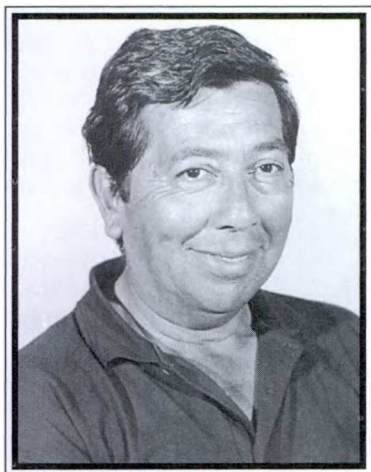


## Capítulo 9

---

# Mejoramiento de Arroz en Chile y Utilización de la Selección Recurrente



*José Roberto Alvarado A.*

---

*José Roberto Alvarado A.*

---

Investigador del Centro Regional de  
Investigación Quilamapu,  
Instituto Nacional de Investigaciones  
Agropecuarias (INIA),  
Casilla 426, Chillán, Chile

## *Contenido*

Introducción

Situación del Mejoramiento Genético

Utilización del Método de Selección Recurrente

Referencias

## Introducción

El arroz se cultiva en Chile desde fines de la década del treinta y su productividad y producción han sido variables a través del tiempo. Uno de los cambios que se han producido en el país, en los últimos años, se refiere al uso de variedades de grano largo y cristalino, el cual alcanza en este momento alrededor de un 60% de la producción nacional. La introducción de estas características de calidad no ha estado asociada con una mayor potencialidad en el rendimiento; al contrario, al parecer las variedades de grano largo y cristalino tienen una susceptibilidad al frío en la etapa reproductiva mayor que la de las variedades de grano mediano, más tradicionales en el cultivo.

Otros cambios se refieren al uso de mejor tecnología, lo cual incluye un mejor manejo del cultivo en cuanto a fertilización, control de malezas y manejo del agua. Esto ha producido un aumento en el rendimiento desde un promedio de 2.6 t/ha que se obtenían en la década de los sesenta hasta más de 4.0 t/ha en los últimos años (Figura 1). Se estima que el potencial de rendimiento con las variedades actuales es de 6.0 t/ha, y productores que aplican la tecnología recomendada están alcanzando rendimientos aún mayores (Velasco et al., 1994). Es necesario, por lo tanto, elevar los potenciales de rendimiento del arroz.

El objetivo general de la investigación en arroz es mejorar su producción para que el cultivo se mantenga rentable y competitivo. Para ello se requiere reforzar el mejoramiento genético y estudiar factores de manejo que permitan la expresión de la potencialidad de las variedades, además de efectuar la transferencia de la tecnología para que los productores puedan aplicarla.

El arroz es el cultivo más importante en un área del valle con riego conocida como zona de suelos arroceros. Estos suelos presentan alto contenido de arcillas y/o estratos impermeables en profundidad, lo cual origina problemas de drenaje que dificultan el establecimiento de otros cultivos. El área mencionada, que se encuentra ubicada en las regiones VI, VII y VIII, se puede dividir en cuatro zonas que son: a) Norte (VI Región), principalmente la provincia de Colchagua; b) Centro Norte (VII Región), provincias de Talca y Curicó; c) Centro Sur (VII Región), provincia de Linares, y d) Sur (VIII Región), provincia de Ñuble.

Los problemas de temperaturas bajas, que producen disminución en la población de plantas, alargamiento del periodo de crecimiento y esterilidad floral, aumentan de norte a sur.

La investigación de arroz ha estado centrada en las regiones VII y VIII, debido a que es el área de influencia del Centro Regional de Investigación Quilamapu; este centro

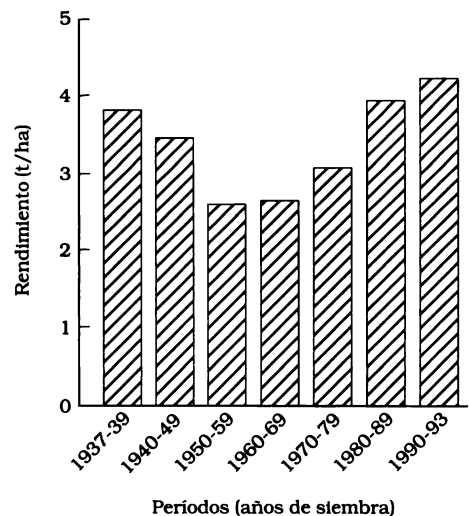


Figura 1. Rendimiento promedio de arroz en Chile, entre 1937 y 1993.

se encuentra ubicado en Chillán, Provincia de Ñuble, en el límite sur de la región arrocera.

En el presente capítulo se presenta una síntesis histórica de cómo el Programa de Mejoramiento de Arroz del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA) ha evolucionado, y por qué se acredita que la selección recurrente sea una buena alternativa para alcanzar los objetivos fijados.

## Situación del Mejoramiento Genético

El INIA tiene una larga historia en el mejoramiento del arroz. Los métodos para el desarrollo de líneas mejoradas que se han venido utilizando han sido los tradicionales, tales como selección de plantas a partir de variedades nativas o cultivadas por los agricultores durante un largo período, pedigrí y masal modificado.

Creado por el Ministerio de Agricultura alrededor de 1953, el Programa de Mejoramiento de Arroz pasó a formar parte del INIA desde la creación de este instituto, en 1964. En su primera etapa como parte del Ministerio (entre 1953 y 1963), el programa se concentró especialmente en el mejoramiento genético; los métodos que se utilizaron fueron la selección de líneas puras del arroz que sembraban los agricultores y la introducción de material genético desde diversos países (Sims, 1969).

En esa misma época se creó la Estación Experimental Huencuecho (privada, ubicada en Pelarco, provincia de Talca), que trabajaba en una línea similar a la del Ministerio de Agricultura.

La selección de plantas en poblaciones heterogéneas, resultante de este trabajo, dio origen a las primeras variedades de arroz:

Lonquén Amarillo, Rendifén, Precofén, Mapufén, Llanera, Gavilla y Oro, entre otras (Sims, 1960). De las variedades liberadas, Loquén Amarillo y especialmente Oro, alcanzaron importancia en el cultivo. Oro era una línea del Ministerio de Agricultura inscrita por la Estación Experimental Huencuecho; actualmente constituye la segunda variedad en importancia.

En la segunda etapa de trabajo, correspondiente al primer decenio del INIA, se mantuvo una constante introducción de material genético, y se inició un fuerte programa de hibridación, cruces simples y selección, utilizando el método de pedigrí. Este programa ha dado origen a las últimas variedades liberadas: Quella (Alvarado y Pino, 1982a), Diamante (Alvarado y Pino, 1982b), Ñiquén (Alvarado y Pino, 1979), Perla y Cristal. Diamante se ha transformado en la variedad más importante en la producción nacional en los últimos años, y con ella se introdujo a la producción el grano largo y cristalino.

Por otra parte, al principio de la década de los setenta, la Estación Experimental Huencuecho cerró sus puertas; entonces la empresa INDUS, que se dedicaba tanto a la producción de semillas como a la elaboración del arroz, adquirió ese material genético. El trabajo de esta empresa produjo las variedades Perla y Cristal, pero su programa fue discontinuado y el material genético comprado por la Arrocería TUCAPEL. Actualmente este material está siendo evaluado por el INIA.

En una tercera etapa del proceso de mejoramiento se comenzó a trabajar en cruces múltiples y con centros internacionales, especialmente con el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Eso ha permitido al programa de mejoramiento de arroz utilizar métodos innovativos de mejoramiento, como es el uso de dobles haploides, obtenidos

mediante el cultivo de anteras; de este trabajo colaborativo existen en el momento líneas promisorias. Asimismo, la liberación de la variedad Buli, que introduce la característica de grano fino y cristalino a la producción arroceras nacional, constituye uno de los primeros frutos del trabajo en colaboración con el CIAT (Alvarado et al., 1992).

La selección recurrente es una alternativa nueva que no se había ensayado por falta de poblaciones adaptadas que posean el gen de androesterilidad. Solamente en 1994 se introdujo, para evaluaciones preliminares, el primer germoplasma con esas características.

Los principales objetivos del Programa de Mejoramiento Genético del Arroz son tolerancia al frío, mayor potencial de rendimiento, mejor calidad del grano desde el punto de vista industrial y el comercial, tolerancia al manchado del grano, mayor resistencia al desgrane y precocidad en las variedades de grano largo.

Los principales resultados del mejoramiento de arroz son haber introducido una serie de características nuevas en la producción, tales como tolerancia al manchado del grano y al acame, y grano translúcido, largo y fino; esas características ya están siendo utilizadas por los agricultores. Además, las líneas experimentales que se están trabajando en el momento presentan mayor contenido de amilosa, temperatura de gelatinización media y alta y mejor tipo de planta.

Sin embargo, esos logros no han estado acompañados de un mejoramiento en la potencialidad de rendimiento de grano. Los resultados que presenta la Figura 2 muestran claramente ese fenómeno. Al analizar los rendimientos de 15 ensayos

regionales, realizados en cuatro temporadas agrícolas, no se observan diferencias de rendimiento entre el promedio de ocho líneas élite en cada temporada y el promedio de los testigos (Quella, Diamante, Baila y Oro). La misma situación se presenta cuando se comparan las líneas individualmente con los testigos.

A nivel de buenos productores de arroz se están obteniendo rendimientos superiores a 7 t/ha. Esos datos están indicando que la potencialidad productiva a nivel comercial está llegando a su techo. Ya que la competencia internacional es bastante fuerte, para que se pueda mantener el cultivo del arroz, el programa de mejoramiento tiene que priorizar los trabajos dirigidos al incremento del potencial productivo de los materiales.

Esto indica que se deben introducir nuevas metodologías de mejoramiento que permitan superar la situación actual en cuanto al rendimiento potencial. Las alternativas más indicadas son el uso del método de selección recurrente, en primer lugar, y luego la producción de híbridos. Ligada a esas alternativas está la utilización de las herramientas

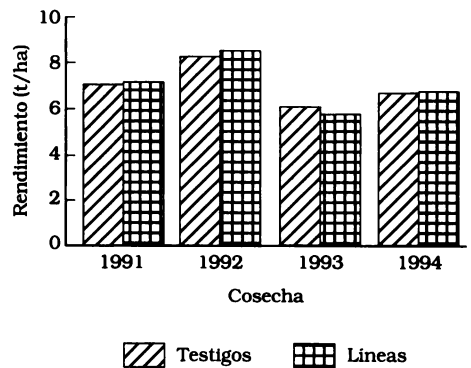


Figura 2. Rendimiento promedio de cuatro testigos y ocho líneas élite en cuatro cosechas.

biotecnológicas. La suma de esos factores permitirá mantener el programa de mejoramiento en forma eficaz, eficiente y competitiva.

La adopción de esas alternativas significa cambiar las prioridades, es decir, darle mayor énfasis a los objetivos a mediano y largo plazos. Además, si se pretende que el programa de investigación siga ayudando en buena forma a la producción nacional, es necesario incrementar sus recursos.

## Utilización del Método de Selección Recurrente

En el año de 1989, el Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (EMBRAPA-CNPAF), Brasil, y el Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, Département des cultures annuelles (CIRAD-CA), Francia, colocaron a disposición de la comunidad científica los acervos genéticos CNA-IRAT 4, compuesto por materiales del grupo índico, y CNA-IRAT 5, combinación de líneas japónicas. Ambos germoplasmas fueron creados utilizando el gen de androesterilidad de la variedad IR36.

Chile recibió muestras de semillas de esos acervos para su evaluación, y las sembró en 1990 para familiarizarse con este tipo de germoplasma y eventualmente utilizarlo directamente en un programa de selección recurrente. Los dos acervos genéticos, por sus composiciones, no fueron útiles para el programa del INIA.

En función del interés del INIA y del CIRAD-CA, de trabajar con selección recurrente para las condiciones de clima templado, el CIRAD-CA decidió desarrollar un nuevo acervo genético para esas condiciones. Así se creó el germoplasma nombrado IRAT-Med A.

El desarrollo del nuevo acervo se hizo a partir de variedades de arroz de tipo japónica. Su composición está basada en tres grupos donde se mezclan fundamentalmente variedades italianas (seleccionadas por sus reacciones de tolerancia a las bajas temperaturas) y americanas (buscando grano del tipo largo). La fuente de androesterilidad utilizada fue el acervo genético CNA-IRAT 5. Cabe resaltar que la variedad Quilamapu, desarrollada por el programa de mejoramiento del INIA, contribuye con 1.92% de los genes al acervo genético (Cuadro 1). En el año de 1994 se introdujo del CIAT el acervo genético básico con un solo ciclo de recombinación identificado como IRAT-Med A/0/1.

La primera etapa fue la siembra del germoplasma en Quilamapu y Colchagua, para su caracterización. Una vez conocido su potencial se podría iniciar el proceso de selección recurrente mediante la utilización directa como material básico o como fuente para la introducción de nuevos materiales.

La población IRAT-Med A/0/1 se recibió en noviembre de 1994, y se sembró tanto en forma directa como con semilla pregerminada, en Quilamapu y en el área de Colchagua, zona norte. Su manejo fue similar al de los materiales segregantes trabajados por el programa. Como testigos se usaron las variedades Oro, Diamante y Buli.

Debido a que las fechas de siembra fueron tardías (3 y 15 de noviembre, respectivamente para Quilamapu y Colchagua), la floración se produjo muy tarde y en la época en que el frío tiene un efecto marcado en los materiales. Por esta razón solamente se seleccionaron algunas plantas fértiles en Colchagua y algunas plantas androestériles en las dos localidades. Se observó claramente que no hubo una sincronización floral entre las

Cuadro 1. Progenitores y participación relativa de las variedades y líneas componentes de la población IRAT-Med A/0/1, de arroz.

Progenitor	Participación (%)	Progenitor	Participación (%)
Aseatico	1.19	Ariete	2.60
Bonnetbell	2.60	Delta	1.19
Europa	1.19	Italpatna	1.19
Koral	1.19	Lido	2.60
R.B. Mutique Vercelli	2.60	Rica	2.60
Rocca	1.19	Senatore Novelli	1.19
Sesia	1.19	Siuva	1.19
Strella	1.19	Vitro	1.19
Miara	14.41	Cristalava	1.41
6FMT	1.41	Indio	1.41
IRAT 112	1.41	Katy	1.41
L-202	1.41	LA 110	1.41
Lebonet/L-202	1.41	Mars	1.41
Mercury	1.41	Arlesienne	1.92
Alan	1.92	ISCR 6	1.92
Labelle	1.92	M202	1.92
Majanes 4	1.92	Quilmapu	1.92
Rexmont	1.92	SKBT	1.92
Skybonnet	1.92	Tebonnet	1.92
CNA-IRAT 5	19.00		
Total			100.00

plantas del acervo genético y los testigos; una parte significativa de las plantas que componen el IRAT-Med A/0/1 fue más tardía que las variedades Oro, Diamante y Buli.

Estos resultados preliminares indican que el germoplasma introducido en la zona sur no se puede utilizar directamente, y habrá que realizar introgresión en el acervo genético de materiales con mayor adaptación a las condiciones ambientales imperantes, para crear una nueva población. Para lograr plena recombinación de los genotipos y no perder variabilidad genética, se debe sembrar el germoplasma en una sola parcela de manera escalonada, al menos con tres fechas diferentes. Además, en esta etapa la población se debe manejar bajo el sistema de trasplante, para que todos los genotipos involucrados tengan la probabilidad de cruzarse y evitar las pérdidas de semillas que pueden ocurrir si se maneja en siembra directa con semilla pregerminada.

En el área norte será posible trabajar directamente con la población original y, al igual que en la zona sur, se deberá sembrar en tres fechas diferentes, por lo menos, y bajo el sistema de trasplante. En el futuro se decidirá la formación de una nueva población en base a la IRAT-Med A/0/1.

En los próximos años se pretende manejar este germoplasma utilizando la selección recurrente fenotípica, con el objetivo de elevar la frecuencia de los genes de interés para las condiciones chilenas. En cada ciclo de selección, las líneas obtenidas se incorporarán al programa de desarrollo de variedades que debe seguir en forma paralela con este proyecto. Solamente se utilizarán las pruebas de progenies cuando se considere que el germoplasma está en un buen nivel y que la selección masal ya no cumple con eficiencia los objetivos propuestos.

## Referencias

- Alvarado, R. y Pino, A. 1979. Arroz Ñiquén-INIA, una variedad precoz. Informativo no. 6. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Estación Experimental Quilamapu, Chillán, Chile.
- \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_. 1982a. Arroz Quella-INIA. *Agric. Téc. (Chile)* 42(3):251.
- \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_. 1982b. Arroz Diamante-INIA. *Agric. Téc. (Chile)* 42(3):253.
- \_\_\_\_\_; Grau, P.; Martínez, C.; y Pulver, E. 1992. Buli-INIA, the first fine-grain variety released in Chile. *Int. Rice Res. Newsl.* 17(2):14-15.
- Hepp, R. 1945. El cultivo del arroz. Circular no. 1. Ministerio de Agricultura, Dirección General de Agricultura, Chile. 14 p.
- Sims, G. 1960. Nuevas variedades de arroz. Cartilla no. 2. Estación Experimental de Chillán, Chile.
- \_\_\_\_\_. 1969. El cultivo del arroz. *El Campesino (Chile)* 12:42-71.
- Velasco, R.; Alvarado, R.; y Hernaiz, S. 1994. Estudio de prefactibilidad de comercialización de arroz para pequeños productores de la VII y VIII Regiones. Informe Final. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Quilamapu, Chile. 87 p.