

CONTENIDO

PROYECTO IP-4. MEJORAMIENTO DEL GERMOPLASMA DE ARROZ PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE	a
• Meta del proyecto	a
• Finalidad del proyecto	a
• Marco lógico del proyecto	b
RESUMEN DEL INFORME ANUAL 2001	i
• Aportes	i
• Principales colaboradores por organización	i
• Introducción	ii
• Nuevas variedades para Colombia	ii
• El arroz y sus parientes	iii
• Apuntar hacia un objetivo móvil: el añublo del arroz	iii
• Arroz para los pequeños propietarios de escasos recursos	iv
• Perspectivas futuras	iv
RESULTADO 1. MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL ARROZ UTILIZANDO MÉTODO CONVENCIONAL, ACERVOS GENÉTICOS Y POBLACIONES CON ANDROESTERILIDAD	1
1. A. Arroz de Secano para el Ecosistema de Sabanas	1
• Mejoramiento Convencional	1
• Mejoramiento de Poblaciones Compuestas	5
• Arroz de Riego	18
1B. Desarrollo del Arroz de Secano para Pequeños Productores	23
• Nuevas Poblaciones Recurrentes	23
1.C. Ampliación de la Base Genética del Arroz de Riego en América Latina	29
• Mapeo de Genes Asociados con la Tolerancia a la Toxicidad de Aluminio en Arroz	29
• Detección de QTLs Asociados con Componentes de Rendimiento y otros Caracteres Importantes en una Población BC ₂ F ₂ del Cruzamiento <i>O. sativa/O. rufipogon</i> Evaluada en Condiciones de Secano en un Suelo Ácido	36
• Evaluación y Selección de Poblaciones Interspecificas mediante Mejoramiento Convencional	42
1.D. Introgresión del Nuevo Tipo de Planta (NTP) desarrollado en el IRRI en los Acervos Genéticos de América Latina y el Caribe (LAC)	58
1.E. Uso del Cultivo de Anteras y del Cultivo in Vitro para el Mejoramiento del Acervo Genético	60

- Utilización del Cultivo de Anteras para Fijar Características en Poblaciones de Retro-cruzamientos entre el Arroz y Especies Silvestres 61
- El Cultivo de Anteras para Avanzar Poblaciones de Fitomejoramiento para las Condiciones del Trópico Irrigado 62
- El Uso del Cultivo de Anteras para Fijar Tolerancia al Frío en Poblaciones de Selección Recurrente 62
- El Cultivo de Anteras para Acelerar el Desarrollo de Poblaciones de Fitomejoramiento del FLAR 63
- Variación Somaclonal para Incrementar la Variabilidad Genética de Líneas Avanzadas de Mejoramiento de Países Socios del FLAR 63

RESULTADO 2. CARACTERIZACIÓN DE LAS PLAGAS DEL ARROZ Y LA GENÉTICA DE LA RESISTENCIA 65

2.A. Añublo del Arroz 65

- Caracterización de Poblaciones del Patógeno. Monitoreo de la Evolución de la Diversidad Genética y de la Virulencia de *Pyricularia grisea* en el Tiempo 65
- Selección de Fuentes de Resistencia a diferentes Linajes Genéticos de *Pyricularia grisea* bajo Condiciones de Invernadero y de Campo. Desarrollo de un Vivero con Fuentes Potenciales de Resistencia al Añublo. 73
- Identificación de Marcadores Moleculares Asociados con los Genes de Resistencia al Añublo Pi-1, Pi-2, Pi-11 y su Incorporación en Cultivares Comerciales de Arroz a través de Retrocruzamientos y Selección Asistida por Marcadores (SAM) 81
- Identificación de Marcadores Moleculares Asociados con los Genes de Resistencia Durable al Añublo en el Cultivar de Arroz Oryzica Llanos 5 87
- Evaluación en Experimentos de Campo e Invernadero de la Incorporación de Fuentes de Resistencia Complementaria a *Pyricularia grisea* en Poblaciones de Mejoramiento. Asociación de la Estabilidad de la Resistencia al Añublo y la Selección por Resistencia en Generaciones Tempranas 90
- Virus de la Necrosis Rayada del Arroz. Identificación de Fuentes de Resistencia al VNRA (Entorchamiento) en Inoculaciones de Invernadero. Evaluación de Especies Silvestres de Arroz y Progenies de Cruces Interspecificos. Desarrollo de Métodos de Evaluación 94

2B. Caracterización y Uso de Resistencia Parcial para el Control del Añublo del Arroz	99
• Selección Recurrente para Mejorar la Resistencia Parcial y Completa a la Piricularia (<i>Magnaporthe grisea</i>) del Arroz (<i>Oryza sativa</i>) y Otros Caracteres Agronómicos en la Población <i>indica</i> de Riego PCT-6	99
• Estudio de QTLs para la Resistencia Parcial a la Piricularia (<i>Magnaporthe grisea</i>) del arroz (<i>Oryza sativa</i>) en líneas fijas descendientes del cruzamiento Disease IR64/Azucena	102
• Aplicación de la Selección Retrorecurrente y de los Retrocruzamientos para Transferir Resistencia a la Piricularia del Arroz	106
• Selección Retrorecurrente para la Resistencia Parcial a la Piricularia (<i>Magnaporthe grisea</i>) del arroz (<i>Oryza sativa</i>)	107
• Aplicación de la Estrategia de Incompatibilidad de Virulencia	109
2C. Caracterización del complejo del virus de la hoja blanca (VHB) y T. orizicolus	112
• Comprendiendo la genética de la resistencia en arroz a <i>Tagosodes orizicolus</i> y al virus de la hoja blanca	112
2D. Control del Virus de la Hoja Blanca (VHB) Mediante la Protección Cruzada con el Gen de la Nucleoproteína en Plantas Transgénicas	119
• Comparación del nivel de resistencia al VHB de plantas evaluadas en el invernadero y en el campo	120
• Evaluación de resistencia al VHB en el campo de plantas transgénicas de arroz portadoras del gen de la nucleoproteína	121
• Caracterización de arroz transgénico que lleva el gene no estructural del RNA 4 (NS4) del VHB	125
• Genes foráneos como nueva fuente de resistencia a hongos	130
2E. Caracterización de la Enfermedad del Entorchamiento. Un complejo de Polymixa graminis y el virus de la necrosis rayada del arroz	135
RESULTADO 3. FORTALECIMIENTO DE LAS CAPACIDADES REGIONALES DE INVESTIGACIÓN EN ARROZ Y ASIGNACIÓN DE PRIORIDADES EN CUANTO A NECESIDADES, CON ÉNFASIS EN LOS PEQUEÑOS AGRICULTORES	141
3A. Desarrollo Participativo del Cultivo de Arroz para las Comunidades Pobres de Áreas Marginales	141
• Confrontar la Inseguridad Alimentaria en las Laderas	141
• Reactivación del Cultivo del Arroz en las Costas	147
3B. Colaboración CIAT-FLAR	152
3C. Colaboradores, Capacitación e Información	153
• Colaboradores	153
• Capacitación	155

○ Tesis	155
○ Cursos de capacitación	156
○ Formación y capacitación	156
○ Talleres	157
• Información	157
○ Publicaciones en revistas acreditadas	157
○ Capítulos de libros	158
○ Otras publicaciones	158
○ Desarrollo de la página web del Proyecto IP-4	158
• Retos futuros	159
• Reunión CIO/CIAT	159
Anexo 1. Personal Principal y de Apoyo	160
• Personal principal	160
• Personal de apoyo	160
○ Asociados y asistentes	160
○ Científicos visitantes	160
○ Secretarias	160
○ Técnicos y personal de campo	160
Anexo 2. Donantes	162

Proyecto IP-4: Mejoramiento del Arroz

Descripción del Proyecto

Objetivos: Aumentar la diversidad genética del arroz y mejorar los acervos de genes para obtener rendimientos más altos y más estables, con costos unitarios de producción más bajos, lo que conduce a precios más bajos para los consumidores y reduce los riesgos para el medio ambiente.

Resultados:

1. Mejoramiento de los acervos de genes
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 en cuanto a necesidades, haciendo énfasis en los pequeños agricultores

Ganancias: Disponibilidad de una base genética más amplia y una mejor caracterización del germoplasma. Incorporación de fuentes nuevas de resistencia a enfermedades, virus e insectos y disponibilidad de las mismas. Líneas de arroz avanzadas de mayor productividad. Disponibilidad tanto de variabilidad y estabilidad de progenitores como de materiales avanzados para apoyar las actividades de mejoramiento. Uso racional de plaguicidas con menor riesgo para el medio ambiente. Menores costos unitarios de producción, lo que conduce a mayores ganancias y a precios más bajos del arroz para los consumidores.

Hitos:

2002 Mejoramiento del potencial de rendimiento en los cultivares de arroz de América Latina y el Caribe (ALC), utilizando genes de arroz silvestre y poblaciones de selección recurrente. Introgresión de un tipo de planta nuevo (IRRI) en los acervos de genes de ALC. Evaluación y selección de poblaciones mejoradas de arroz con una base genética más amplia por los programas nacionales en ALC. Caracterización de poblaciones del agente patógeno del añublo del arroz en ALC. Identificación de genes relacionados con la resistencia al añublo para las poblaciones de añublo de ALC.

2003 Identificación de la resistencia parcial al añublo del arroz para utilizar en los programas de mejoramiento para lograr resistencia duradera.

Promoción de estrategias de MIP para controlar el VHBA y su vector. Introgresión de un gen de VHBA virulento proveniente de una planta transgénica en cultivares comerciales de arroz. Germoplasma de arroz con mejor calidad de granos y de molinería desarrollado conjuntamente con el FLAR. Selección de líneas de arroz tolerantes a la sumersión como parte de una estrategia mejorada de control de malezas. Evaluación del avance y la ganancia genética en la selección recurrente respecto a diferentes caracteres en varios países de ALC.

2004 Evaluación de la ganancia genética en términos de rendimiento derivada de cruces interespecíficos después de la introgresión de genes silvestres en variedades cultivadas de arroz de ALC. Puesta en práctica de los métodos de mejoramiento para lograr resistencia duradera al añublo del arroz en ALC, con base en la dinámica de población de

poblaciones del agente patógeno y en la resistencia parcial. Caracterización molecular y de la virulencia de otros agentes patógenos del arroz. Manejo del VHBA y de su vector con base en estudios epidemiológicos. Realización de ensayos con cultivares comerciales de arroz con transgenes para VHBA en ALC.

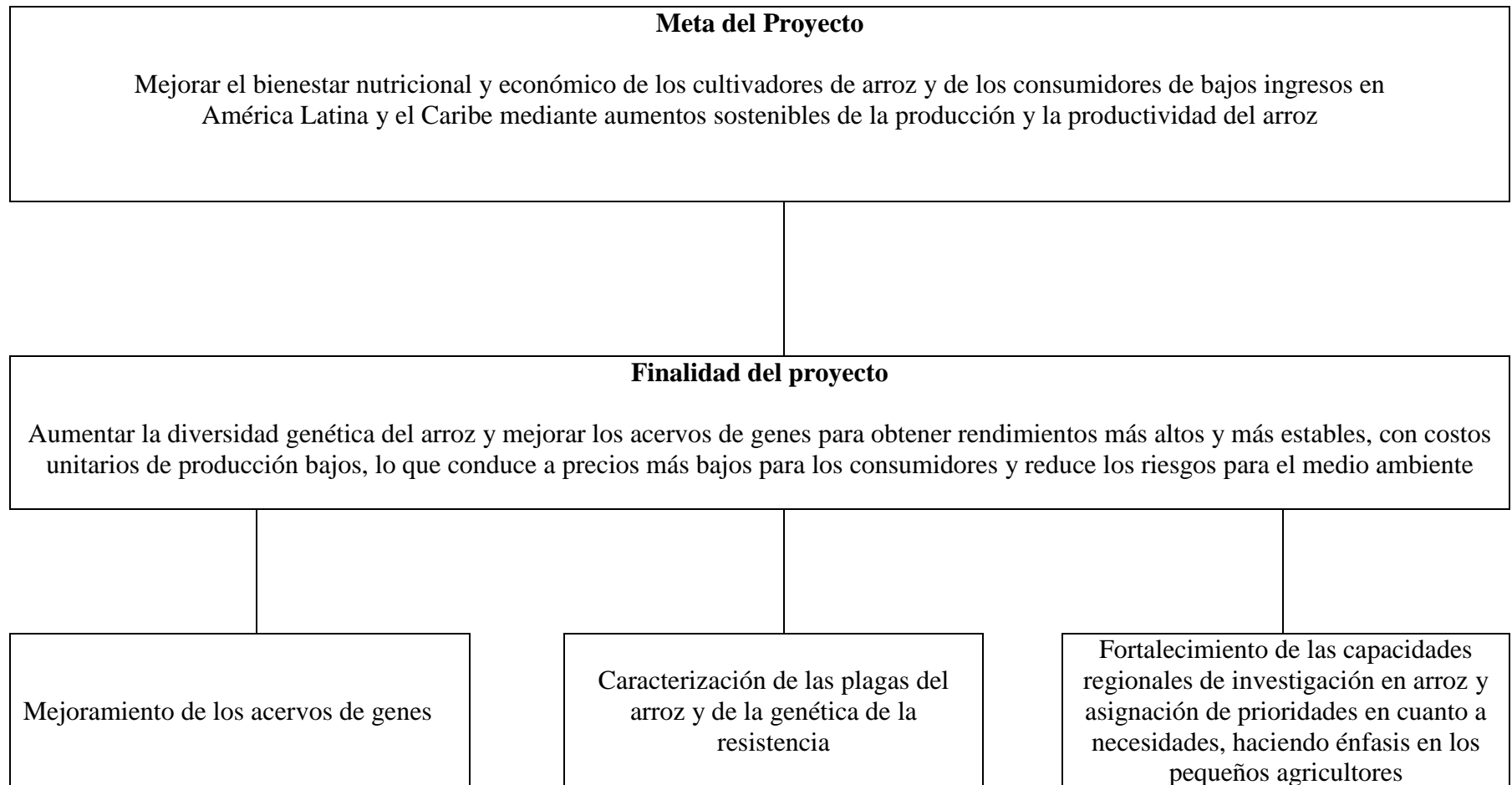
Usuarios: Mejoradores de toda América Latina y de otros sitios. Los beneficiarios finales son los consumidores de escasos recursos en zonas urbanas y los cultivadores de arroz.

Colaboradores: FLAR, IRRI, WARDA, sistemas nacionales de investigación agrícola o SNIA (p. ej., EMBRAPA, CORPOICA, FONAIAP, IDIAP, INIAP, INIA, IIA), universidades de los Estados Unidos (Cornell, Purdue, LSU, Arkansas, Texas A&M, California, Estado de Florida), CIRAD-CA, JIRCAS y empresas de semillas del sector privado.

Vínculos con el Sistema del GCIAI: Perfeccionamiento y Mejoramiento (60%); Sistemas de Producción de Cultivos (5%); Protección del Medio Ambiente (5%); Salvaguarda de la Diversidad Biológica (20%); Fortalecimiento de los SNIA (5%); Mejoramiento de Políticas (5%). Está vinculado con la investigación mundial en arroz del IRRI.

Vínculos con Proyectos del CIAT: Nuevos métodos de SB-1 y SB-2. Suministro de germoplasma mejorado para PE-1, PE-2 y PE-3.

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



Marco Lógico del Proyecto

Resumen descriptivo	Indicadores cuantificables	Medios de verificación	Suposiciones importantes
<p>Meta Recolectar, conservar y mejorar el germoplasma de frijol, yuca, forrajes tropicales, arroz y sus parientes silvestres y poner este germoplasma a disposición de los SNIA y de otros socios.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conservación y manejo ex situ de un número suficiente de accesiones (de frijol, yuca y forrajes tropicales) para representar la diversidad genética. • Desarrollo de estrategias y normas para el manejo in situ de la diversidad biológica de frijol, yuca y forrajes tropicales y ensayo de éstas por los usuarios. • Disponibilidad de germoplasma de frijol, yuca, forrajes tropicales y arroz que satisface las normas de los SNIA en cuanto a productividad, estabilidad, caracteres agronómicos y necesidades de los usuarios. • Técnicas e información pertinente para un mejoramiento de germoplasma más eficaz y confiable al alcance de los usuarios. 	<p>Inventarios del banco de germoplasma del CIAT. Informes técnicos de los socios colaboradores. Informes anuales.</p>	
<p>Finalidad Aumentar la diversidad genética del arroz y mejorar los acervos de genes para obtener rendimientos más altos y más estables, con costos unitarios de producción más bajos, lo cual conduce a precios más bajos para los consumidores y reduce los riesgos para el medio ambiente.</p>	<p>Evaluaciones del potencial de rendimiento (interespecífico, amplio, cruces élites y selección recurrente). Uso continuo de germoplasma mejorado por los SNIA. Seguimiento de las prácticas de producción y de los mercados del arroz. Aplicación de prácticas de MIP para una producción estable y para un medio ambiente más limpio. Líneas de arroz seleccionadas con los caracteres de genes deseados.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fuentes potenciales de niveles altos de resistencia a factores de estrés biótico y abiótico. 	<p>Bases de datos. Informes anuales del proyecto, del CIAT y de los SNIA. Publicaciones. Actividades promocionales (conferencias, capacitación, talleres, días de campo).</p>	<p>Estabilidad (interna y externa). Políticas nacionales que favorecen la adopción de nueva tecnología.</p>

Resumen descriptivo	Indicadores cuantificables	Medios de verificación	Suposiciones importantes
<p>Resultados</p> <p>Mejoramiento de los acervos de genes. Caracterización de las plagas del arroz y de la genética de la resistencia. Fortalecimiento de las capacidades regionales de investigación en arroz y asignación de prioridades en cuanto a necesidades, haciendo énfasis en los pequeños agricultores.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ●Identificación de la variación agente patógeno/plaga y de la fuente de resistencia. Estrategias de MIP. Talleres. Cursos de capacitación. ●Encuestas a los agricultores. 	<p>Informe de progreso del proyecto para 2000. Publicaciones. Informes de progreso del proyecto e informes de los talleres.</p>	<p>Apoyo continuo de CIAT/CIRAD/FLAR. Suficiente financiamiento continuo. Recomendaciones adoptadas por los SNIA y ejecutadas por los agricultores.</p>
<p>Resultado 1. Mejoramiento de los acervos de genes</p> <p><u>Actividades</u></p> <p>Mejoramiento del arroz utilizando métodos de mejoramiento convencional y acervos de genes/poblaciones con genes recesivos androestériles. Evaluación de líneas de arroz de secano adaptadas a las savanas en países latinoamericanos. Desarrollo de arroz de secano para pequeños propietarios. Avance y evaluación de acervos de genes interespecíficos. Introgresión de nuevos genes para tipo de planta en los acervos de genes de ALC. Uso del cultivo de anteras y del cultivo in vitro en el mejoramiento de los acervos de genes.</p>	<p>Desarrollo y mejoramiento de poblaciones de arroz (tolerancia del acidez del suelo; resistencia al añublo del arroz, al VHBA, a <i>T. orizicolus</i> (13); buena calidad del grano; madurez precoz. Número de ensayos de campo sembrados y número de líneas seleccionadas. Poblaciones distribuidas a los SNIA para el desarrollo de líneas. Poblaciones desarrolladas (14); poblaciones en proceso (12); poblaciones sometidas a ensayos de rendimiento/caracterizadas molecularmente (4). Socios colaboradores: WARDA, CIRAD, EMBRAPA, CORNELL. Número total de cruces realizados (433), desglosados así: en condiciones de riego tropicales (226), en condiciones templadas (155) y en condiciones de tierras altas (52). Número de líneas seleccionadas. Haploides dobles: cruces interespecíficos (386), aceleración de poblaciones mejoradas (815), somaclones (3758-Venezuela; 4440-Colombia)</p>	<p>Informe de avances del proyecto para 2001. Visitas y evaluaciones de campo en los sitios de ensayo. Poblaciones mejoradas distribuidas a ALC. Poblaciones mejoradas en almacenamiento y en el campo. Identificación de las mejores líneas y de QTL. Haploides dobles en almacenamiento. Publicaciones.</p>	<p>Apoyo continuo de CIAT/CIRAD/FLAR. Financiamiento suficiente y desembolso oportuno del presupuesto. Clima favorable. Apoyo financiero continuo para el laboratorio de cultivo de anteras. Realización de cruces, apoyo en los labores de campo y cubrimiento de costos operativos por el FLAR.</p>

Resumen descriptivo	Indicadores cuantificables	Medios de verificación	Suposiciones importantes
<p>Resultado 2. Caracterización de las plagas del arroz y de la genética de la resistencia</p> <p><u>Actividades</u> Caracterización de las interacciones entre la resistencia de la planta hospedante y el añublo del arroz, el añublo de la vaina y la decoloración del grano. Caracterización y uso de la resistencia parcial y completa para el control del añublo del arroz. Caracterización de las interacciones entre la planta hospedante y el complejo del virus de la hoja blanca del arroz y <i>T. orizicolus</i> Genes foráneos como fuentes novedosos de resistencia al virus de la hoja blanca del arroz y a <i>Rhizoctonia solani</i> Caracterización de las interacciones de la planta hospedante, <i>Polymyxa graminis</i> y el virus de la necrosis rayada del arroz (VNRA) que causa el entorchamiento.</p>	<p>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. orizicolus</i>. Conocimiento de los componentes de la resistencia al complejo de VHBA. Desarrollo de componentes de manejo del cultivo. Producción y evaluación de líneas transgénicas con genes del VHBA virulentos con síntomas reducidos. Introgresión de transgenes en cultivares comerciales. Uso de genes recién descubiertos para lograr resistencia de multicomponentes a los agentes patógenos del arroz. Caracterización del complejo de VNRA y el complejo de vectores. Desarrollo de métodos de evaluación de germoplasma.</p>	<p>Variedades con resistencia a plagas y enfermedades liberadas por los socios colaboradores. Colección de agentes patógenos del arroz. Base de datos de fuentes de resistencia Cruces realizados entre fuentes de resistencia. Líneas F7 con resistencia estable al añublo con la combinación de genes Pi-1 y Pi-2. Mapa del genoma del arroz con el mapeo de los genes de resistencia al añublo. Informe de avances para 2001. Publicaciones. Selección de germoplasma resistente en condiciones artificiales.</p>	<p>Cruces de arroz y poblaciones desarrolladas por los fitomejoradores. Unidad de Biotecnología identifica los marcadores moleculares asociados con la resistencia. Colaboración continua con el FLAR. Financiamiento suficiente de parte de Colombia y la Fundación Rockefeller. Apoyo continuo y financiamiento suficiente del CIAT, CIRAD y FLAR. Financiamiento continuo de Colombia, la Fundación Rockefeller y Colciencias. Se concede el permiso para la prueba en el campo de plantas transgénicas. Apoyo continuo y financiamiento suficiente.</p>

Resumen descriptivo	Indicadores cuantificables	Medios de verificación	Suposiciones importantes
<p>Resultado 3. Fortalecimiento de las capacidades regionales de investigación en arroz y asignación de prioridades en cuanto a necesidades, haciendo énfasis en los pequeños agricultores</p> <p><u>Actividades</u></p> <p>A. Desarrollo participativo del arroz para comunidades de escasos recursos en zonas marginales.</p> <p>B. Colaboración FLAR–CIAT</p> <p>C. Colaboradores, capacitación e información</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Proyectos comunitarios. • Nuevos tipos de equipo agrícola pequeño para sistemas de arroz. • Número de científicos capacitados. • Talleres. • Informes publicados sobre los cursos. • Informe anual del FLAR. • Publicaciones. • Páginas Web. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor producción en zonas marginales. • Número de comunidades participantes. • Informe de avances para 2001. • Página Web del CIAT. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los fondos especiales continúan. • Los agricultores adopten las recomendaciones.

Proyecto IP-4

Mejoramiento del Germoplasma de Arroz para América Latina y el Caribe

Resumen del Informe Anual 2001

Aportes

Personal Principal	Asignación del tiempo	Afiliación	Sitio de trabajo
Dr. Lee Calvert	60%	CIAT	Sede del CIAT
Dr. Marc Chatel	100%	CIRAD/CIAT	Sede del CIAT
Dr. Fernando Correa	100%	CIAT	Sede del CIAT
Dra. Zaida Lentini	20%	CIAT	Sede del CIAT
Dr. César Martínez	51%	CIAT	Sede del CIAT
Dr. Rafael Meneses	50%	IIA Cuba/CIAT	CIAT/Cuba
Dr. Michel Valès	100%	CIRAD/CIAT	Sede del CIAT
Total	4.81 posiciones a nivel de Personal Principal		

Principales colaboradores por organización

FLAR; CIRAD, Francia; Universidad de Tucumán y Universidad de La Plata, Argentina; EMBRAPA, Brasil; INIA, Chile; FEDEARROZ y CORPOICA, Colombia; IIA, Cuba; IDIAF, República Dominicana; INIA, Uruguay; Universidad de Cornell, LSU y KSU, Estados Unidos; DANAC y FUNDARROZ, Venezuela; IRRI, Filipinas; y WARDA, Costa de Marfil.

Introducción

El proyecto de arroz del CIAT se encuentra en medio de otra revolución agrícola. Dentro de poco, toda la secuencia del genoma del arroz al igual que el genoma del hongo del añublo del arroz serán del dominio público. El reto es utilizar los conocimientos que se van adquiriendo para beneficiar a todos los cultivadores de arroz. En América Latina y el Caribe, la mayoría de los arroceros son pequeños agricultores con recursos limitados. El proyecto de arroz del CIAT trabaja para expandir la base genética del cultivo de arroz introduciendo caracteres útiles de los parientes silvestres del arroz. Los métodos que hemos estado empleando para aumentar la eficiencia de nuestros esfuerzos de mejoramiento son la selección recurrente, el cultivo de anteras y la transgenesis. Trabajamos intensamente para conocer los mecanismos y la genética de la resistencia al añublo del arroz y al virus de la hoja blanca del arroz y así facilitar el desarrollo de cultivares de arroz con resistencia duradera a estas enfermedades. Muchos caracteres agronómicos como la resistencia a la sequía, la precocidad, el rendimiento y la calidad son esenciales para que las nuevas variedades arrojen buenos resultados. Dentro de poco, todo el proceso de mejoramiento cambiará. Durante más de 100 años, el mejoramiento ha sido una ciencia empírica y el mejorador ha tenido que ser tanto científico como artista. Al conocer la base genética de las características de importancia agronómica y el sitio donde están ubicados en el genoma, esperamos que nuestros mejoradores pueden manipular muchos más caracteres y desarrollar variedades de arroz en forma más eficiente.

Sin embargo, ¿responderá este extraordinario incremento en nuestros conocimientos acerca del arroz al desafío de poner estas variedades al alcance de los agricultores de escasos recursos? No será así a menos que conozcamos las necesidades de estos agricultores. Esta es otra de las áreas que recibe cada vez más atención por parte del proyecto de arroz del CIAT. Al utilizar métodos como la selección de variedades con un enfoque participativo y el uso de encuestas para determinar las preferencias regionales, estamos adquiriendo una apreciación más clara acerca de las necesidades de los cultivadores de arroz de escasos recursos. Al trabajar con los pequeños agricultores de la Costa Pacífica colombiana y las regiones andinas de altitud media, estamos aumentando nuestra percepción acerca de sus necesidades y los muchos retos que deben ser abordados si vamos a satisfacer sus necesidades en forma exitosa.

A continuación se presentan diversos aspectos destacados que ilustran, en parte, la estrategia del proyecto de arroz del CIAT y los éxitos logrados.

Nuevas variedades para Colombia

En los últimos tres años, FEDEARROZ ha liberado 5 variedades nuevas para Colombia. FEDEARROZ y CIAT han trabajado muy estrechamente en el desarrollo de estas variedades. Las áreas de colaboración fueron la identificación de caracteres que incluyen la resistencia al añublo del arroz y al virus de la hoja blanca del arroz y su vector, así como el análisis de la calidad. Los buenos resultados que ha arrojado Fedearroz 50 han sobrepasado toda expectativa. Esta variedad fue liberada a finales de 1998 y, en la actualidad, más del 50% del arroz que se cultiva en Colombia es Fedearroz 50. Los rendimientos de esta variedad llegan a 7 t/ha en promedio y esta es la principal razón por la cual Colombia volvió a ser autosuficiente en la producción de arroz, luego de varios años de déficit. Más recientemente, se ha liberado otras

variedades: Fedearroz 2000, Victoria 1, Victoria 2 y Colombia XXI. Entre éstas, varias prometen convertirse en variedades importantes, pero deben competir con Fedearroz 50. El CIAT seguirá trabajando con FEDEARROZ y con otros socios nacionales para que el impacto se extienda a toda la región.

El arroz y sus parientes

La diversidad genética del arroz cultivado en América Latina es relativamente reducida. La estrecha base de variedades comerciales las hace susceptibles a factores de estrés tanto bióticos como abióticos. Las líneas derivadas de cruces interespecíficos con *O. rufipogon* están mostrando tolerancia al añublo de la vaina (*Rhizoctonia*) y se están empleando como fuentes de tolerancia a esta importante enfermedad en América Latina. Las líneas avanzadas del cruce Bg90-2 x *O. glaberrima* se identificaron como resistentes a la enfermedad del entorchamiento. Las líneas avanzadas del cruce Lemont x *O. barthii* presentan una maduración precoz, producen buenos rendimientos y tienen una calidad de grano excelente. Los parientes silvestres están contribuyendo al aumento del contenido nutricional del arroz en términos de hierro, cinc y proteínas. Hay muchas fuentes de resistencia a plagas, enfermedades y factores de estrés abiótico. Estos son sólo algunos de los ejemplos de caracteres que se están incorporando en el arroz utilizando genes provenientes de sus parientes silvestres. Los cruces interespecíficos también aumentan la diversidad genética del cultivo. La diversidad de los progenitores hace que estos cruces interespecíficos sean ideales para usar en estudios que buscan desarrollar marcadores moleculares. Ya se han utilizado para marcar regiones del cromosoma del arroz respecto a caracteres importantes. Es difícil creer que existan variedades de mayor diversidad, que arrojen buenos rendimientos en ambientes de bajo uso de insumos y que sean más nutritivas; no obstante, nuestra meta es encontrarlos y el futuro del arroz depende de nuestro éxito.

Apuntar hacia un objetivo móvil: el añublo del arroz

La mayoría de las variedades comerciales solamente presentan resistencia al añublo del arroz durante uno a tres años. Existe un “tira y afloje” en la pugna entre el agente patógeno y la planta hospedante. Mientras que una planta hospedante puede presentar resistencia a muchos de los aislamientos del añublo del arroz, parece que siempre hay un subconjunto de la población que no es reconocida por las defensas de la planta y pronto se convierte en predominante. Cuando esto sucede, se rompe la resistencia y la nueva variedad se vuelve susceptible al añublo del arroz. La selección en sitios donde se presenta alta presión de la enfermedad y gran diversidad del agente patógeno ha sido el principal método para desarrollar líneas y variedades de arroz con resistencia al añublo del arroz. Obviamente se necesita algo más. Oryzica Llanos 5 es una variedad que se desarrolló mediante este método y es excepcional porque ha conservado su resistencia al añublo del arroz por más de una década. Estamos analizando minuciosamente el genoma de Oryzica Llanos 5 para identificar la forma en que se combinan los genes de resistencia. Esta actividad forma parte de una gestión más grande para catalogar los genes de resistencia en la planta al igual que los genes de virulencia en el hongo. Se están logrando avances con el uso de líneas casi isogénicas que portan genes individuales de resistencia y con ensayos biológicos con los linajes conocidos de añublo del arroz. La búsqueda de marcadores moleculares apenas empieza y, con la información proporcionada por el proyecto sobre la secuencia genómica del arroz, la tasa de descubrimiento de genes con resistencia al añublo del arroz va en aumento, lo cual

facilitará el aislamiento, la caracterización y el uso de estos genes. Ya estamos probando asociaciones de estos genes para desarrollar variedades de arroz que tengan una serie de combinaciones de genes resistentes que confieran resistencia duradera.

Arroz para pequeños propietarios de escasos recursos

La evaluación de impacto ha demostrado que los grandes y pequeños productores se benefician por igual de nuevas tecnologías cuando se encuentran en el mismo agroecosistema. En la región de América Latina y el Caribe, la mayoría de los productores de arroz son pequeños agricultores que viven en zonas marginales y no se han beneficiado de las tecnologías que están mejorando la producción en las principales zonas donde se cultiva el arroz. El proyecto de arroz del CIAT está aumentando sus esfuerzos para llegar a estos cultivadores de arroz de escasos recursos. Los sistemas agrícolas que tienen una precipitación muy alta enfrentan problemas específicos, que incluyen inundaciones, baja luminosidad, alta incidencia de enfermedades así como problemas en poscosecha como el secado del grano. Otros ambientes marginales se encuentran en las laderas de precipitación moderada. En estos ambientes, la sequía y las plagas y enfermedades constituyen los principales problemas. El rendimiento y la calidad del grano son caracteres importantes para tanto productores como consumidores. En Colombia, se han iniciado varios proyectos piloto y se han establecido poblaciones mejoradas para muchos de estos entornos problemáticos. El año entrante, con la colaboración del CIRAD, tendremos un mejorador de arroz y sorgo para trabajar en América Central, utilizando métodos participativos. Estamos siendo prácticos y hemos desarrollado parcelas de variedades para las primeras rondas de selección. Muy pronto se debe poder apreciar el impacto. Luego debemos desarrollar, junto con los pequeños agricultores, líneas de arroz verdaderamente superiores que se adapten a la región. Con esta estrategia, esperamos garantizar la seguridad alimentaria y una mejor viabilidad económica para los más pobres de los pobres.

Perspectivas futuras

El proyecto de arroz enfrenta el reto de ayudar a cerrar la brecha entre los avances rápidos logrados en la caracterización molecular del arroz y el desarrollo de productos utilizables para los cultivadores de arroz. El arroz será el primer cultivo importante para el cual estará disponible la secuencia genómica completa. El proyecto de arroz (IP-4) y la Unidad de Biotecnología (SB-2) trabajan juntos para desarrollar alianzas estratégicas en el área de la genómica del arroz. El proyecto de arroz también está fortaleciendo asociaciones colaborativas para satisfacer mejor las necesidades de los cultivadores de arroz, haciendo énfasis en los pequeños agricultores de escasos recursos. Para que estas asociaciones colaborativas funcionen, dependemos del apoyo de la región y de los países desarrollados. Esta estrategia se encuentra en proceso de implementación, y deseamos reconocer con gratitud el apoyo del Ministerio de Agricultura de Colombia, CIRAD y el gobierno de Francia. El arroz es el cultivo alimenticio más importante a nivel mundial y estamos dedicados a ayudar a proveer las tecnologías que garanticen la seguridad alimentaria y ayudar a los cultivadores de arroz.

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, *Director Ejecutivo FLAR*
Michel Valés, *Patólogo, CIRAD-CA*

Personal de Apoyo

- **Asociados y Asistentes**

Jaime Borrero, *Genética*
Diana Delgado, *Genética (VVC)*
Myriam Cristina Duque, *Biometría*
Joanna Paola Dossman, *Patología, CIRAD-CA*
Fabio Escobar, *Biotecnología*
Iván Lozano, *Virología*
María Nelly Medina, *Líder*
Adriana Mora, *Genética/Cultivo 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**

Elizabeth Hurtado, *Líder*
Liliana Escobar, *Líder*
María Claudia Garzón, *Líder*

- **Técnicos y Personal de Campo**

Felix Acosta, *Genética*
Tomás Agrono, *Genética/Cultivo Anteras*
María Girlena Aricapa, *Patología*
Jesús E. Avila, *Fisiología (VVC)*
Jairo Barona, *Líder*
Silvio James Carabalí, *Genética*

Efrén A. Córdoba, *Entomología*
Gerardo A. Delgado, *Genética*
Jaime Gallego, *Genética*
Jairo García, *Biotecnología*
Víctor Hugo Lozano, *Genética (VVC)*
María C. Martínez, *Virología*
Mauricio Morales, *Entomología*
Rodrigo Morán, *Entomología*
Carlos Ordoñez, *Genética*
Francisco Ortega, *Fisiología/Genética*
Francisco Rodríguez, *Genética (VVC)*
Luis H. Rosero, *Patología*
Sory H. Sánchez, *Genética*
Pedro Nel Vélez, *Genética*
Daniel Zambrano, *Patología*

* Fallecido durante 2001

Anexo 2. Donantes

Colombia

Ministerio de Agricultura, MADR
PRONATTA

Francia

Agropolis
CIRAD-CA
CIRAD-Dési
Fondation Aventis - Institut de France
Ministry of Foreign Affairs

Alemania

BMZ

Estados Unidos

Rockefeller Foundation
USDA

Venezuela

Centro Tecnológico Polar