

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.