

# LA EXPLOTACION DE LA HETEROSIS, UNA ALTERNATIVA POTENCIAL PARA EL MEJORAMIENTO GENETICO DEL ARROZ EN COLOMBIA

Diego Aristizábal Q.\*

## RESUMEN

La población mundial crecerá hasta niveles cercanos a 8000 millones de habitantes en el año 2025, lo cual significa que se necesitarán 380 millones de toneladas adicionales de arroz por año para satisfacer la demanda creciente del cereal. Los investigadores han planteado que para afrontar dicho reto se requerirá incorporar nuevas tierras a la producción agrícola e incrementar una vez más el rendimiento potencial de las variedades de arroz, promoviendo de paso un mejor uso de los insumos y recursos naturales a fin de alcanzar mayores niveles de productividad en el cultivo del arroz en forma sostenible. En el presente documento se analiza la explotación de la heterosis como una alternativa viable para aumentar el rendimiento de arroz y se hace una breve comparación entre el sistema de arroz híbrido basado en la androesterilidad genético citoplasmática (CMS) y el sistema de androesterilidad genética inducida por el medio ambiente (líneas foto y termosensitivas). Finalmente se formulan algunas observaciones sobre la forma como debe ser enfocado el proceso de explotación y aprovechamiento de la heterosis para las condiciones de Colombia.

## ABSTRACT

World population will reach 8000 million by the year 2025, which means that rice demand will be increased in 380 million tons every year. This great challenge has led policymakers and scientists to suggest that increasing rice production to that level will require not only the incorporation of more arable land to agriculture and the improvement of input efficiency and crop management practices but also, once again, the increase of rice yield potential in order to achieve higher degrees of productivity in the rice growing ecosystems.

This paper deals with the exploitation of heterosis as a potential tool to increase rice yields, giving a brief discussion on the strategy to simplify the rice hybrid breeding methods and raise heterosis levels by means of the three line hybrid system (CMS), the environmental induced male sterility (P(T)GMS system) and the development of the one line method as an innovative approach to fix heterosis levels. Their benefits and shortcomings are summarized and some suggestions are given in order to properly focus the exploitation of these mechanisms at commercial level under tropical conditions in Colombia.

**E**l arroz es el producto agrícola más importante desde el punto de vista alimentario para los países en desarrollo. En el continente asiático donde se produce el 91% del arroz del mundo, el nivel de consumo es en promedio de 85 kg por persona/año con un aporte calórico diario del 35%. A su vez en Latinoamérica, con una producción estimada de 20.5 millones de toneladas (3,4% del total mundial), el consumo alcanza los 26 kg de arroz blanco por persona/año con una ingesta calórica del 10% en promedio. Colombia por su parte, es considerado el segundo país productor de arroz en América Latina después del Brasil con 1,5 millones de toneladas y un consumo per cápita estimado de 32 kg por persona/año; el aporte en calorías a la dieta diaria del pueblo colombiano es del 13% (IRRI, 1993).

En el año 2025 la población mundial será de 8000 millones de habitantes para lo cual se requerirá una producción adicional de 380 millones de toneladas de arroz paddy por año. Se estima además, que dicha demanda sólo podrá ser satisfecha en la medida en que se incorporen nuevas tierras a la producción, se incremente una vez más el potencial genético de las nuevas variedades de arroz y se logre racionalizar el uso de los insumos y recursos para alcanzar altos niveles de productividad y sostenibilidad en el cultivo.

Este panorama ha motivado a las Agencias Internacionales de Desarrollo y a los Gobiernos del Mundo a promover y sostener la investigación en el mejoramiento del cultivo del arroz como una estrategia para mantener niveles crecientes de producción y asegurar la provisión de un alimento tan indispensable en la canasta familiar de los países del tercer mundo y a la vez, soporte básico de la seguridad alimentaria mundial.

Los primeros esfuerzos por obte-

ner aumentos sensibles en producción de arroz se dieron precisamente en aquellos países donde la presión demográfica y la necesidad de alimentos eran más apremiantes. En China, en la década del 40 se inició la búsqueda y desarrollo de variedades más rendidoras con la evaluación y selección de genotipos locales con tipo de planta alto. Sin embargo, fue en la década del 50 en China y en los 60's en el resto del mundo, con la identificación y desarrollo de variedades mejoradas de arroz de tipo semienano, altamente macolladoras y con capacidad de respuesta a la aplicación de insumos, cuando se logró superar la barrera de las 2.0 ton/ha de arroz paddy. Dicho proceso conocido como "La Revolución Verde en el cultivo del arroz" fue desarrollado a través de métodos convencionales de mejoramiento genético y dio lugar a la obtención de variedades de arroz altamente rendidoras (5.0 ton/ha) pero con deficiencias en calidad y susceptibilidad a plagas y enfermedades. Posteriormente, la investigación se ocupó más de la búsqueda de resistencia genética a dichos problemas, mejorando de paso su calidad molinera y culinaria, que a la obtención de nuevas variedades con rendimiento superior a aquel alcanzado en la década del 60; el cual se considera que ha permanecido estancado en los últimos años tal como ocurre en Colombia (Figura 1).

### CÓMO AUMENTAR EL RENDIMIENTO DEL ARROZ

El rendimiento en el cultivo del arroz está estrechamente asociado con la capacidad intrínseca del genotipo para expresar esa característica en un ambiente dado y el complemento ideal para promover la expresión de ese potencial genético, es el adecuado manejo agronómico del cultivo. Sin embargo, la proyección actual de la demanda en el mundo,

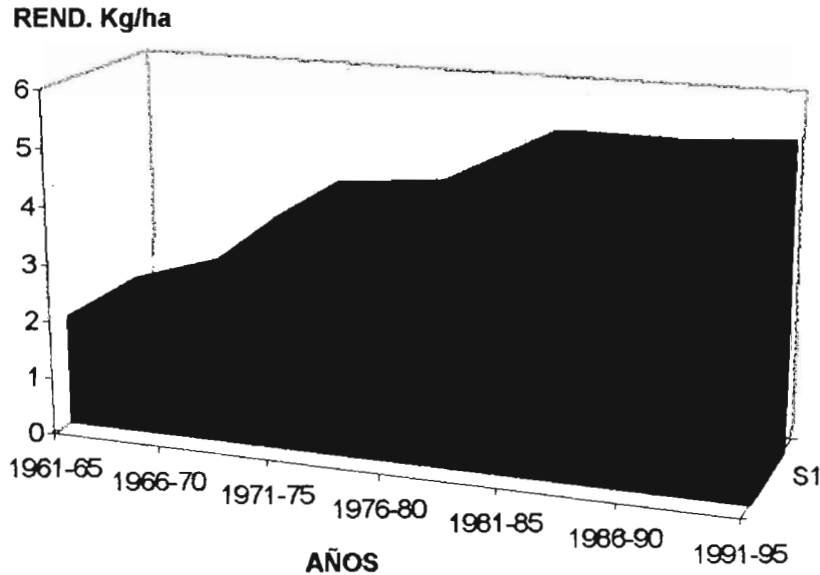
hacen pensar que el mejoramiento tecnológico del cultivo, por sí solo, no será suficiente y se requerirá acudir una vez más al mejoramiento genético para elevar el nivel de rendimiento por unidad de superficie y asegurar el suministro de arroz para una población mundial en continua expansión.

El rendimiento potencial de las nuevas variedades de arroz podría ser aumentado una vez más, desde el punto de vista del mejoramiento genético, según tres estrategias propuestas por los investigadores de arroz en el mundo. Estas son: La explotación de la heterosis a través de la obtención de híbridos de arroz, el diseño de un nuevo tipo de planta de altura intermedia, con menos macollas, panículas largas y más eficiente en el aprovechamiento de los nutrientes, sugerido por el Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz - IRRI y finalmente, la identificación e introgresión, mediante la utilización de marcadores moleculares, a las variedades mejoradas de genes de rendimiento (QTL) que se hallan presentes en los arces silvestres originarios del sudeste asiático. En el presente documento se discutirá acerca de la explotación de la heterosis como una de las alternativas potenciales para aumentar el rendimiento por unidad de superficie en los trópicos.

### LA HETEROSIS EN ARROZ

La explotación de la heterosis y el vigor híbrido en otras especies, también reportada en arroz por Jones en 1926, motivó a los investigadores de la República Popular China para iniciar estudios básicos que concluyeron en 1974 con la obtención de combinaciones híbridas cuyo potencial de rendimiento supera en un 20 a 40% a las variedades mejoradas modernas de arroz. El sistema de arroz híbrido se practica hoy en 17 millones de hectá-

Figura 1. Rendimiento de Arroz en Colombia (1961-1995)  
(Fuente: IICA - Minagricultura, 1995)



reas con un rendimiento promedio de 6.4 ton/ha frente a 4.7 ton/ha de las variedades tradicionales bajo el sistema de arroz riego, y se considera que por este solo hecho se ha logrado producir 220 millones de toneladas adicionales de arroz paddy entre 1976 y 1992 (Figura 2).

La expresión de la heterosis en arroz incluye los siguientes aspectos básicos:

- **Mejores caracteres morfológicos:** Sistema vigoroso de raíces, mayor habilidad de macollamiento, panículas largas y granos más pesados.
- **Mejor comportamiento fisiológico:** Mayor actividad de las raíces, mayor área fotosintética, menor intensidad respiratoria y mayor eficiencia fotosintética lo cual resulta en alta acumulación y translocación de asimilados.
- **Resistencia múltiple a insectos y enfermedades.**
- **Mayor rango de adaptación a**

**las diversas condiciones agroclimáticas. Superioridad en rendimiento de los híbridos F1.**

A nivel mundial, se ha propuesto la siguiente estrategia general para desarrollar el arroz híbrido:

- La explotación de la heterosis de híbridos intervarietales a través del **método de tres líneas**
- La explotación de la heterosis de híbridos intersubespecíficos a través del **método de dos líneas**
- La explotación y fijación de la heterosis de híbridos intersubespecíficos y aún más distantes, a través del **método de una línea.**

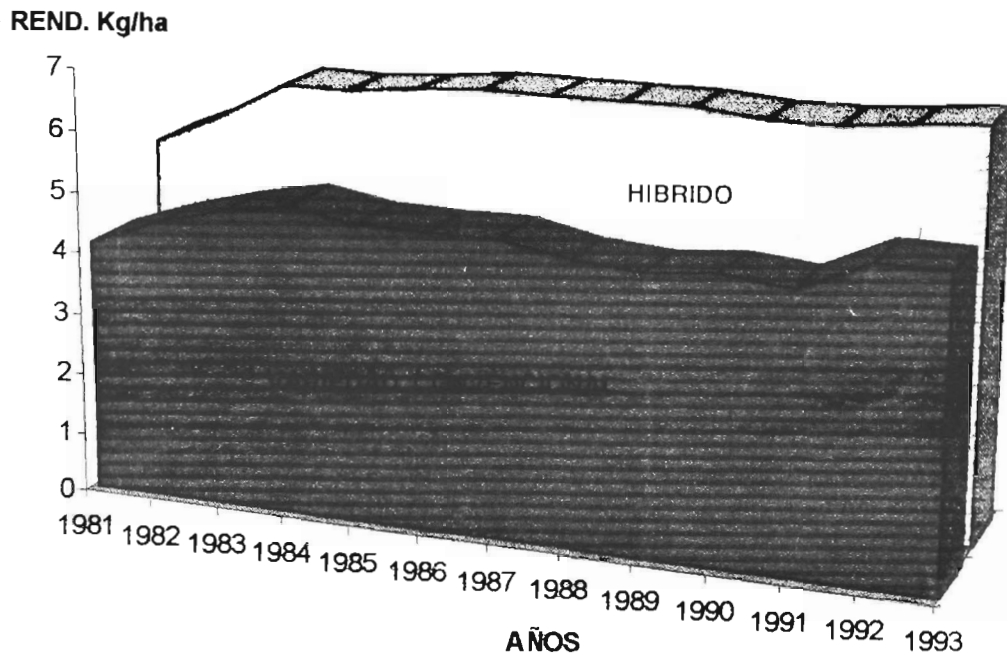
#### DESARROLLO DE HIBRIDOS DE ARROZ POR EL METODO DE TRES LINEAS

La identificación y desarrollo de la androesterilidad genético citoplas-

mática (CMS) y de las líneas restauradoras de la fertilidad (R) fue el factor principal en el éxito del arroz híbrido en China. La primera línea CMS usada para obtener un híbrido comercial (F1) fue desarrollada en China en 1973, a partir de una planta androestéril encontrada en forma natural en una población de *Oryza sativa* f. spontanea en la isla de Hainan (1970). Posteriormente, se descubrieron nuevas líneas CMS en arces silvestres y cultivados, así como otras fuentes de esterilidad pero, sin embargo, el arroz silvestre con polen abortivo (WA) inicialmente descubierto ha sido usado en el 90% de las combinaciones híbridas (HRRI, 1996).

El arroz híbrido a partir de tres líneas involucra una línea **A** con *esterilidad citoplasmática* (CMS), la cual al cruzarse con una línea **B**, denominada línea *mantenedora de la esterilidad*, conserva sus características morfológicas esenciales y el grado de esterilidad total para ser polinizada

Figura 2. Comparación del rendimiento de arroz entre variedades convencionales e híbridos de arroz en China. (Yuan, L., 1995)



por una tercera línea **R**, restauradora de la fertilidad. El resultado final es la obtención de un F1 híbrido con vigor y características superiores para ser explotado a nivel comercial (Figura 3).

El proceso de multiplicación de semilla tanto del cruce **AxB** para mantener la línea estéril (CMS), como del cruce **AxR** para obtener la semilla híbrida certificada que finalmente llega a los agricultores, debe ser programado y estrictamente sincronizado en cada una de sus etapas a fin de asegurar el abastecimiento de semilla y el sostenimiento del área cultivada con arroz híbrido.

En la aplicación exitosa del sistema se requiere especial cuidado con la selección de los campos de producción de semilla, el aislamiento de los lotes en términos físicos, de espacio o de tiempo, la estricta sincronización de la floración, la relación de surcos restauradores - **R** a surcos sembrados con la línea **A**, la predicción y ajuste de la floración y otras prácticas espe-

ciales de manejo relacionadas con la aplicación del riego y la fertilización nitrogenada. Además, la utilización de Acido Giberélico ( $GA_3$ ) y la polinización suplementaria también son factores básicos de manejo para la obtención de rendimientos óptimos en el campo. Las condiciones climáticas necesarias para lograr una floración natural de las 3 líneas **A**, **B** y **R** deben ser las siguientes: Temperatura de 25 a 28°C, humedad relativa de 70 a 90% y una diferencia entre el día y la noche de 8 a 10°C (HRRRI, 1996).

En la Tabla 1 se presentan algunas de las líneas de arroz con esterilidad genética citoplasmática (CMS), desarrolladas en su mayoría a partir del tipo abortivo (WA) descubierto en el arroz silvestre.

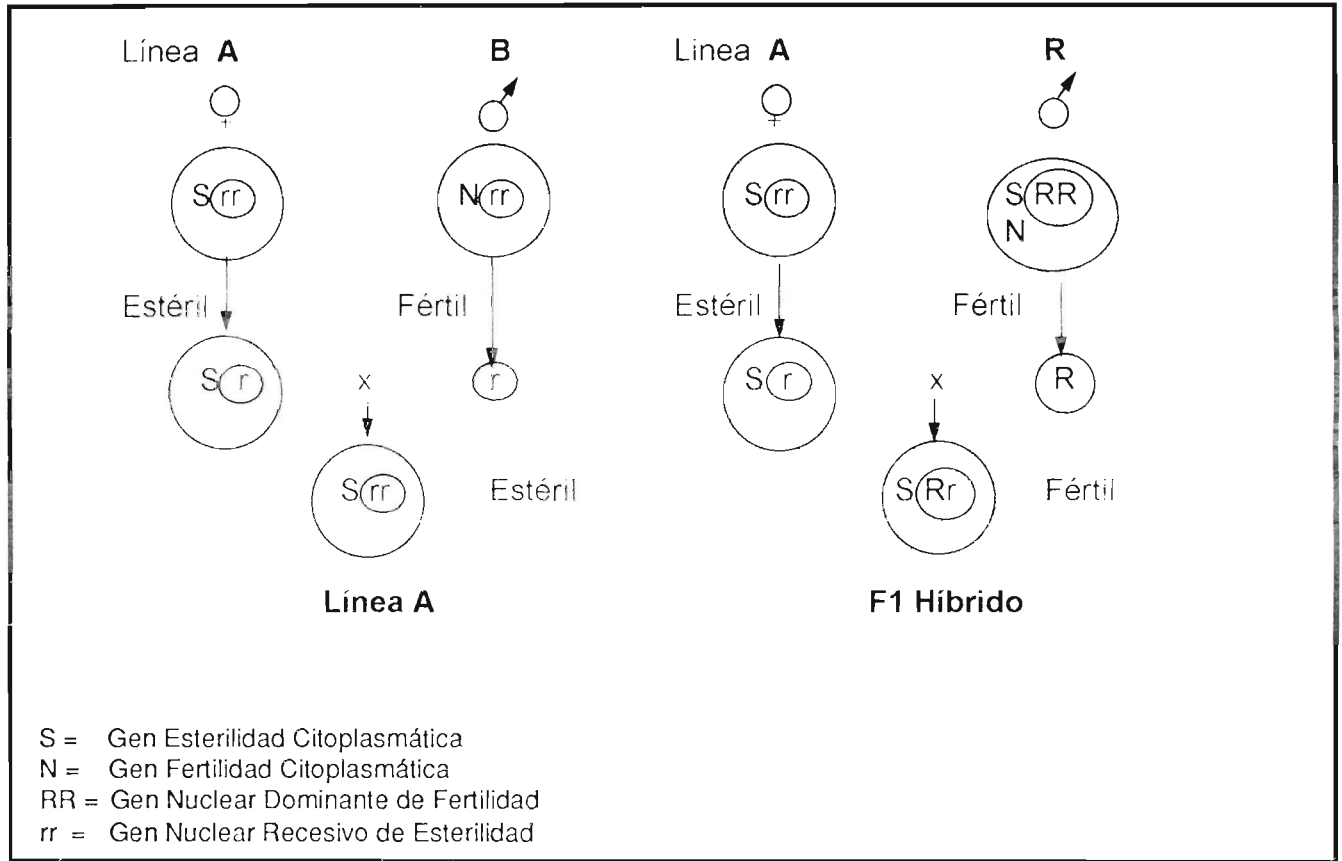
### DESARROLLO DEL ARROZ HIBRIDO POR EL METODO DE DOS LINEAS

La búsqueda de un mecanismo

de obtención de híbridos de arroz alternativo al de la esterilidad genética - citoplasmática que permitiera simplificar y optimizar el proceso de producción de semilla, reduciendo su costo, condujo en 1990 al descubrimiento e implementación a nivel comercial de la **ANDROESTERILIDAD GENÉTICA INDUCIDA POR EL MEDIO AMBIENTE**, el cual involucra la utilización de líneas termosensitivas (TGMS) y Fotosensitivas (PGMS) (Yuan, L. 1995)

El mecanismo de androesterilidad genética inducida por el medio ambiente es controlado por un par de genes recesivos y puede detectarse a través de observación y selección cuidadosa en grandes poblaciones genéticas de arroz durante la etapa de maduración. También se puede transferir el gen de esterilidad hacia variedades indicas o japónicas mediante sustitución del núcleo (retrocruzamientos), o mediante inducción de mutaciones. Además, dentro de las variedades mejoradas de arroz se

Figura 3. Sistema de esterilidad genética citoplasmática (CMS) de tres líneas



Fuente: HRRI, 1996

Tabla 1. Líneas estériles (CMS) desarrolladas en China

SISTEMA CMS (A)	
Zhen-Shan 97	Gong guang 41 A (Jap.)
V2OA	Fuzhen A
Li-Ming A	Lizhen A
Guang A	D-Shan A
Zhi A	Xiang Xiang 2 A (1995)

Fuente: HRRI, 1996

puede encontrar la línea R, restauradora de la fertilidad para las líneas **PGMS ó TGMS**, las cuales bajo el presente sistema se denominan líneas **S**.

Se ha sugerido que la producción de semilla de las líneas **S** se logra sometiendo a un rango de días cortos inferior a 13 horas y 45 minutos en las líneas PGMS. Para las líneas

TGMS la fertilidad se recupera al exponer la planta a temperaturas bajas inferiores a 23°C durante la etapa sensitiva o, si las condiciones agroclimáticas lo permiten, induciéndolas en el suelo, mediante riego con agua fría proveniente de pozos profundos o de cordilleras aledañas.

El proceso de multiplicación de semilla procedente del cruce **SxR** para obtener el híbrido F1 debe observar los mismos cuidados especiales de manejo del campo descritos para la producción de semilla **AxR** en el sistema de tres líneas. (Yuan, L. 1995)

La esterilidad genética fotosensitiva **P(GMS)** proviene de una mutación espontánea producida en la variedad japónica de arroz **Nong - Ken**

58 y el estado de desarrollo de la planta en el cual ocurre la alteración de la fertilidad es aquel que va desde el desarrollo de las ramificaciones secundarias del primordio floral hasta la formación de las células madres del polen (Figura 4).

Se ha sugerido que las líneas termosensitivas (TGMS) presentan esterilidad total cuando son expuestas a temperaturas entre 23 y 29°C durante el periodo que va desde la formación de las células madres del polen hasta el inicio de la división meiotica. El valor crítico de la temperatura puede variar de una línea de arroz a otra (Figura 5).

Las líneas **Fotosensitivas (PGMS)** pueden ser aprovechables en los países templados, mientras

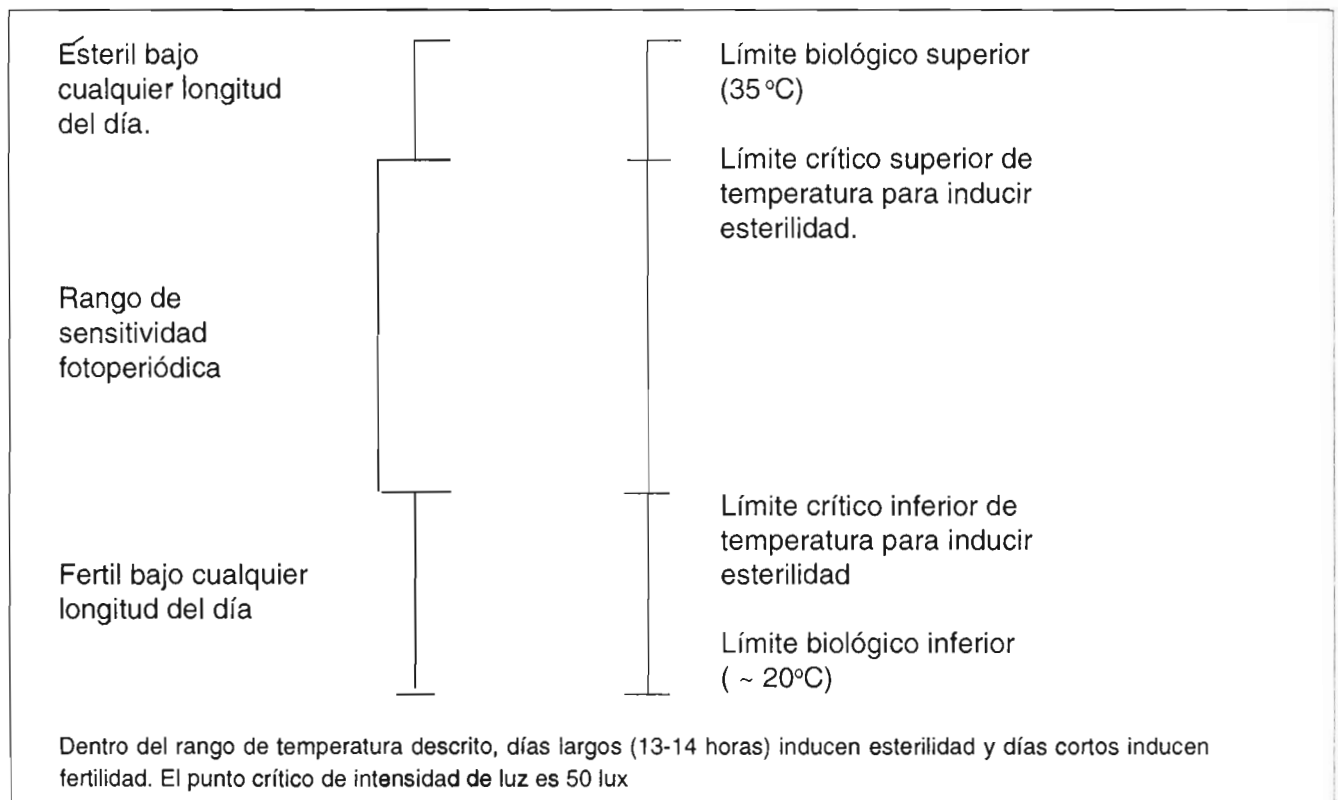
que las **Termosensitivas (TGMS)** lo son en el trópico.

En la Tabla 2 se presentan algunas de las líneas foto y termosensitivas desarrolladas en China y el IRRI hasta 1996, mientras que en la Tabla 3 se observa el rendimiento de cuatro combinaciones híbridas certificadas en China hasta 1996.

El **ARROZ HIBRIDO DE DOS LINEAS** elimina la utilización de la línea **B**, introduce un mecanismo genético más simple y ampliamente utilizable por los investigadores de arroz en otras latitudes y optimiza la relación de área y rendimiento de semilla básica como se deduce de la siguiente comparación:

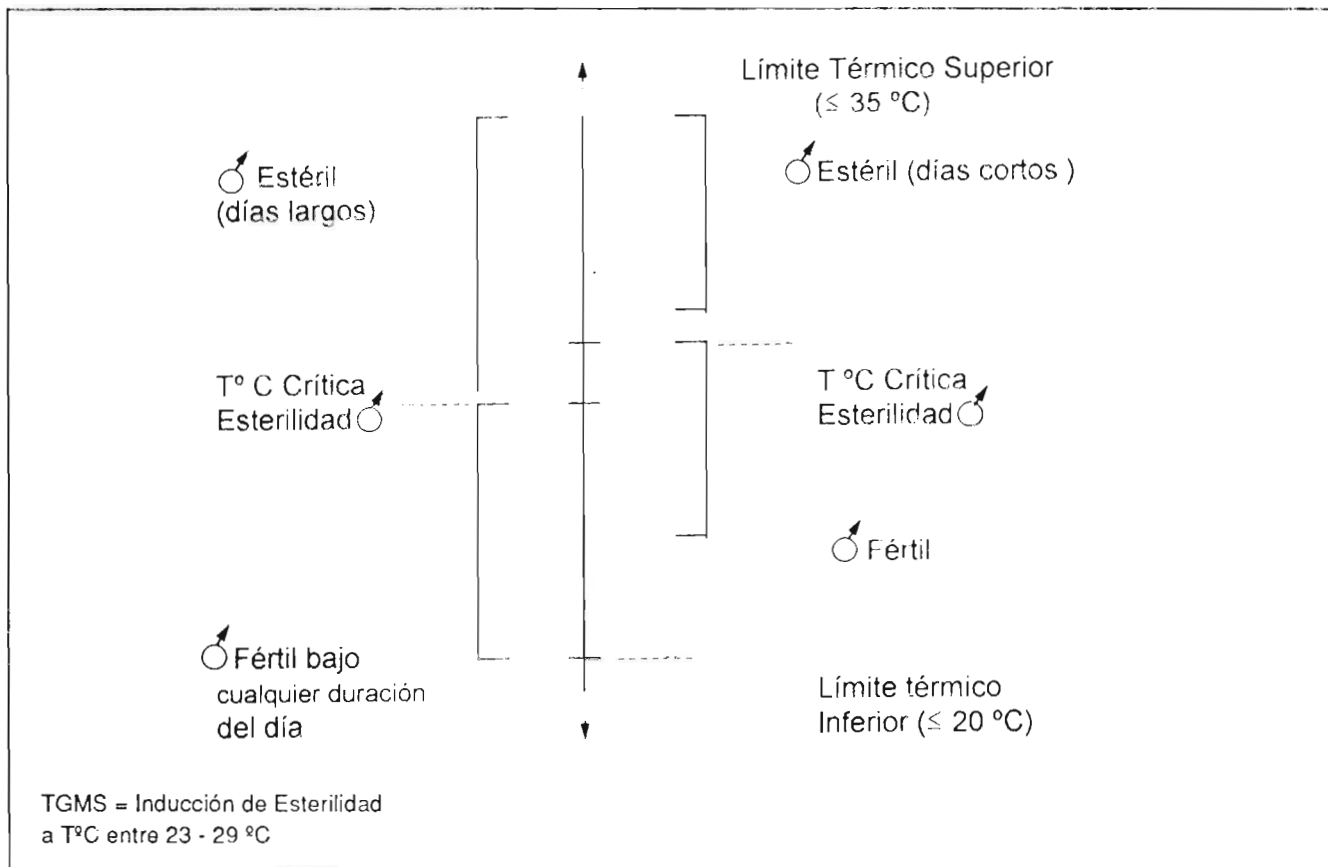
SISTEMA HIBRIDO	A/B (has)	A(S)/R (has)	F1 (has)
TRES LINEAS	1	: 50	6000
DOS LINEAS	1	: 100	12000- 15000

**Figura 4. Alteración de la fertilidad en líneas PGMS en relación con la duración del día y la temperatura**



Fuente : Longping Yuan 1995

Figura 5. Alteración de la fertilidad en líneas de arroz termosensitivas (TGMS).



Fuente : Longping Yuan, 1995

Tabla 2. Líneas estériles foto y termo sensitivas en el sistema de dos líneas

SISTEMA P(T)GMS (S)	
Pei - Ai 64 S*	201 S**
5047 S**	210 S**
5088 S**(Jap.)	Ce 74 S*
545 S*	644 S*
5460 S*	1356 S*
7001 S**(Jap.)	136 S*
8902 S**	Ce 64 S*
An Nong S*	Nong Keng S**
Heng-Nong S**	IR68945-4-3-3-4-14*
K 9 S**	IR68945-11-5-31*
N 8 S**	IR7012-13-73-2*
K 14 S**	IR68294-1-18*
W 611 S*	IR68297-1-13-*15
W 6154 S*	IR68948-4-14-1*-4
421 S**	Norin PL 12*

\*Termosensitivas ; \*\*Fotosensitivas

**Tabla 3. Comportamiento de combinaciones híbridas en el sistema de dos líneas**

HIBRIDO	RENDIMIENTO (kg/ha)
W 611S/ Vary Lana	9.750
W 6154S/ Teqing <sup>1/</sup>	9.390
Pei-Ai 64S/Teqing	9.210
Pei- Ai 64S/San-quin 11	99.80 <sup>2/</sup>

1/ Rendimiento máximo: 15.6 tons/ha; 2/ Rendimiento en kg/día/unidad área  
Fuente: Long Ping Yuan (CHRRDC, 1995)

La relación entre área sembrada y semilla cosechada disponible para los agricultores bajo el sistema de dos líneas supera en más del 100% a aquel que se venía utilizando tradicionalmente. El nuevo sistema ha sido aplicado ya a nivel comercial en un área de 120.000 hectáreas en China y se proyecta que hacia el año 2010 reemplazará en un 70% al **ARROZ HÍBRIDO DE TRES LÍNEAS**.

### DESARROLLO DE HIBRIDOS DE ARROZ POR EL METODO DE UNA LINEA

La semilla híbrida de arroz no puede ser usada para siembras posteriores por los agricultores. Por tal razón, los investigadores ya iniciaron la búsqueda de una alternativa para fijar la heterosis de los híbridos de arroz con el fin de producir semilla asexual de arroz generación tras generación, lo cual reduciría el costo de la semilla híbrida, eliminando de paso su multiplicación recurrente en campo. Para ello se han explorado una serie de posibilidades entre las que se cuentan la propagación asexual de los híbridos F1 a través del rebrote o alternativamente, usando el arroz perenne; la producción a escala de plan-

tas regeneradas a partir de las células somáticas de los híbridos F1 y finalmente la Apomixis como estrategia para producir semilla asexual, dando origen a plantas idénticas a la planta madre y por consiguiente, reteniendo su heterosis.

La principal característica de la **APOMIXIS** es la producción de dos plántulas gemelas en una misma semilla, una de las cuales emerge de la



parte central del grano, indicando la presencia de embriones adventicios. Los estudios genéticos han demostrado que dicha característica es heredable, condicionada por dos pares de genes recesivos y algunos modificadores (Yuan, L. 1995). Sin embargo debido a que las líneas de arroz descubiertas hasta el presente, poseen un nivel de apomixis no mayor del 50%; la estrategia futura es seguir buscando materiales apomícticos en las variedades cultivadas y los arroz silvestres o transferir genes apomícticos existentes de especies gramíneas cercanas al arroz a través de cruces genéticos, con la ayuda del cultivo de tejidos o la biotecnología. Sobre dicha estrategia se han producido evidencias controversiales que sugieren la necesidad de intensificar su investigación por lo cual se prevee que esta tecnología no estará disponible para su aplicación práctica en el futuro inmediato.

### ASPECTOS QUE RESTRINGEN LA EXPANSIÓN DEL ARROZ HÍBRIDO

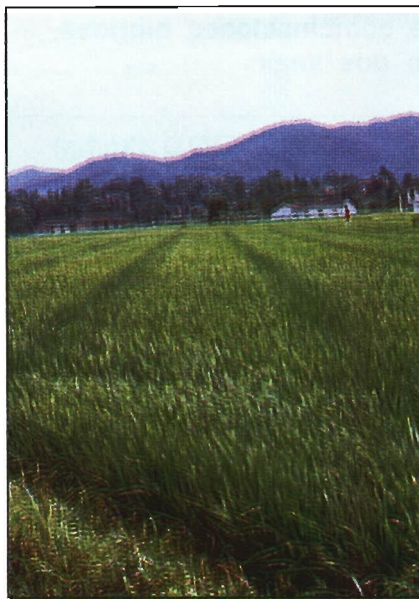
El arroz híbrido se desarrolló ante la necesidad de obtener un nivel de rendimiento 20 a 30% superior al de las variedades convencionales. Paralelamente, los híbridos ofrecen mayor capacidad de respuesta a fertilizantes, su crecimiento es más vigoroso, su macollamiento es mayor y son en apariencia más adaptables a diferentes agroecosistemas. Sin embargo, estos atributos están asociados con una mayor ocurrencia de epidemias y ataques de insectos plagas; así por ejemplo, se ha observado que la incidencia de insectos barrenadores del tallo y chupadores de hojas, así como de enfermedades. (Añublo bacteriano. Añublo de la vaina y Carbones del grano) es más frecuente en arroz híbrido que en variedades convencionales; lo cual sugiere que la resistencia genética debe ser un componente

fundamental en la implementación de cualquier programa de arroz híbrido. (HRRRI, 1996).

Durante 1969 y 1970 se presentó en cultivos híbridos de Maíz en los Estados Unidos una epidemia devastadora de Añublo de la hoja (*Helminthosporium maydis*) a raíz de la dependencia exclusiva de una fuente de esterilidad citoplasmática. Por tal razón, se ha sugerido que la esterilidad genética citoplasmática debe ser evaluada cuidadosamente bajo condiciones de campo a fin de prevenir la ocurrencia de una epidemia de tal magnitud en el arroz híbrido de tres líneas.

Ambos sistemas de mejoramiento de arroz híbrido enfrentan problemas limitantes de carácter socioeconómico y técnico que restringen su rápida expansión a otros continentes donde las condiciones agroecológicas y los sistemas de producción de arroz son variados y sensiblemente diferentes al continente asiático. A continuación se discuten los más importantes:

- El arroz híbrido debe ser sembrado en surcos con una correcta relación y sincronización entre las líneas restauradoras (R) y las líneas estériles (CMS o S). En China y los demás países asiáticos este sistema de siembra, típicamente minifundista, está ampliamente diseminado y se practica mediante el trasplante manual sobre suelo fangueado, para lo cual se dispone de abundante mano de obra. En su aplicación práctica bajo condiciones del trópico, donde la siembra es mecanizada, en extensiones generalmente mayores de 10 hectáreas, se requerirá de tecnología apropiada (sistemas de siembra, fertilización, control de malezas, etc) que facilite una adecuada distribución y sincronización de los dos progenitores en siembras a escala comercial.



- El rendimiento de semilla básica es aún bajo (2.0 a 3.0 t/ha), lo cual hace que su precio sea relativamente alto (US \$1.5/kg), particularmente en el sistema de tres líneas.

- Algunas combinaciones híbridas han presentado baja fertilidad de las espiguillas, plantas demasiado altas, ciclo vegetativo largo, granos parcialmente llenos y calidad culinaria pobre. Sin embargo, se plantea que estos factores son manejables a través de mecanismos genéticos como la transferencia de genes altamente compatibles (WCG), la incorporación de genes semienanos (dW1), el desarrollo de híbridos intersubespecíficos, el mantenimiento de la heterogeneidad genética y la explotación de la **APOMIXIS** en arroz como una nueva estrategia que puede servir para fijar la heterosis y conducir en el futuro al diseño del sistema de arroz híbrido de **UNA LINEA**.

- Es claro que las variedades de arroz híbrido poseen un potencial genético superior, el cual se expresará en el campo sólo si las condiciones de clima y suelo lo

permiten. A éste respecto se debe advertir que los suelos tropicales cultivados en arroz son frágiles y han sido sometidos en el pasado a una agricultura intensiva, donde ya se detectan procesos severos de degradación física, química y biológica, con pérdida de estructura, reducción de la materia orgánica y baja disponibilidad de otros nutrientes esenciales. Por lo tanto, para obtener rendimientos superiores en estas condiciones, será necesario promover el cambio hacia una agricultura sostenible donde se consideren sistemas alternativos de labranza y siembra, prácticas de control de la erosión, incorporación de abonos verdes y sistemas de rotación, entre otros.

## QUÉ HACER EN COLOMBIA

La factibilidad de producir arroz híbrido en Colombia está relacionada con las características de los sistemas de producción predominantes, particularmente en lo concerniente a métodos de siembra, disponibilidad de mano de obra y precio de la semilla que se entregaría al agricultor. En este sentido, la explotación de la heterosis a nivel comercial dependerá de la identificación de zonas agroecológicas aptas para su establecimiento y de la habilidad para organizar un sistema de producción, procesamiento, certificación y distribución de semilla, en el cual puede estar involucrada la empresa privada.

Otro aspecto relevante es la aplicación del sistema en las condiciones agroecológicas del trópico donde los problemas fitopatológicos, entomológicos y los estréses ambientales son mayores que los reportados en las regiones templadas y subtropicales. Se requeriría entonces, de la estructuración de un programa específico de mejoramiento genético para

transferir aquellas características deseables presentes en nuestro germoplasma de arroz, a las líneas termoestériles introducidas del su deste asiático o alternativamente, la identificación de líneas estériles propias a fin de obtener combinaciones híbridas completamente adaptadas a las condiciones del trópico

En general, se considera que la aplicación exitosa del sistema de arroz híbrido a escala comercial sólo se consolidará en la medida en que se cumplan los siguientes requisitos (Virmani y otro, 1996):

- Que haya un compromiso político y económico serio de los gobiernos para establecer un programa de investigación.
- Identificación de zonas agroecológicas específicas para la introducción de la tecnología de arroz híbrido.
- Establecimiento de un programa de investigación con centros experimentales localizados en las áreas potenciales de cultivo.
- Asignación exclusiva de investigadores a la investigación y desarrollo de arroz híbrido.
- Intercambio libre de material genético y de conocimientos con las agencias internacionales expertas en el tema.
- Desarrollo de tecnología para la producción de semilla y selección de compañías productoras idóneas.
- Revisión permanente de los progresos alcanzados mediante visitas de campo, talleres, reuniones y simposios.

El Instituto Colombiano Agropecuario - ICA y la Federación Nacional de Arroceros - FEDEARROZ realizaron estudios exploratorios

con el arroz híbrido de tres líneas a partir de 1985, sin que se hubiese alcanzado a vislumbrar su aplicación a nivel comercial. En consecuencia, es necesario evaluar las fortalezas y debilidades de tales estudios en la identificación de las características deseables bajo condiciones tropicales y en caso de emprender trabajos en el área mencionada, se debe buscar la aplicación del sistema de DOS LINEAS por su simplicidad, facilidad de manejo y mayor rendimiento de semilla.

Para alcanzar dicho propósito sería necesario conformar una masa crítica de investigadores que establezcan intercambios técnico científicos con sus homólogos de la China y se integre además a la evaluación periódica de viveros internacionales de arroz híbrido (IRHON), el cual es coordinado por INGER desde el Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz - IRRI, con sede en Filipinas. También se debe buscar la vinculación al INTAFHOR, la cual agrupa a todos los países del mundo que investigan actualmente en arroz híbrido. A nivel Latinoamericano se debe impulsar el Grupo Técnico de Híbridos de Arroz - GRUTHA, propiciando el apoyo financiero de la FAO.

La investigación sobre arroz híbrido en otros países del área asiática ha sido creciente en la última década con éxitos comprobados a nivel comercial en Vietnam y la India. En América incluido USA, se han adelantado estudios por parte de instituciones gubernamentales y sector privado buscando su aplicación práctica bajo condiciones del trópico; sin embargo, su principal debilidad parece concentrarse en la falta de un esfuerzo mancomunado entre sector público y privado de diferentes países para intercambiar conocimientos y superar los limitantes que actualmente restringen su explotación comercial en el hemisferio occidental.

## BIBLIOGRAFIA

1. **HUNAN RICE RESEARCH INSTITUTE. IRRI** 1996. International Rice Science and Technology Training Course. 90 p. Changsha - P.R. China.
2. **IICA - Minagricultura.** 1995. Competitividad de la producción de arroz. Santafé de Bogotá, D.C. febrero de 1995. 73 pp.
3. **INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE.** 1993. IRRI Rice Facts. Plegable divulgativo. Abril 1993. Manila. Philippines.
4. **INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE.** 1986. Rice Genetics. Proceedings of The International Rice Genetics Symposium 27-31 May 1985. Manila. Philippines.
5. **INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE.** 1988 Hybrid Rice. Proceedings of the International Symposium on Hybrid Rice. 305 p. Manila. Philippines.
6. **Khush G. S.** 1989. Innovative approaches to rice improvement. In: Rice Farming Systems. New Directions. International Rice Research Institute. Proceedings of an International Symposium 31 Jan. 3 feb. 1987. Rice Research and Training Center. Sakha, Egypt.
7. **Virmani, S.S. and B.C : Viraktamath.** 1996. Hybrid Rice Research and Training Programs at IRRI and their role in supporting Latin American Countries. 25 p. Los Baños. Philippines.
8. **Yuan L.** 1985. A Concise Course in Hybrid Rice. (En Inglés y Chino. 168 p.) Changsha. P.R. China.
9. **Yuan L.** 1989. Commercial exploitation of hybrid vigor in rice. In: Rice Farming Systems. New Directions. Proceedings of an International Symposium. 31 Jan. 3 Feb. 1987. Rice Research and Training Center. Sakha. Egypt.
10. **Yuan L.; Fu X.Q.** 1995. Technology of Hybrid Rice Production. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 84 p. Rome. Italy.