia como prueba de los compromisos de financiamiento de los socios.

- Presentación de trabajos en Talleres, Conferencias, Seminarios, etc.

Colombia: Comalfi, XXX de Congreso. Trabajo invitado sobre adopción de tecnología de arroz en LAC. Ibagué. Mayo 10, 2000.

Brasil: V de Seminario en Investigación de Arroz. Trabajo invitado sobre el papel de la biotecnología en la investigación en arroz. Dom Pedrito, Junio 24.

Colombia: Curso de Mejoradores de arroz. Economía de arroz en LAC. Septiembre 25. CIAT.

ANEXO 1. PERSONAL PRINCIPAL Y DE APOYO

Personal Principal

Lee Calvert, *Virólogo*
Marc Chatel, *Mejorador, CIRAD-CA*
Fernando Correa, *Patólogo y Líder del Proyecto*
Zaida Lentini, *Mejorador*
César P. Martínez, *Mejorador*
Rafael Meneses, *Científico Visitante, I.I.A., Cuba*
Luis R. Sanint, *Economista Agrícola, Economista y Director Ejecutivo del FLAR*
Michel Valés, *Patólogo, CIRAD-CA*

Personal de Apoyo

Asociados y Asistentes

Luis E. Berrío, *FLAR*
Jaime Borrero, *Genética*
Maribel Cruz, *FLAR*
Diana Delgado, *FLAR*
Myriam Cristina Duque, *Biometría*
Joanna Paola Dossmann, *Patología, CIRAD-CA*
Fabio Escobar, *Biotecnología*
Julio Eduardo Holguín, *FLAR/FEDEARROZ*
Iván Lozano, *Virología*
Jaime Lozano, *Genética*
María Nelly Medina, *Líder*
Adriana Mora, *Genética/Cultivo de Anteras*
Yolima Ospina, *Genética*
Gustavo Prado, *Patología*
James Silva, *Biometría*
Mónica Triana, *Entomología*
Edgar Tulande, *Patología (VVC)*

Científicos Visitantes

Edgar Torres, *DANAC, Venezuela*
Luis Antonio Reyes, *FEDEARROZ, Colombia*

Secretarias

Liz Deira Arango, *FLAR**
María Victoria Ballesteros, *FLAR*
Elizabeth Hurtado, *Líder*
Liliana Escobar, *Líder*
Carmenza Llano, *Líder/Patología**

Técnicos y Personal de Campo

Felix Acosta, *Genética*
Miguel Acosta, *FLAR*
Tomás Agrono, *Genética/Cultivo de Anteras*
María Girena Aricapa, *Patología*
Jesús E. Avila, *Fisiología (VVC)*
Jairo Barona, *Líder*
Silvio James Carabalí, *Genética*
Marco Tulio Castillo, *FLAR*
Efrén A. Córdoba, *Entomología*
Gerardo A. Delgado, *Genética*
María Ximena Escobar, *FLAR*
Jaime Gallego, *Genética*
Jairo García, *Biotechnología*
Aldemar Gutiérrez, *FLAR*
Jorge Ignacio Hernández, *FLAR/FEDEARROZ*
Victoria Eugenia Kury, *FLAR*
Luis Armando Loaiza, *FLAR*
Víctor Hugo Lozano, *Genética (VVC)*
Henry Manyoma, *FLAR*
María C. Martínez, *Virología*
Fabián Mina, *FLAR*
Jaime Morales, *FLAR (VVC)*
Mauricio Morales, *Entomología*
Rodrigo Morán, *Entomología*
José Arturo Mosquera, *FLAR*
Carlos Ordoñez, *Genética*
Francisco Ortega, *Fisiología/Genética*
Francisco Rodríguez, *Genética (VVC)*
Humberto Rodríguez, *FLAR*
Luis H. Rosero, *Patología*
Sory H. Sánchez, *Genética*
Pedro Nel Vélez, *Genética*
Jairo Vega, *FLAR (VVC)*
Daniel Zambrano, *Patología*

* Retiros durante el 2000