



FONDEF
Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

PRODUCCIÓN DE ARROZ: BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA)

Editores

Mario Paredes C.
Viviana Becerra V.



Tu familia, nuestra familia

BASF
The Chemical Company

Boletín INIA N° 306

ISSN 0717-4829

Agradecimientos

Los editores agradecen muy sinceramente el financiamiento y la colaboración de los proyectos, empresas e instituciones que permitieron obtener la información publicada en este documento.

Financiamiento de proyectos

Programa de Arroz-INIA. Mario Paredes, (Investigador Coordinador). Financiamiento: Subsecretaría de Agricultura. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile.

Nuevas estrategias en la generación de variedades de arroz tolerantes a frío y resistentes a herbicidas. XVIII Concurso de Proyectos. Mario Paredes (Director), Viviana Becerra (Subdirectora), Gabriel Donoso, Javier Chilian, Haroldo Salvo, Carlos Fernández, Alvaro Vega, Fernando Garrido, Lorena Barra. 2011-2014. Colaboración INIA, CIAT, IRRI, FLAR. Financiamiento: Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico, FONDEF D10I1183, CONICYT, Ministerio de Educación, INIA. Empresas asociadas: Tucapel S.A., Empresa Carozzi S.A., Empresa BASF-Chile. 2011-2014.

Caracterización de genotipos de arroz tolerantes y susceptibles a bajas temperaturas al estado vegetativo y reproductivo: un paso esencial y complementario para la selección asistida (MAS) en un programa de mejoramiento de arroz. Viviana Becerra (Inv. Responsable), Mario Paredes, Gabriel Donoso. INIA, CIAT, FLAR, EMBRAPA, Universidad de Córdoba. Financiamiento: Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico, FONDECYT REGULAR N° 1110405, Conicyt, Ministerio de Educación. INIA. 2011-2014.

Potentiality of mineralizable nitrogen in paddy rice soils of Chile. Juan Hirzel (investigador responsable). Financiamiento: Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico, FONDECYT Iniciación. Conicyt, Ministerio de Educación. INIA. 2011-2014.

Convenio Apoyo a la competitividad del sector arrocero. Mario Paredes (investigador responsable). Financiamiento: Subsecretaría de Agricultura. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. 2012.

Convenio MINAGRI-FLAR-FEDEARROZ-FENARROZ. INIA participó como la contraparte técnica del MINA-

GRI. Mario Paredes, (investigador responsable). Financiamiento: Subsecretaría de Agricultura-INIA, Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile. 2011-2014.

Determinación de la huella del agua y estrategias de manejo de recursos hídricos. 2012. Hamil Uribe (investigador responsable), Felipe Riquelme: Huella del agua en arroz. Financiamiento: Subsecretaría de Agricultura-INIA, Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile.

Apoyo a la formación de Redes Internacionales entre Centros de Investigación. Mario Paredes (investigador responsable), Viviana Becerra, Julio Kalazich, Pablo Grau. Financiamiento: Cooperación Internacional, CONICYT. 2012-2013.

Programa de inversiones en el programa de arroz. Mario Paredes (investigador responsable). Reforzamiento de programas de investigación. Financiamiento INIA. 2012.

Colaboración internacional

Programa de Arroz. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.

Fondo Latinoamericano de Arroz de Riego, FLAR-Clima Templado (INTA-Argentina, INIA-Uruguay, IRGA-Brasil, INIA-Chile). Cali, Colombia.

The International Network for Genetic Evaluation of Rice or INGER. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Filipinas.

Unidad de Proteómica. Universidad de Córdoba. Córdoba, España.

Programa de mejoramiento de Arroz: EMBRAPA Frejol y Arroz, Goiania; EMBRAPA Clima Templado y Centro de Recursos Genéticos y Biotecnología (CENARGEN). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria, EMBRAPA.

Temperate Rice Research Consortium (TRRC). Rural Development Administration (RDA) Corea- IRRI. Suwon, Corea. (18 países e instituciones internacionales miembros).

Autores

Profesionales

- **Mario Paredes C.**, Ingeniero Agrónomo, M. Sci., Ph.D., Coordinador Programa de Arroz, mparedes@inia.cl, INIA Quilamapu
- **Marta Alfaro V.**, Ingeniero Agrónomo, Ph. D., malfaro@inia.cl, INIA Remehue
- **Viviana Becerra V.**, Ingeniero Agrónomo, Ms. Sci., vbecerra@inia.cl, INIA Quilamapu
- **Gonzalo Carracelas G.**, Ingeniero Agrónomo, gcarracelas@tb.inia.org.uy, INIA Uruguay, Montevideo, Uruguay.
- **Javier Chilian**, Licenciado en Genética, Dr., jchilian@inia.cl, INIA Quilamapu
- **Gabriel Donoso Ñ.**, Bioquímico, Dr., gabriel.donosos@inia.cl, INIA Quilamapu
- **Jorge González U.**, Ingeniero Agrónomo, Mag. Econ., jgonzale@inia.cl, INIA Quilamapu
- **Juan Hirzel C.**, Ingeniero Agrónomo, M. Sc., Dr., jhirzel@inia.cl, INIA Quilamapu
- **Sara Hube S.**, Químico Analista, sara.hube@inia.cl, INIA Remehue
- **Alfonso Osorio U.**, Ingeniero Agrónomo, M. Sci., Privado
- **José Parfitt**, Ingeniero Agrícola, Dr. Agronomía-Riego, EMBRAPA Clima Templado CPACT, jose.parfitt@embrapa.cl, Pelotas, Brasil
- **Julieta Parada S.**, Ingeniero Agrónomo, julieta.parada@inia.cl, INIA Quilamapu
- **Felipe Riquelme M.**, Ingeniero Civil Agrícola, feliperiquelmemerino@gmail.com, INIA Rayentué
- **Jorge Riquelme S.**, Ingeniero Agrónomo, Mg.I. A., Dr., jriquelme@inia.cl, INIA Raihuén
- **Carmen Rojo M.**, Ingeniero Agrónomo, carmen.rojo@hotmail.com, INIA Quilamapu
- **Haroldo Salvo G.**, Ingeniero Agrónomo, Ph.D., hsalvo@inia.cl, INIA Carillanca
- **Hamil Uribe C.**, Ingeniero Civil Agrícola, M. Sci., Dr., huribe@inia.cl, INIA Quilamapu
- **Alvaro Vega S.**, Ingeniero Agrónomo, avega@inia.cl, INIA Quilamapu

Ayudantes de Investigación

- **Eduardo Gutiérrez R.**, gutierreeduardo@gmail.com, INIA Quilamapu
- **Karin Lisboa J.**, klisboaj@gmail.com
- **Uberlinda Luengo U.**, uluengo@inia.cl, INIA Quilamapu
- **Luis Ramírez P.**, lramirez@inia.cl, INIA Remehue
- **Fernando Saavedra B.**, fsaavedr@inia.cl, INIA Quilamapu



Edición periodística: Andrea Romero G., Hugo Rodríguez A.

Edición técnica: Mario Paredes C., Viviana Becerra V.

Boletín N° 306

Este boletín fue editado por el Departamento de Comunicaciones del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura.

Permitida su reproducción total o parcial citando la fuente y los autores.

Cita bibliográfica correcta: Hube, S.; Alfaro, M.; Ramírez, L.; Donoso, G.; Paredes, M. 2015. Contribución del cultivo de arroz al cambio climático (100 pp.).

En: M. Paredes, V. Becerra, (eds.). Manual de producción de Arroz: Buenas prácticas Agrícolas. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Boletín INIA N° 306. 100 p.

Diseño y Diagramación: Carola Esquivel

Impresión: GRAFICA ANDES IMPRESORES

Cantidad de ejemplares: 500

Santiago, 2015.



Índice

1. Introducción.....	3
2. Contribución del cultivo de arroz al cambio climático	4
3. Evolución de la superficie, producción y rendimiento del cultivo en Chile	8
4. Caracterización del sector arrocero	11
5. Efecto de las bajas temperaturas en el cultivo	18
6. Germoplasma de arroz utilizado en el país.....	22
7. Establecimiento del cultivo.....	26
8. Siembra directa en arroz.....	28
9. Uso de nuevas tecnologías en el desarrollo de variedades de arroces INIA	32
10. Variedades tradicionales de arroz desarrolladas y recomendadas	37
11. Desarrollo de una nueva variedad de arroz: Zafiro-INIA Clearfield	40
12. Nuevos antecedentes en la fertilización nitrogenada en arroz	43
13. Control de malezas.....	51
14. Manejo integrado de herbicidas para la producción de arroz Clearfield	55
15. Arroz rojo, un peligro latente para el cultivo de arroz	57
16. Manejo de agua: alcances y desafíos.....	59
17. Huella del agua	62
18. Cosecha mecanizada.....	67
19. Evaluación económica y productiva	72
20. Validación de la tecnología INIA.....	79
21. Primer concurso de producción de arroz en Chile: Análisis económico.....	84
22. Aportes tecnológicos de INIA al sector arrocero.....	89
23. Referencias adicionales.....	95
24. Anexos	96

Introducción

Durante las últimas décadas, el sector arrocero ha experimentado una importante transformación tecnológica, que ha significado la adopción de importantes niveles de tecnología y un mejoramiento sustancial en la relación entre los diferentes eslabones de la cadena productiva. Es así como, a nivel país, el sector arrocero participa activamente en la Comisión Nacional del Arroz y en diferentes subcomisiones nacionales, como la de Comercialización y la de Innovación, lideradas por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) y la Mesa Campesina, bajo la organización del Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP). En estas instancias público-privadas, los diferentes actores de la cadena productiva tienen la posibilidad de plantear sus problemas y buscar las posibles soluciones.

Dentro de este contexto, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA) actúa con una doble función: difundir las actividades que realiza y conocer las demandas del sector, para poder transformar estas necesidades en planes y líneas de trabajo de investigación-desarrollo y difusión.

Un ejemplo concreto de esta colaboración público-privada es la preparación de este documento técnico que resume los principales resultados obtenidos en varios proyectos “arroceros”, financiados por INIA, la Subsecretaría de Agricultura del Ministerio de Agricultura (MINAGRI) y el Ministerio de Educación, a través de la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT), con sus diferentes programas como el Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF), el Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT) y el Programa de Cooperación Internacional; además del co-financiamiento de las empresas privadas TUCAPEL, S.A., CAROZZI S.A. y BASF-Chile.

Esperamos que este documento constituya un nuevo aporte en la difusión de los nuevos conocimientos y buenas prácticas agrícolas (BPA), obtenidas en los últimos años de investigación sobre arroz en el país, y cuyo objetivo final es contribuir a mejorar la competitividad y sustentabilidad del sector arrocero nacional.



Sara Hube, Marta
Alfaro, Luis Ramírez,
Gabriel Donoso,
Mario Paredes

Contribución del Cultivo de Arroz al Cambio Climático

Los gases en la atmósfera que atrapan radiación son llamados “Gases de Efecto Invernadero” (GEI) e incluyen el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O) y el metano (CH_4), entre otros. A partir de la revolución industrial, la actividad humana ha causado el aumento de las concentraciones de GEI, lo que ha llevado a un aumento de la temperatura atmosférica de la Tierra, acontecimiento conocido habitualmente como “Calentamiento Global”. Durante los últimos dos siglos, la concentración de CO_2 y de N_2O en nuestra atmósfera ha aumentado un 31% y 16%, respectivamente, mientras que la concentración de metano se ha duplicado en igual periodo. De los tres gases mencionados, el más abundante es el CO_2 , mientras que el más dañino por su potencial de calentamiento es el N_2O .

La información técnica y científica sobre la dinámica de GEI emitidos por los sistemas agropecuarios chilenos es escasa, resultando prioritaria para posicionar al país en los acuerdos internacionales de políticas de mitigación y poder mejorar así el nivel de incertidumbre del actual inventario nacional de GEI, según lo definido por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (PICC). Los inventarios nacionales de GEI son herramientas que permiten medir el cumplimiento de los compromisos nacionales de mitigación, al estimar las emisiones totales de GEI de un país en un periodo dado. Las estimaciones existentes de GEI desde la agricultura chilena se apoyan en información de regiones externas que no necesariamente se relacionan con las particulares condiciones de suelo y clima, así como las prácticas de manejo que prevalecen en las zonas agrícolas más importantes del país. Dichas estimaciones indican un incremento global de alrededor de 32% en las emisiones de GEI equivalentes a dióxido de carbono (CO_2e) en nuestra agricultura entre los años 1984 y 2003. Las fuentes predominantes de emisiones de GEI son el uso de fertilizantes nitrogenados (por ejemplo, urea) aplicados a praderas o suelos de cultivo (44%), la fermentación entérica del ganado (31%) y el manejo y aplicación al suelo de residuos animales (purines, entre otros) (23%).



El cultivo del arroz y la emisión de Gases de Efecto Invernadero

La descomposición anaeróbica de la materia orgánica en cultivos de arroz inundado también produce metano (CH_4), que posee un potencial de calentamiento global 24 veces más alto que el del dióxido de carbono (CO_2). El cultivo de arroz en secano no produce cantidades significantes de CH_4 .

De la amplia variedad de fuentes metano atmosférico (CH_4), el cultivo de arroz es considerado uno de los más importantes, con un flujo de emisión mundial de 60 Tg CH_4 /año (tera gramos de metano al año), y un rango de 20 a 100 Tg CH_4 /año (PICC, 1996). Esto representa entre el 5% y el 20% de la emisión total de CH_4 desde todas las fuentes antropogénicas. Lo anterior coincide con los datos de FAO de 2013 que, considerando el flujo de CH_4 en Estados Unidos, España, Italia, China, India, Australia, Japón y Tailandia, indican que del total de las emisiones de metano provenientes del sector agropecuario, un 10% corresponde al cultivo de arroz (Figura 1).

Las emisiones de CH_4 en cultivos de arroz muestran una amplia variabilidad a nivel mundial, dependiendo del tipo de suelo y su textura, de la aplicación de materia orgánica y fertilizante mineral, el régimen de agua empleado y el clima, entre otros.

Proceso de producción de metano en el cultivo del arroz

La mayor producción de CH_4 en suelos inundados proviene de la reducción del CO_2 con hidrógeno (H_2),

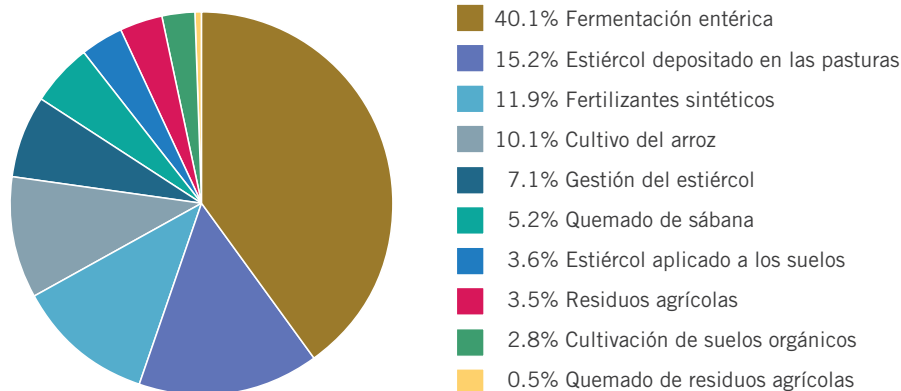
este proceso se llama metanogénesis. En campos cultivados, la cinética del proceso de reducción es afectada fuertemente por la composición y textura del suelo y su contenido de minerales. Así, el aporte de fuentes de carbono frescas y nutrientes, como sucede en la incorporación del rastrojo en campos de arroz, incrementa significativamente las tasas de emisiones de CH_4 , comparado con compost preparados con rastrojo de arroz o fertilizantes químicos.

Una vez generado en el suelo, el CH_4 se difunde a la atmosfera principalmente a través de las hojas de la planta de arroz, durante el crecimiento del cultivo. La emisión directa desde el suelo a través de burbujas, proceso conocido como ebullición, sólo aporta con el 5% del total de las emisiones de CH_4 .

Avances en Chile en la estimación de las emisiones de CH_4 desde cultivo de arroz

El PICC ha proporcionado directrices para estimar las emisiones de CH_4 desde la producción de arroz, que usa la superficie anual de área cosechada, integrando los factores de emisión estacionalmente por zonas. Este método ha sido implementado en Chile, para los cálculos de inventarios nacionales, usando los datos de actividad nacional y valores por defecto de factores de emisión. Los resultados de este ejercicio indican que en Chile el cultivo de arroz contribuye con un 1% a las emisiones totales del sector agropecuario, alcanzando a 99 Gg CO_2 eq (99 giga gramos de dióxido de carbono equivalente) en el año 2006 y mostrando una reducción del 14% en relación al año 2000 (Ministerio de Medio Ambiente, 2011).

Figura 1. Contribución (%) de la fuente de emisión a las emisiones de CH_4 desde el sector agropecuario.



Fuente: FAOSTAT, 2013.

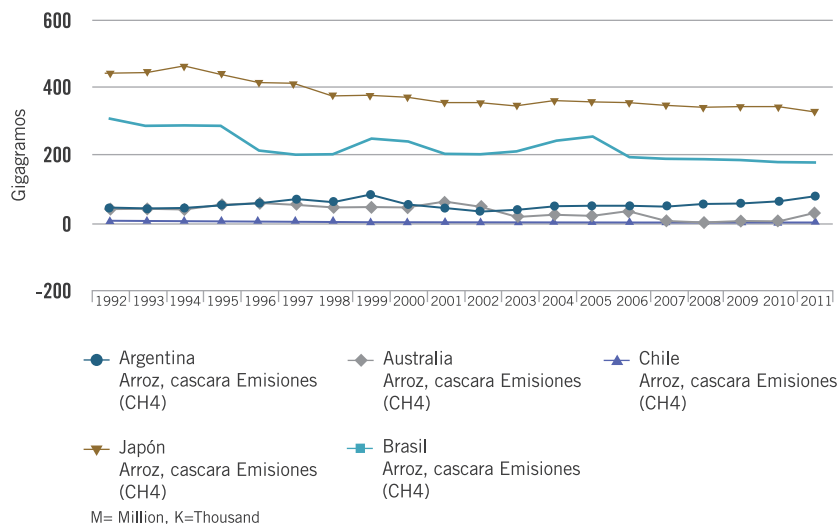
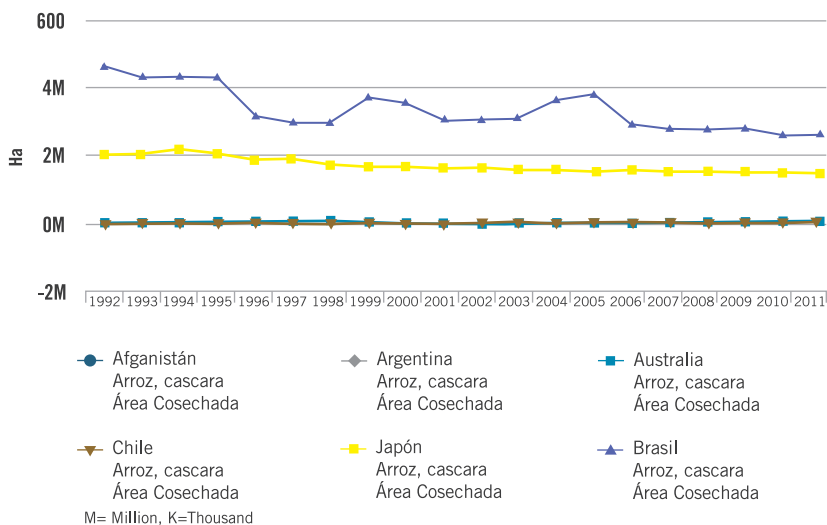


Figura 2. Gráfico comparativo del promedio de las emisiones de CH₄ (Gg CH₄) en cultivo de arroz entre los años 1990 y 2011 para distintos países.

Figura 3. Gráfico comparativo del promedio de las superficies de arroz cosechado entre los años 1990 y 2011 (millones de ha).



Fuente: FAOSTAT, 2013.

Este bajo aporte relativo al sector nacional en comparación a la situación de otros países del continente (Figura 2), está directamente relacionado al área cultivada en cada caso, y no a cambios en las características de los sistemas productivos (Figura 3).

Debido a que las condiciones en que el arroz es cultivado son específicas en cada país, presentan amplia variabilidad (por ejemplo: prácticas de manejo de agua, variedad de arroz, uso de fertilizantes orgánicos, tipo de suelo, incorporación de rastrojo, etc.) y a que estas condiciones afectan significativamente las

emisiones de metano, el PICC recomienda calcular factores de emisión específicos para cada país o zona productiva.

Debido a ello, Chile a través de INIA, inició un trabajo conducente a cuantificar las emisiones de GEI en el cultivo de arroz. Este trabajo consta de dos fases:

1. La participación del país en las dos primeras reuniones en las Américas del grupo de investigación en cultivo de arroz, de la Alianza Global de Investigación para la Mitigación de las Emisiones



de GEI en sistemas Agropecuarios (GRA), en los años 2013 y 2014. En la primera de estas actividades se buscó obtener una línea base de información de cada país, respecto a los avances nacionales para la generación de factores de emisión locales, que son en su mayoría incipientes, por lo que se generó un sub-grupo de trabajo en este tema en las Américas, para facilitar la comunicación y transferencia de tecnologías asociadas a la investigación en esta área. En consecuencia, en la segunda de estas actividades se generó un protocolo común de trabajo para generar y procesar datos sobre emisiones de GEI en el cultivo del arroz.

2. Siguiendo las recomendaciones, Chile implementó la metodología para medición de GEI en el cultivo de arroz durante la temporada 2013/14, realizando el primer ensayo de medición para el país en la comuna de Parral. Este primer trabajo permitió generar información preliminar sobre las emisiones de CH₄ en un cultivo arroz, estableciéndose que el flujo de CH₄ aumenta desde el periodo de macolla, alcanzando su máximo valor durante el periodo de floración y disminuyendo durante el llenado de grano (Figura 4). Este perfil de emisión coincide con lo observado en el Sur de China, Japón y en Brasil.

La continuación de este trabajo incluye la generación de factores para emisiones de CH₄ y N₂O en el país específicamente, considerando los principales manejos culturales en suelos arroceros de Chile.

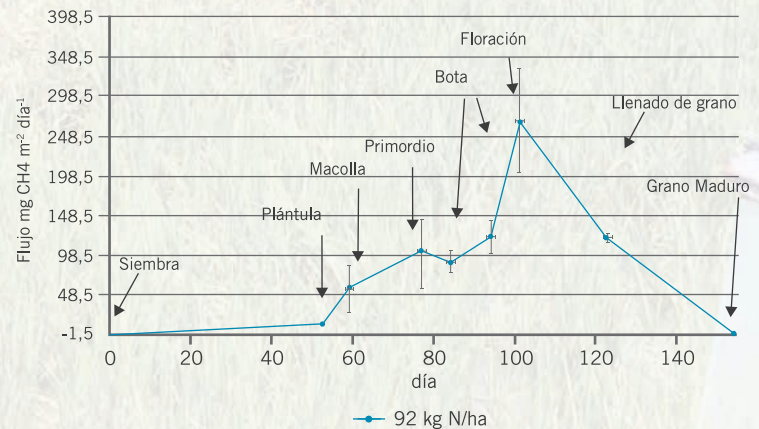


Figura 4. Emisiones de Metano por día de muestreo.



Mario Paredes,
Viviana Becerra,
Fernando Saavedra

Evolución de la superficie, producción y rendimiento de arroz en Chile

Evolución de la superficie, producción y rendimiento

Si analizamos lo ocurrido en el país durante las últimas décadas (1979 a 2013), podemos observar un aumento sostenido del rendimiento por hectárea en el cultivo, donde en la temporada 1979-80 se obtuvo un rendimiento de 23,2 qqm ha⁻¹, el que llegó a 60 y 62 qqm ha⁻¹ en las últimas temporadas (Figura 1), lo que ha significado un aumento de rendimiento de casi un 300% durante este período.

El aumento sostenido del rendimiento observado en el cultivo del arroz se puede explicar, principalmente, por la incorporación de una mayor y mejor tecnología, entre las que se pueden mencionar: a) la disponibilidad de variedades de alto potencial de rendimiento y calidad, b) el mayor uso de semilla certificada, c) un mejor manejo agronómico (época de siembra, sistematización de los suelos, fertilización, control de malezas y del agua, y mayor mecanización en diferentes etapas del cultivo), y d) un entorno técnico-económico relativamente favorable.

Paralelo a este aumento sostenido del rendimiento se observa también una reducción paulatina de la superficie sembrada (Figura 1). Es así como, en la temporada 1979/80 se sembraron 40.840 ha comparada con las 22.359 ha (Figura 1) de la temporada 2013/2014. Esta situación es producto de la reducción en la superficie sembrada en las tres regiones arroceras, principalmente en la región del Libertador Bernardo O'Higgins donde la superficie sembrada se redujo desde 11.630 ha (1979/80) a cero ha en la temporada 2011/2012. Las regiones del Maule y Bío Bío, para la misma fecha, también sufrieron una reducción de la superficie sembrada de 21.060 y 17.909 ha a 17.403 y 4.995 ha, respectivamente (Figura 2), lo que se vio reflejado también en la producción a nivel regional (Figura 3). Toda esta situación indicó una reconversión importante de estos suelos hacia otras alternativas productivas.

A pesar de la reducción de la superficie sembrada, el aumento sostenido del rendimiento resultó en un aumento constante de la producción de arroz en el país (Figura 1) y a nivel regional (Figura 4). Es así como, en la temporada 1979/80 se produjeron a nivel nacional 95.441 ton en comparación con las 134.884 ton, de la temporada 2013/2014, lo que significó un aumento de 39.443 ton con una reducción de la superficie sembrada de 18.481 ha.

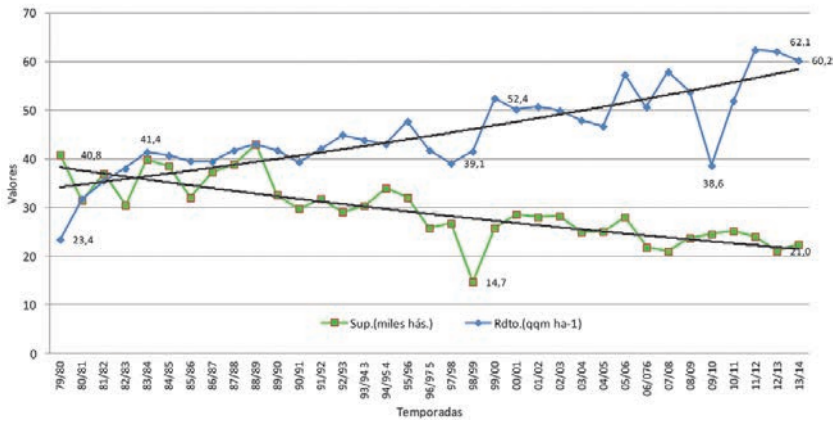


Figura 1. Superficie (ha), producción (ton) nacional de arroz. 1979/80 a 2013/2014.

Figura 2. Superficie (ha) sembrada con arroz por región. 1979/80 a 2013/2014.

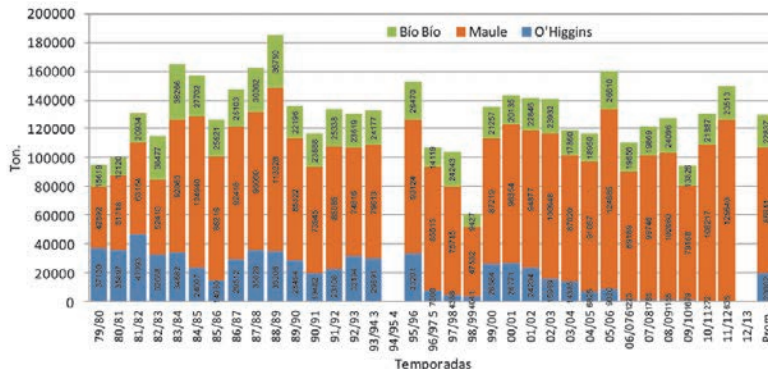
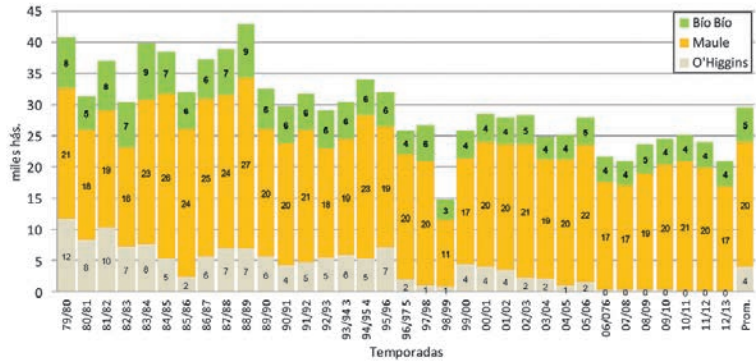


Figura 3. Producción (ton) de arroz producida por región. 1979/80 a 2013/2014.

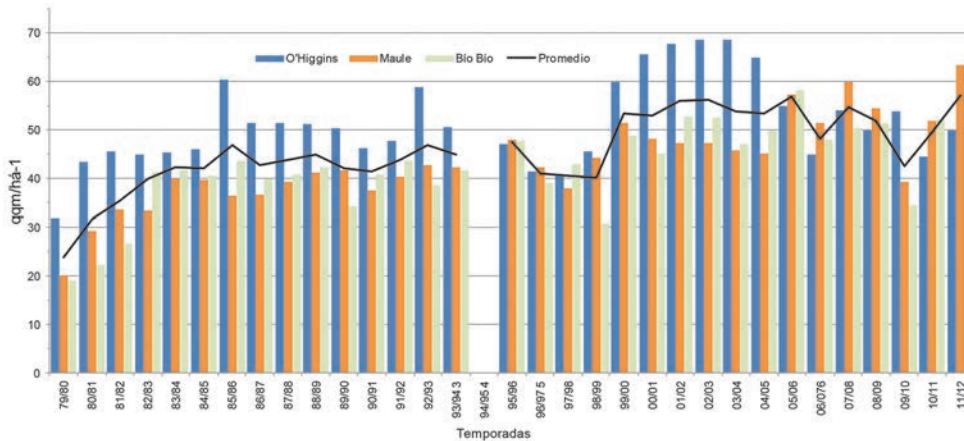


Figura 4. Rendimiento (qqm/ha-1) de arroz obtenido por región. 1979/80 a 2013/2014.

Cuadro 1. Volumen (ton), valor (US\$), producción nacional (ton), y disponibilidad nacional (ton) de arroz. 2000-2014.

Año	Importaciones (ton), Importaciones (%)	Valor CIF (US\$)	Producción Nacional (ton)	Disponibilidad Nacional (ton)
2000	56.145 (28,2)	16.482	143.261	199.406
2001	69.045 (33,7)	17.356	141.927	210.972
2002	64.015 (31,2)	16.382	140.849	204.864
2003	102.942 (46,3)	24.992	119.265	222.207
2004	72.405 (38,3)	20.177	116.832	189.237
2005	75.587 (32,0)	25.760	160.315	235.902
2006	79.107 (41,8)	26.252	110.268	189.375
2007	91.799 (43,1)	38.217	121.400	213.199
2008	92.817 (42,2)	68.335	127.311	220.128
2009	97.501 (50,7)	51.326	94.673	192.174
2010	98.555 (43,1)	54.513	130.375	228.930
2011	83.792 (35,9)	46.724	149.788	233.580
2012	93.847 (41,9)	56.213	130.307	224.154
2013	90.889 (40,3)	52.806	134.884	225.773
Ene-oct 2014	75.175	42.531		

Cuadro 2. Principales países importadores de arroz al país. 2012-2014.

País importador	Año 2012		Año 2013		Enero-Octubre 2014	
	Toneladas (ha)	(%)	Toneladas (ha)	(%)	Toneladas (ha)	(%)
Paraguay	32.067	34,2	28.546	31,4	15.675	20,9
Vietnam	8.578	9,1	28.496	31,3	14.777	19,7
Argentina	44.851	47,8	23.642	26,0	15.240	20,3
Uruguay	4.649	5,0	4.544	5,0	3.712	4,9
Pakistán	500	0,5	2.729	3,0	6.219	8,3
Tailandia	-	-	-	-	4.579	6,1
India	64	0,1	1.162	1,3	9.835	13,1
EE.UU.	592	0,6	934	1,0	-	-
Otros	2.546	2,7	986	1,1	5.138	6,8
Totales	93.847	100	91.040	100	75.175	100

Disponibilidad nacional

Por otro lado, los datos de producción muestran que la disponibilidad de arroz (suma de la producción nacional y las importaciones) durante este mismo período ha sufrido solo un ligero aumento desde las 199.406 ton (1979/80) a las 225.773 ton (2013/2014), lo que se podría interpretar como que el consumo nacional se ha mantenido más o menos estable durante este período (Cuadro 1). De la disponibilidad nacional, la producción aporta con un porcentaje cercano al 60%, lo que implica la importación de cantidades de arroz para cubrir la demanda del país (Cuadro 1). Considerando esta situación se podría pensar que existiría un espacio para aumentar la producción nacional.

Países importadores de arroz al país

En los últimos tres años, los principales países importadores de arroz al país fueron: Paraguay, Vietnam y Argentina, a los que se han sumado India, Pakistán y Tailandia este año (Cuadro 2).

En resumen, la producción de arroz ha tenido un notable mejoramiento de su producción debido a la incorporación de diferentes prácticas agronómicas, variedades y un desarrollo favorable del entorno económico, a pesar de una importante reducción de su superficie sembrada. No obstante, el país debe importar un porcentaje considerable de arroz para satisfacer su demanda nacional, la cual se ha mantenido más o menos estable durante las últimas décadas. De los resultados de la investigación, cabe indicar que existe todavía un importante sector de agricultores donde es posible incorporar las tecnologías disponibles para mejorar su productividad y rendimiento económico. Por otro lado, es preciso mantener y profundizar los trabajos de investigación, transferencia de tecnología y difusión para abordar nuevos desafíos que permitan mantener la competitividad y sustentabilidad del rubro.

Determinación de la muestra.

La determinación de la muestra probabilística se realizó considerando un universo de 1.439 productores de arroz. Asumiendo un nivel de confianza de 95% y un error de aproximadamente 6,5%, el tamaño de la muestra correspondió a 200 productores de arroz. El tamaño de la muestra fue obtenido utilizando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 P Q N}{e^2 (N-1) + Z^2 P Q}$$

Donde, $Z=1,96$, $P=0,5$, $Q=0,5$ y $e=0,065$

El muestreo fue de tipo aleatorio estratificado, de acuerdo a zonas geográficas denominadas Sector Norte, Sector Centro y Sector Sur. El Sector Norte incluyó las comunas de Linares, Retiro y Longaví. El Sector Centro estuvo representado por la comuna de Parral, y el Sector Sur comprendió a las comunas de San Carlos y Ñiquén. Además, se consideró la estratificación por tamaño de la explotación, generando tres tipos de productores de arroz: Pequeño Productor, cuya explotación es de menos de 10 hectáreas, Productor Mediano, con una explotación de 10 a 50 hectáreas y Productor Grande con explotaciones mayores a 50 ha.

La colección de información se realizó mediante la aplicación de una encuesta, lo que permitió obtener la información relevante de las variables consideradas en el estudio. Las preguntas realizadas con la encuesta, consultaron respecto de antecedentes del productor, de la explotación, productivos del arroz, ganadería y otros cultivos, las principales fuentes

de financiamiento e ingresos del productor, las principales emergencias agrícolas, comercialización y gestión de la comercialización, sistema productivo de arroz, maquinarias y costos de producción.

Debemos aclarar que debido a la eliminación de algunas encuestas mal procesadas y otras incompletas, finalmente se procesaron y utilizaron en esta investigación 173 encuestas. Esto provocó que el error aumentara de 6,5% a 7%, lo que no representa un problema serio para cumplir con los objetivos del trabajo.

Resultados de la Encuesta

Característica de los productores de arroz

Los resultados que se presentan de la encuesta de caracterización productiva del arroz, en primer lugar toman en cuenta aspectos relativos a los productores de arroz; la edad, nivel de educación y familia.

El sistema productivo de los agricultores de arroz es manejado por agricultores con edad promedio de 55,2 años. La media corresponde a 55 años. La desviación estándar es de 11,9 años, con un rango que va desde los 27 hasta los 82 años. En cuanto a la distribución por sexo, principalmente corresponde a hombres, con aproximadamente el 94% de los encuestados.

La distribución de los agricultores según su nivel de escolaridad, muestra que un porcentaje principal de 68% tiene Educación Básica, un 22,5% tiene Educación Media. En cambio, la participación en nivel técnico y universitario es baja, con un 5,5% y 4% de los productores, respectivamente. Debemos indicar que en esta pregunta, 22 agricultores no responden.

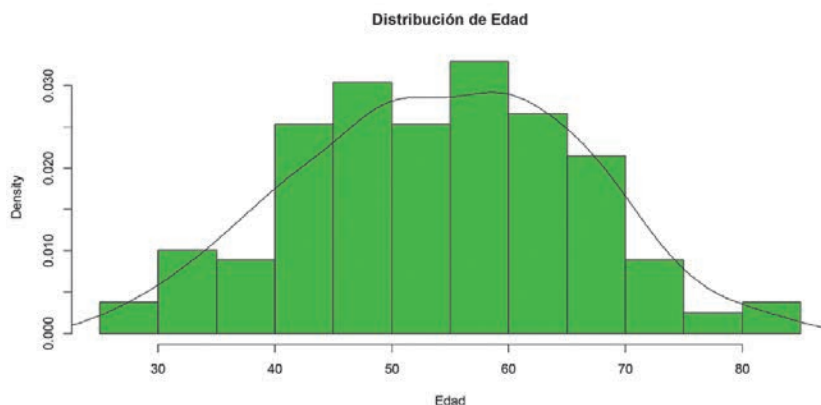


Figura 2. Histograma de la distribución de edad de los productores de arroz.

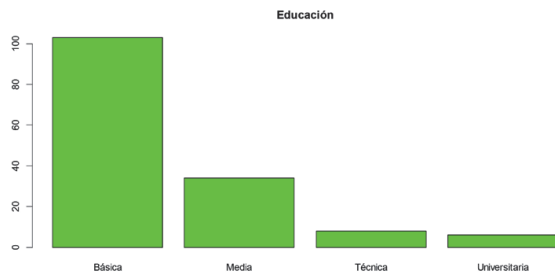


Figura 3. Distribución del nivel de educación de los productores arroceros.

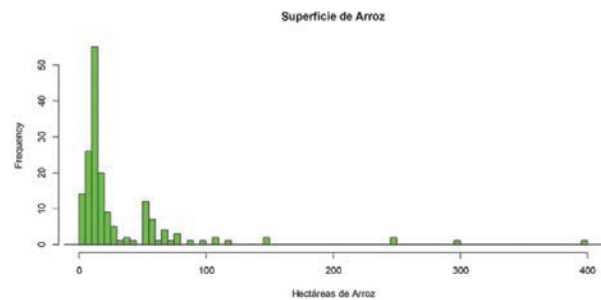


Figura 4. Histograma de la superficie de arroz.

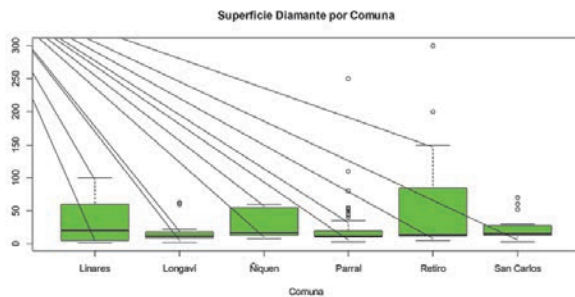


Figura 5. Distribución de la superficie de la variedad Diamante-INIA en las comunas.

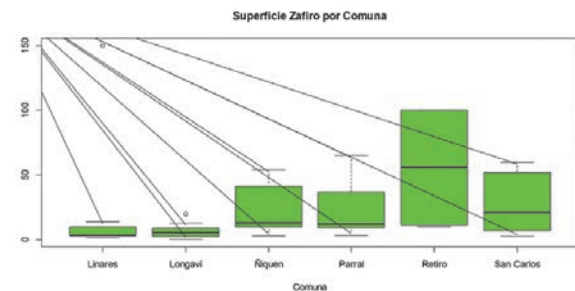


Figura 6. Distribución de la superficie de la variedad Zafiro-INIA en las comunas.

La mayor parte de los productores está casado conformando familias con un promedio de 4 miembros. El 35,5% de las casas habitaciones presenta agua potable, un 22% presenta fosa séptica. La electricidad está disponible para el 85% de las viviendas y el uso del computador ha llegado al 97% de los hogares, de los cuales el 25% tiene acceso a Internet. No deja de sorprender la penetración de la telefonía móvil, la cual alcanza al 98% de los encuestados, en comparación con el 10% que presenta telefonía fija. Por otra parte, el 25% de los productores está conectado a la televisión por cable.

Superficie y rendimiento del arroz

La superficie de terrenos que manejan los productores arroceros, ya sea propia, arrendada o en mediaría, presenta una una media de 26,5 hectáreas y una media de 78,77 hectáreas totales. En tanto, el promedio de hectáreas regadas alcanza a 40,3 ha con una mediana de 20 ha.

La distribución de la superficie total dedicada al arroz, presenta también problemas de asimetría con una mediana de 15 ha y un promedio de 32,5 ha de arroz, con un rango entre 2,5 a 400 ha.

La variedad de arroz más cultivada dentro de los encuestados es Diamante-INIA con una superficie promedio de 28,4 ha y mediana de 14 ha, con un rango entre 1,5 a 300 ha. La distribución de la superficie de Diamante-INIA por comuna es muy asimétrica, con el mayor promedio en Retiro y la media más alta en Linares. El número de encuestados con Diamante-INIA se encuentra principalmente en Parral y Longaví con 38% y 31%, respectivamente.

En cuanto al número de productores con Diamante-INIA y el tamaño productor, la variedad Diamante-INIA se distribuye en 22,5%, 55,5% y 22% para el tamaño de productor grande, mediano y pequeño, respectivamente.

La segunda variedad en importancia es Zafiro-INIA con una superficie promedio de 19,08 ha, mediana de 8 ha y un rango de 0,5 a 150 ha. La distribución respecto al tamaño del productor muestra que Zafiro-INIA se distribuye con aproximadamente 27%, 43% y 30% del total de encuestados para tamaño grande, mediano y pequeño respectivamente. Respecto a la distribución de superficies por comuna, la mediana y el promedio más alto se encuentran en Retiro, mientras que la mediana más baja está en Linares.

Otra variedad con presencia en 17 productores encuestados en la zona de estudio es Brillante-INIA con una superficie promedio de 27 ha, una mediana de 13,5 y un rango entre 3 y 150 ha. El número de casos encuestados con Brillante-INIA respecto al tamaño del productor es aproximadamente el mismo con 6, 6 y 5 casos para grande, mediano y pequeño respectivamente. La comuna con mayor presencia de Brillante-INIA es Linares y la superficie promedio más alta esta en Parral con 47,5 ha.

En cuanto a los rendimientos por hectárea, Diamante-INIA presenta una distribución de rendimientos bastante simétrica con una media de 64 qq/ha, desviación estándar de 8,3 y mediana de 62 qq/ha. Zafiro-INIA muestra rendimientos promedios de 67 qq/ha, desviación estándar de 10,6 y mediana de 70 qq/ha. Se observa que el promedio y la mediana de Zafiro-INIA son superiores a los obtenidos por Diamante-INIA. Por otra parte, la variedad Brillante-INIA tiene un rendimiento promedio de 66,5 qq/ha.

Para determinar si existen diferencias significativas entre los rendimientos de Diamante-INIA y Zafiro-INIA, se utilizó el test no paramétrico de Wilcoxon, no encontrando que el rendimiento de Zafiro-INIA sea distinto al rendimiento de Diamante-INIA. El test se aplicó a una sub-muestra que considera sólo a los productores que presentan ambas variedades en su sistema productivo, de tal manera de dejar constante las características del suelo.

En la misma sub-muestra se aplicó el test no-paramétrico de Levene, para contrastar igualdad de varianzas para los rendimientos de Diamante-INIA y Zafiro-INIA. Los resultados muestran que no existen diferencias significativas en la variabilidad de los rendimientos para Diamante-INIA y Zafiro-INIA.

Respecto al rendimiento de arroz y su relación con el tamaño de los productores encontramos para Diamante-INIA los siguientes resultados:

Se observa que el rendimiento promedio en Diamante-INIA y Zafiro-INIA presentan leves diferencias punto luego de diferencias. La mediana de los rendimientos de Diamante-INIA y Zafiro-INIA (línea roja en las figuras de caja), es levemente superior a las medianas de los rendimientos para los diferentes tipos de productores, excepto en los casos de Diamante-INIA grande y Diamante-INIA mediano.

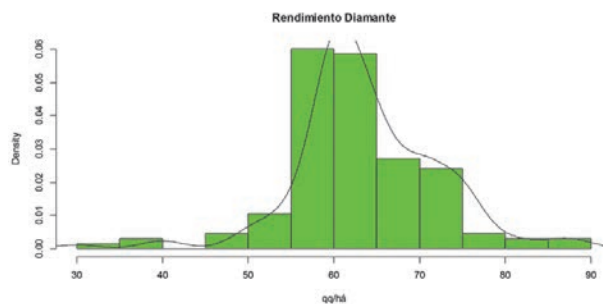


Figura 7. Rendimiento de la variedad Diamante-INIA

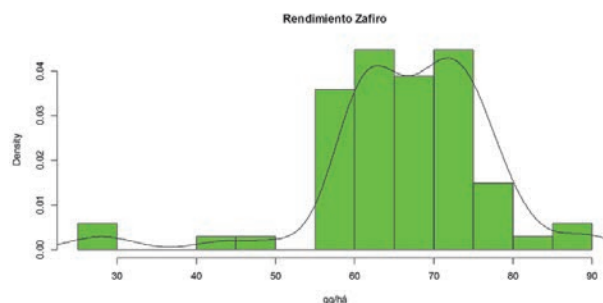


Figura 8. Rendimiento de la variedad Zafiro-INIA.

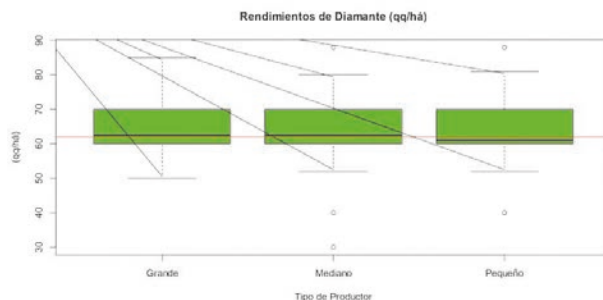


Figura 9. Rendimiento de la variedad Diamante-INIA por tipo de productor.

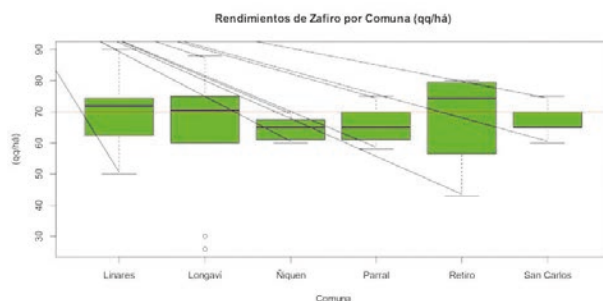


Figura 10. Rendimiento de Zafiro-INIA por tipo de productor.

Para determinar si existen diferencias significativas en los rendimientos de los diferentes tamaños de productor, se aplicó el test no paramétrico de Kruskal Wallis, no encontrando diferencias en los rendimientos de ambas variedades con respecto al tamaño del productor.

La variabilidad de los rendimientos también fue testeada utilizando el test de Bartlett para contrastar igualdad de varianzas. El resultado del test indica que no existen diferencias entre las varianzas de los rendimientos de Diamante-INIA en los diferentes tamaños de productor. En cambio, en el caso de Zafiro-INIA sí se encuentran diferencias al nivel del 10%, donde la variabilidad de los rendimientos en Zafiro-INIA es menor en los grandes productores que en el caso de los pequeños y medianos.

Respecto al rendimiento de las variedades de arroz según la comuna, la variedad Diamante-INIA presenta los rendimientos promedio más alto en Retiro con 68,5 qq/ha y Linares con 67,1 qq/ha, los más bajos se manifiestan en San Carlos y Ñiquén con 60,7 y 60,8, respectivamente. Las medianas muestran un comportamiento más o menos similar a los promedios

con medianas más altas que la total en las comunas de Linares, Longaví y Retiro.

Para determinar si las diferencias en rendimientos son significativas, se aplicó el test de Kruskal Wallis encontrando diferencias estadísticamente significativas en los rendimientos de la variedad Diamante-INIA respecto a las comunas, es decir, de acuerdo a los datos entregados en la tabla, los rendimientos de Linares, Longaví y Retiro son superiores a los de las otras comunas.

En cuanto al rendimiento de Zafiro-INIA en las comunas encuestadas, a pesar que el diagrama de caja muestra que las medianas de los rendimientos de Linares y Retiro son superiores a la mediana total (línea roja) y a los valores de las otras comunas, esta diferencia no es estadísticamente significativa (test de Kruskal Wallis).

Rotación del arroz

El 41% de los productores encuestados repitió el cultivo de arroz, siendo el promedio de repeticiones de 4 años aproximadamente.

Cuadro 1: Rendimientos (qq/ha) de arroz por tipo de productor.

Tamaño Productor	Rendimiento promedio Diamante-INIA	Mediana Rendimiento Diamante-INIA	Rendimiento Promedio Zafiro-INIA	Mediana Rendimiento Zafiro-INIA	DE* Rendimiento Diamante-INIA	DE* Rendimiento Zafiro-INIA
Pequeño	63,6	61	67,9	67,5	9,1	11,6
Mediano	63,9	62,5	65,8	65	8,2	11,8
Grande	64,2	62,5	67,8	70	8,3	7,1

*DE: desviación estándar.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos recabados en la encuesta Línea de Base Arroz 2012.

Cuadro 2: Rendimiento (qq/ha) de arroz por comuna de las variedades Diamante-INIA y Zafiro-INIA.

Comuna	Rendimiento promedio Diamante-INIA	Mediana Rendimiento Diamante-INIA	Rendimiento promedio Zafiro-INIA	Mediana Rendimiento Zafiro-INIA	DE* Rendimiento Diamante-INIA	DE* Rendimiento Zafiro-INIA
Linares	67,1	70	69,7	72	10,4	10,6
Longaví	65,4	70	67	70,5	12,8	14,1
Ñiquén	60,8	61	64,6	65	3,4	3,9
Parral	63,5	62	65,6	65	6,5	5,7
Retiro	68,5	68	68	74,5	7,6	17,3
San Carlos	60,7	61	67	65	3,5	4,5

*DE: desviación estándar.

Financiamiento del cultivo de arroz

El promedio de financiamiento requerido por los productores alcanza a \$10.830.000 y una desviación estándar de \$26.136.391. El financiamiento se realiza principalmente con fondos que no son propios (60%). En cambio, sólo el 11% de los encuestados financia sus actividades productivas con recursos propios, el resto realiza una combinación de recursos propios y préstamos. El principal destino del financiamiento es la compra de insumos, esto a un plazo de 1 año. Finalmente, un resultado que es preocupante es el hecho que sólo el 2% de los encuestados responde que conoce la tasa de los préstamos que le están cobrando por su crédito, los demás no saben o no responden.

Otros cultivos

Los otros cultivos más importantes entre los agricultores encuestados son el trigo, el maíz y tomates. El trigo es cultivado por el 20% de los encuestados, principalmente en Longaví y en Linares con una superficie promedio de aproximadamente 12 ha, con un máximo de 60 ha y un mínimo de 1 hectárea. El rendimiento promedio del trigo es de 45,8 qq/ha con una desviación estándar de 13 qq/ha y una mediana de 45 qq/ha.

La distribución del cultivo de trigo respecto al tamaño del productor de arroz muestra que los medianos productores son los más importantes con un 43% del total del número de productores de trigo, seguido por el pequeño con 31% y el grande con 26%.

El maíz es cultivado por poco menos del 20% de los productores encuestados. La superficie promedio es de 15,6 ha con un rendimiento medio de 100 qq/ha. La distribución de cultivos es equitativa entre los tres tipos de productores y, al igual que en trigo, el mayor número de productores se encuentra en Longaví y Linares.

También son importantes las praderas naturales con un promedio de 38 ha. Por otra parte, las plantaciones de Eucaliptus y el bosque nativo no son relevantes debido al pequeño número de productores que los tienen, a pesar que existe un par de productores con más de 700 ha de eucalipto.

Existencia ganadera

El 41% de los productores arroceros posee bovinos con un promedio de 25 animales por productor, el rango comprende un mínimo de 2 animales hasta el máximo de 573 bovinos. El destino principal de los bovinos es la feria. Las comunas de Parral, Retiro y San Carlos, en ese orden, son las más importantes en el número de bovinos dentro de los productores encuestados. Ahora, respecto al número de animales por tamaño de productor, los grandes productores tienen en promedio 50 bovinos, mientras que los medianos y pequeños tienen aproximadamente 8 animales.

Los equinos son los animales más importantes en cuanto al número de productores donde el 84% de los encuestados es propietario de equinos promediando

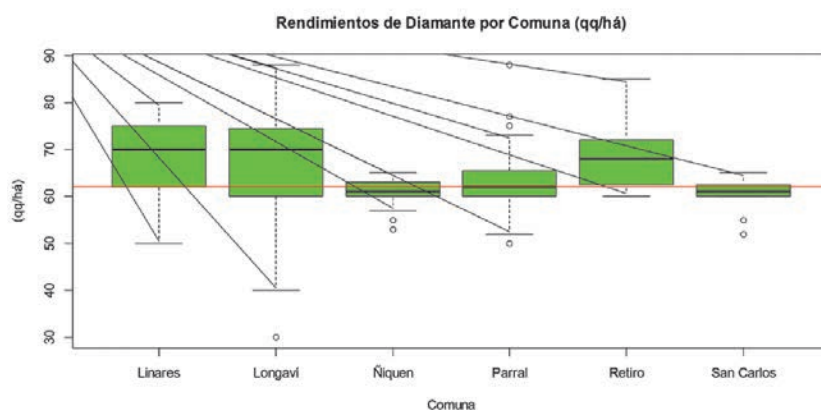


Figura 11. Rendimiento de Diamante-INIA por comuna.

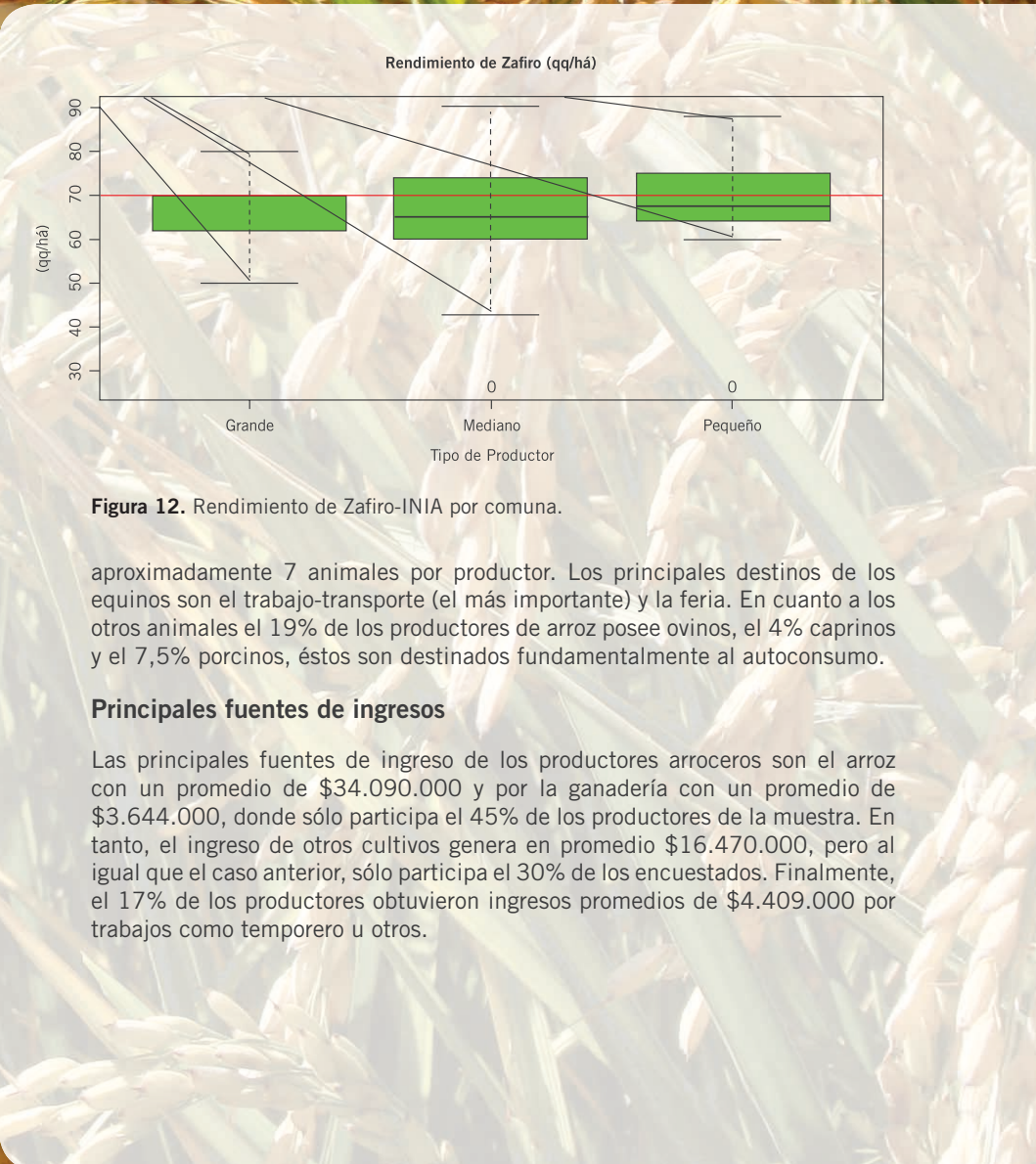


Figura 12. Rendimiento de Zafiro-INIA por comuna.

aproximadamente 7 animales por productor. Los principales destinos de los equinos son el trabajo-transporte (el más importante) y la feria. En cuanto a los otros animales el 19% de los productores de arroz posee ovinos, el 4% caprinos y el 7,5% porcinos, éstos son destinados fundamentalmente al autoconsumo.

Principales fuentes de ingresos

Las principales fuentes de ingreso de los productores arroceros son el arroz con un promedio de \$34.090.000 y por la ganadería con un promedio de \$3.644.000, donde sólo participa el 45% de los productores de la muestra. En tanto, el ingreso de otros cultivos genera en promedio \$16.470.000, pero al igual que el caso anterior, sólo participa el 30% de los encuestados. Finalmente, el 17% de los productores obtuvieron ingresos promedios de \$4.409.000 por trabajos como temporero u otros.

Gabriel Donoso,
Mario Paredes

Efecto de las bajas temperaturas en el cultivo del arroz

Cómo incide el frío en el rendimiento en grano y esterilidad floral del arroz

En Chile, el arroz es cultivado con temperaturas que están por debajo del mínimo necesario. En estas condiciones, la planta de arroz se ve afectada por un estrés debido al frío, lo cual incide dramáticamente en los rendimientos del cultivo. En la Figura 1, se muestran los promedios de temperaturas mínimas de 30 años en Chillán, presentes durante el cultivo del arroz. Además, se muestran las temperaturas mínimas de la temporada 2009-2010, que se caracterizó por ser especialmente fría. Se observa que las temperaturas mínimas promedio están por debajo de las temperaturas críticas definidas para este cultivo, en especial del inicio de macolla en adelante.

El frío afecta el desarrollo vegetativo y reproductivo de la planta de arroz. Los principales efectos del frío en estas etapas son el retraso en el desarrollo del cultivo, la pérdida de plantas en el campo y la esterilidad floral. La etapa reproductiva es la más sensible, donde temperaturas medias menores a 20°C, afectan el desarrollo y la viabilidad del grano de polen generando esterilidad floral. Esto puede causar pérdidas sobre un 60% en el rendimiento (Alvarado, 1999). El daño por frío se puede manifestar desde el segundo hasta el quinto día posterior al evento de frío. El principal daño se produce a nivel

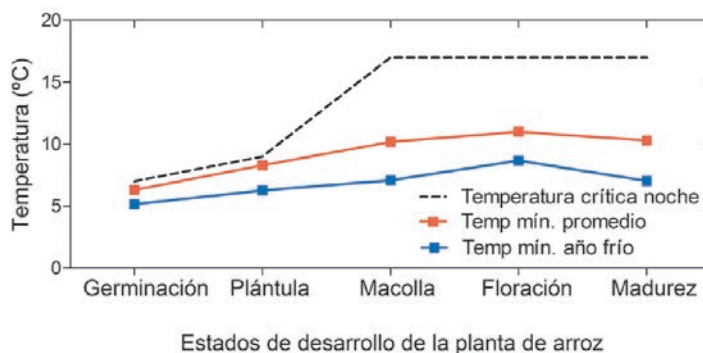


Figura 1. Temperaturas mínimas promedio en Chillán durante la temporada de arroz en Chile. La línea punteada representa las temperaturas críticas nocturnas para el cultivo del arroz (---). En color rojo (■) se muestran las temperaturas mínimas promedio de 30 años en Chillán y en azul (■) las temperaturas mínimas de una temporada de bajas temperaturas (2009-2010). Fuente: Estación meteorológica del departamento de recursos hídricos de la Universidad de Concepción, sede Chillán.

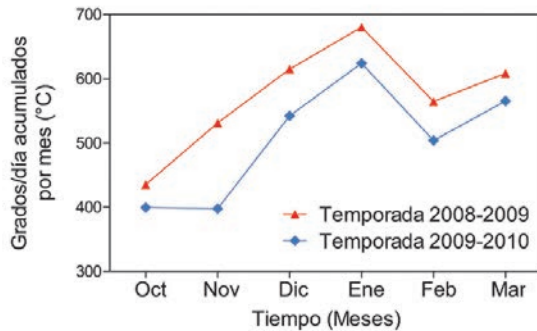
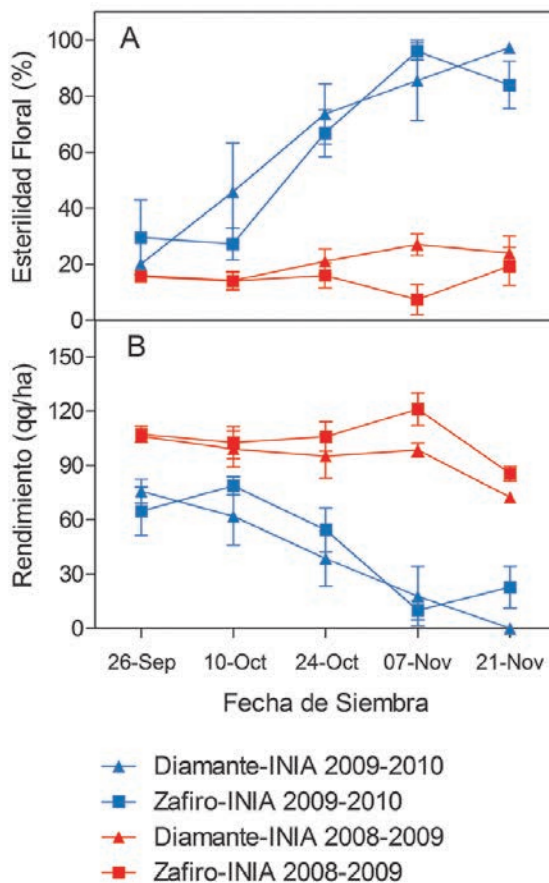


Figura 2. Grados día acumulados mensualmente en la temporada 2008-2009 (normal) y 2009-2010 (frío) en Chillán. La línea roja corresponde a la acumulación de temperatura de la temporada 2008-2009 y la línea azul de la temporada 2009-2010.



de las anteras, especialmente, durante el desarrollo temprano del polen en la etapa de microspora juvenil cuando la planta está en bota. Lo anterior implica un desarrollo incompleto del polen el cual queda estéril. Un trabajo realizado por Alvarado (1999), donde muestra resultados obtenidos entre los años 1989/1990 y 1997/1998, indica que los principales efectos de la baja temperatura durante este periodo fueron: un aumento del periodo de siembra a cosecha en Diamante-INIA de 91 a 129 días y en Oro de 89 a 126 días y una esterilidad floral cercana a un 70%, cuando las temperaturas están bajo los 17°C. Para disminuir los daños provocados por el frío en esta etapa, se debe sembrar temprano y además se puede aumentar la altura de la lámina de agua alcanzando los 20 cm. Sin embargo, una disminución de este daño será más eficiente en la medida en que se desarrollen variedades con mejores niveles de tolerancia al frío. Por tal motivo, anualmente se realiza un monitoreo del comportamiento (rendimiento, esterilidad, y calidad del grano) de las variedades de interés comercial para el país y de las futuras variedades. Con este fin, el programa de arroz realiza siembras de arroz en fechas diferentes lo que representa diferentes condiciones climáticas. Dentro de los resultados obtenidos, cabe mencionar la temporada 2008-2009 considerada normal y la temporada 2009-2010, la cual fue particularmente fría para el cultivo del arroz. Al analizar la acumulación de temperatura, calculada en base a la suma de los promedio de temperatura diarias, se observa que durante la temporada fría en noviembre (etapa vegetativa) se acumuló 100°C menos que la temporada normal y 50°C menos en el resto de los meses (Figura 2).

En tales condiciones la esterilidad floral para las variedades Diamante-INIA y Zafiro-INIA, fue de un 20% cuando se sembró temprano y de un 90% cuando se sembró en noviembre (Figura 3 A). Por otro lado, en el año normal la esterilidad floral fue casi constante, con un 20% en todas las épocas. En el caso del rendimiento, se observó que en la tempo-

Figura 3. Efecto de la época de siembra y un año frío en la esterilidad floral y rendimiento en el arroz en Chile. Las barras de error corresponden al error estándar de tres repeticiones.

rada considerada como baja normal estuvo entre 100 qq/ha y 70 qq/ha, disminuyendo progresivamente con la fecha de siembra (Figura 3 B). Por otro lado, en el año frío el rendimiento estuvo entre 75 qq/ha y 10 qq/ha, disminuyendo drásticamente en siembras realizadas en noviembre.

Además se observó que durante la temporada fría la fecha de floración se incrementó en un promedio de 19 días sobre una temporada considerada normal. Esto confirma que la baja acumulación térmica alargó la etapa vegetativa del cultivo, retrasando la fecha de floración. Este efecto tiene consecuencias muy negativas para el cultivo, ya que causa que la floración, que normalmente ocurre durante la segunda quincena de enero, suceda en febrero incrementando la probabilidad de fríos nocturnos.

Estrategias para la disminución del daño por frío

Los efectos del frío en la planta de arroz pueden ser mitigados mediante una siembra temprana (Figura 4). Lo anterior permite que el cultivo llegue a las etapas de floración y maduración en fechas con temperaturas y radiación solar diaria adecuadas (Figura 5). Por ello, se recomienda que se siembre hasta el 19 de octubre, después de lo cual existe una mayor probabilidad de menores rendimientos, principalmente si la temporada es fría. Además, se sabe que cuando las siembras son realizadas después del 10 de noviembre se corre el riesgo de perder aproximadamente 1 qq/ha de arroz por día de retraso. En resumen, fechas de siembra tempranas tienen mejores rendimientos debido a que favorecen que la planta de arroz llegue



Figura 4. Resumen de recomendación de fecha de siembra para el arroz en Chile. Las fechas en color verde son las óptimas para obtener los mejores rendimientos en este cultivo.

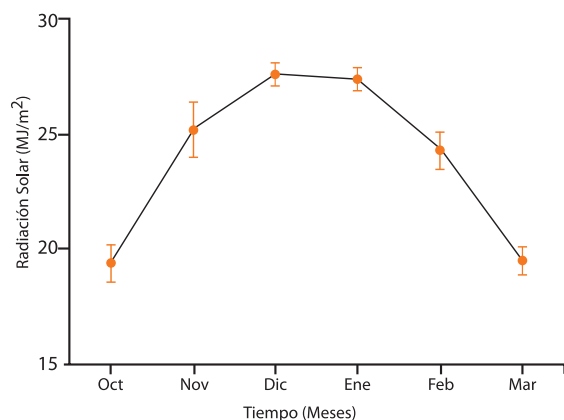


Figura 5. Promedio de la radiación solar en el periodo de desarrollo del arroz en Chile. Los datos fueron obtenidos desde estaciones meteorológicas de la red Agrometeorológica de INIA cercanas al sector arrocero (<http://agromet.inia.cl>). Cada punto corresponde al promedio mensual de la radiación solar de tres temporadas (2010-2011, 2011-2012 y 2012-2013). Las barras de error corresponden a la desviación estándar.

a la etapa de floración con los niveles máximos de temperatura y radiación solar, cuyo máximo en el país se presenta entre diciembre y enero (Figura 5). En cambio, fechas de siembras tardías (después del 6 de noviembre) favorecen el retraso de la floración hasta febrero, cuando tanto la temperatura como la radiación solar comienzan a disminuir.

Efectos de la época de siembra en la calidad industrial

La calidad industrial en el arroz depende de la época de siembra. Se ha observado que siembras realizadas en octubre logran una mejor calidad industrial en comparación con siembras realizadas posteriormente. Por ejemplo, siembras realizadas en noviembre pueden perder hasta 64% de grano entero por hectárea, lo que se ve acentuado por la presencia de un mayor porcentaje grano verde y manchado.

Proyecciones

El Programa de Mejoramiento Genético de Arroz (PMGA) y el Laboratorio de Biotecnología, ambos de INIA, se encuentran trabajando en la caracterización de las variedades presentes en el mercado nacional y de las futuras variedades. Lo anterior, con el fin de incrementar aún más los niveles de tolerancia al frío presentes en nuestras variedades de arroz en la etapa

vegetativa y reproductiva (Figura 6). Para ello, se ha desarrollado algunos trabajos de investigación, como el proyecto FONDEF titulado: “Nuevas estrategias en la generación de variedades de arroz tolerantes a frío y resistentes a herbicidas”, en conjunto con las empresas Tucapel, Carozzi y BASF, y el proyecto FONDECYT titulado: “Caracterización de genotipos de arroz tolerantes y susceptibles a las bajas temperaturas en el estado vegetativo y reproductivo: un paso esencial y complementario para la selección asistida por marcadores en un programa de mejoramiento de arroz”. En estos proyectos se han evaluado y seleccionado líneas experimentales tolerantes a bajas temperaturas en las etapas de germinación, plántula y reproductiva.

Conclusiones

La correcta elección de la época de siembra puede mitigar en gran medida los efectos del clima en el cultivo del arroz. Se recomienda sembrar desde los primeros días del mes de octubre hasta el 19 de octubre. Posteriormente, existe un riesgo asociado a pérdidas en el rendimiento lo cual dependerá de las temperaturas de la temporada. Los límites relacionados con la época de siembra para el arroz en Chile, apoyan el desarrollo de investigación relacionada a la generación de variedades con mayor tolerancia al frío en etapas tempranas del desarrollo y mayor precocidad, con el fin de ampliar las fechas límite para la siembra.



Figura 6. Efecto de las bajas temperaturas al estado vegetativo y reproductivo. (A-T) La planta tolerante no sufre daño visible. (A-S) Daño foliar en planta susceptible al frío, observado a los 7 días posteriores a la exposición a 5°C durante 72 horas en la etapa de plántula. (B) Daño por frío en la panícula posterior a la exposición por 32 horas a 5°C en etapa de bota.



Viviana Becerra
Mario Paredes
Carmen Rojo
Eduardo Gutiérrez
Fernando Saavedra

Germoplasma de arroz utilizado en el país

Clasificación botánica

El arroz es una especie monocotiledónea perteneciente a la familia de las Poacea, subfamilia de las *Panicoideas*, tribu *Oryzae*, subtribu *Oryzineas*, género *Oryza*, especie sativa. Su cultivo data de 10.000 años en las regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. El género *Oryza* presenta una alta variabilidad genética, que está representada por muchas especies y formas cultivadas. Actualmente, existen dos especies cultivadas: *Oryza sativa* L., originaria del trópico húmedo de Asia, y *Oryza glaberrima* Steud., de África Occidental.

Estructura genética del arroz

La especie *Oryza sativa* se divide en 5 grupos: *indica*, *aus*, *aromático*, *japónica templado* y *japónica tropical*. Las variedades *indica* se cultivan en los trópicos, principalmente en los suelos bajos. Morfológicamente presentan mayor altura que otras variedades, mayor número de macollas, hojas largas, tamaño de grano de mediano a largo, y un contenido de amilosa entre medio y alto, que les da un aspecto seco y blando. Las variedades japonica tienen hojas erectas y un menor número de macollas, sus son cortos y anchos con un bajo contenido de amilosa que los hace más pegajosos, insensibles al fotoperiodo y se cultiva en ambientes más fríos y más secos a mayor altitud o latitud, por lo cual deben presentar una mayor tolerancia a las bajas temperaturas. En Chile, se produce y consume preferentemente el tipo de arroz *japonica templado*.

Basado en información molecular, los grupos *indica* y *japonica* se separaron hace 200.000 y 400.000 años, respectivamente. El arroz *japonica* se subdivide en *japonica tropical*, distribuida en las regiones tropicales de las tierras altas, y *japonica templado*, que se cultiva en las regiones templadas, entre ellos Chile. Existe una estrecha relación genética entre *japonica templado* y *tropical*, comparten alelos en diferentes frecuencias, y se sugiere que ambos derivan de un ancestro genético común y que se adaptaron a diferentes condiciones climáticas.

Arroz *japonica templado*

El arroz *japonico templado* se cultiva en las latitudes Norte o Sur por sobre los 23° 27', por lo cual permite un sólo cultivo por temporada. Las regiones y países productores de arroz de ambiente templado están principalmente en Asia Oriental (China, Corea y Japón), Asia Central (Uzbekistán, Kazajistán, Turkmenistán, Kirguistán, Azerbaiyán y Tayikistán); Norte América (EE.UU.); América del Sur (Chile); Oceanía (Australia); Asia-África (Egipto); y Europa (Italia, España).

En los ambientes templados se cultivan alrededor de 13 millones de hectáreas de arroz *japonica*, lo que equivale aproximadamente al 10% de la superficie mundial de arroz. China cultiva unos 7 millones de hectáreas de arroz *japonica*, las que se encuentran ubicadas principalmente en el noreste de China, mientras que Japón y Corea (del Norte y del Sur) cultivan alrededor de 2 millones de hectáreas cada

uno (www.irri.org). En Chile, la superficie sembrada con arroz ha disminuido en las últimas décadas desde 40.000 a las 20.000 a 25.000 hectáreas en los últimos años. A pesar que el área cultivada es bastante pequeña, la producción de arroz juega un papel económico y social importante en la región del Maule y Biobío.

La demanda de arroz *japonica* de alta calidad por la población ha aumentado de forma continua debido a la mejora de la situación económica. Desde una perspectiva regional y nacional, el arroz *japonica* de alta calidad también es competitivo en el mercado internacional (www.irri.org). Actualmente, Chile produce cerca del 60% de las necesidades de los consumidores chilenos. El otro 40% debe ser importado de algunos países sudamericanos y asiáticos. Teniendo en cuenta esta situación, existe una buena razón para mejorar la producción de arroz y abastecer la demanda nacional y/o internacional. Una de las principales formas de contribuir a una mayor producción, es a través de la generación de mejores variedades de alto potencial de rendimiento y alta calidad de grano, el desarrollo de buenas prácticas agronómicas y un programa de transferencia de tecnología que sea capaz de transferir estas tecnologías a los agricultores.

Diversidad genética del arroz cultivado (*Oryza sativa* L.)

El análisis de la diversidad genética en arroz ha mostrado que: (a) el arroz cultivado mantiene menos que el 25% de la diversidad genética que se encuentra en el ancestro silvestre, vale decir, hubo un “cuello de botella” genético importante durante la domesticación de la especie; (b) el arroz *indica* tiene mayor diversidad genética que el arroz *japonica*, lo que sugiere que *indica* tuvo una población fundacional mayor, o bien el “cuello de botella” fue menor en arroz *japonica*; y (c) el arroz *japonica templado* tiene menor diversidad genética que *japonica tropical* e *indica*.

En un estudio sobre material genético realizado en EE.UU. que consideró a todos los grupos de arroces, determinó que el arroz *indica* y *aus* mostraron el mayor grado de diversidad genética, mientras que *japonica templada* y *japonica tropical* presentaron la menor diversidad. Los grupos *Indica* y *aromático* son genéticamente más cercanos, lo mismo sucede con los grupos *japonica tropical* y *japonica templado*.

Situación de la diversidad en programas de mejoramiento genético

Estudios realizados en diferentes programas de mejoramiento indican la presencia de una baja diversidad genética en las variedades liberadas. Por ejemplo, todas las variedades de arroz públicas liberadas en el sur de EE.UU. y California incluyeron a sólo 22 y 23 padres introducidos a ese país desde el año 1900, respectivamente. Un segundo estudio indica que la estructura de la población de las variedades comerciales de arroz de los Estados Unidos se estableció antes de 1930 y que se ha mantenido en forma similar hasta hoy, a pesar de la gran cantidad de cruces y selecciones controladas que se han producido en ese país.

En paralelo, las variedades de arroz liberadas en América Latina y en los países del Caribe entre el período 1971-1989 consideran a sólo 14 genotipos. Resultados similares se han observado en Brasil, China, Venezuela, Japón, y en otros países. En Chile, la situación es similar, existen pocas líneas parentales diversas que participan en el desarrollo de nuevas variedades.

Esta situación se ha traducido en una base genética estrecha o reducida de las nuevas variedades, las que presentan un alto grado de parentesco (Herrera *et al.*, 2008), lo cual hace cada día más difícil el avance genético (obtener variedades con mayores rendimientos y calidad) de los programas de mejoramiento. Para cambiar esta situación, se dispone de más de 80.000 genotipos (accesiones) de arroz a nivel mundial, que debería ser considerado como una importante fuente de diversidad genética para el mejoramiento futuro del arroz.

A pesar de la variabilidad genética disponible a nivel mundial, el uso de genotipos de los grupos *indica*, *aus*, *aromático* y *japónica tropical* en el PMGA chileno es muy limitado, debido en parte a la dificultad que tienen estos grupos para ser cultivados en Chile, ya

que tienen una escasa adaptación a los días largos y no son tolerantes al frío. Ello limita la posibilidad de que este germoplasma pueda ser útil para aumentar la base genética de las accesiones *japónica templadas* cultivadas en el país, o bien para ser una fuente de algunos genes o características agronómicas que confieran resistencia a estreses abióticos y bióticos.

El PMGA ha evaluado y seleccionado el material genético basado en técnicas convencionales, principalmente usando el fenotipo, lo cual puede ser complementado hoy en día con técnicas de biología molecular que permitirían conocer y explotar el germoplasma disponible, en una forma mucho más eficiente.

Marcadores moleculares en la evaluación de diversidad genética del arroz

Los marcadores moleculares son una potente herramienta para el análisis de la diversidad genética, puesto que están basados en el polimorfismo del ADN, evitando la influencia ambiental. Los marcadores SSR han sido ampliamente utilizados en arroz para la evaluación de germoplasma en estudios de conservación, diversidad genética, mapeo de poblaciones, relaciones genéticas, certificación varietal, sin embargo, su uso en el PMGA ha sido escaso.

Diversidad genética germoplasma arroz chileno

El germoplasma chileno de arroz posee un número importante de accesiones provenientes de otros países de clima templado, que se han adaptado a las condiciones del país, de días largos y con presencia de bajas temperaturas. La caracterización de este germoplasma se ha realizado mediante caracteres fenotípicos, haciéndose necesario hoy en día, una caracterización a nivel genético.

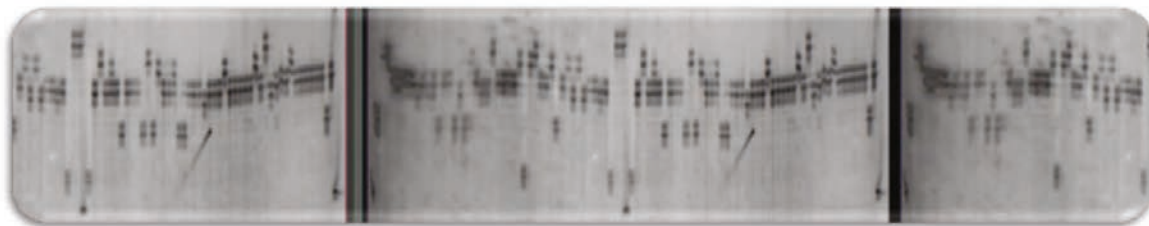


Figura 1. Patrones de bandas obtenidos sobre *Oryza sativa* L. con el SSR RM525. (H=heterocigoto; L= Ladder).

Un estudio con marcadores moleculares (SSR) tendiente a determinar el nivel y estructura de su diversidad genética, como también la relación con germoplasma utilizado en país con otras regiones, indicó que los genotipos evaluados se agruparon en dos grupos: *japónica templado* e *indica*. Sin embargo, el grupo de accesiones de *japónica templado* se pudo subdividir en tres subgrupos que presentaron diferentes grados de diversidad. Cabe destacar también que las accesiones o genotipos tendieron a subagruparse en relación a su tamaño de grano.

El análisis genético detectó un total de 183 alelos, con un promedio general de 6,1 alelos por locus (Fig. 1), inferior al detectado en germoplasmas japónicas templados presente en otras regiones, lo cual indicó la presencia de una menor diversidad en germoplasma utilizado en el país. Sin embargo, a nivel general, el nivel de polimorfismo detectado por estos microsatélites fue similar al obtenido en otros estudios realizados en accesiones de arroz japónica templado, pero inferiores a los obtenidos en *indica*, aus y *japónica tropical*. El promedio de diversidad genética del germoplasma utilizado en el país fue de 0,52, con una heterocigosidad de 0,01 y un PIC de 0,47.

Diversidad y relaciones genéticas en variedades comerciales

Para determinar la relación genética que podrían presentar las variedades de arroz producidas en el país, entre ellas y con algunas extranjeras, se analizaron 16 variedades y 54 microsatélites. Los resultados permitieron discriminar genéticamente las 16 variedades, con un número de alelos promedio de 3,5 alelos por locus, menor cantidad de alelos observada cuando se analizó una muestra representativa del germoplasma. En general, los parámetros de diversidad y similitud genética entre pares de variedades indicaron que existió una limitada diversidad entre ellas, sobre todo dentro de las variedades comerciales generadas por el PMGA. A pesar de ello, se logró conformar un set de microsatélites que diferencia las variedades a nivel genético. Al igual que el estudio del germoplasma, las variedades se agruparon preferencialmente en base al tipo de grano (Figura 2).

Este estudio permitió establecer una plataforma de evaluación genética para estudiar el germoplasma de arroz, como una forma de complementar la información agro-morfológica realizada por el PMGA.

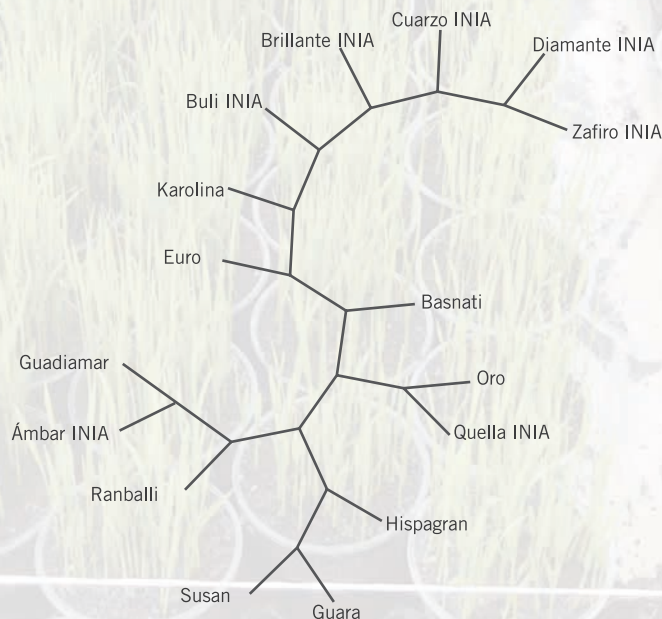


Figura 2. Relaciones genéticas entre variedades comerciales de *Oryza sativa* L. Distancia de Nei.



Jorge Riquelme
Julieta Parada
Mario Paredes
Fernando Saavedra

Establecimiento del Cultivo del Arroz

Para conseguir un adecuado establecimiento del cultivo del arroz, se requiere un manejo apropiado de suelo, que debe incluir la incorporación de los rastrojos del cultivo anterior. Para ello es conveniente que las cosechadoras cuenten con un elemento que pique y distribuya adecuadamente la paja (Figura 1). Los trituradores de paja se montan en la parte posterior de la cosechadora y cuentan con aletas deflectoras que distribuyen uniformemente la paja picada, detrás de la máquina.

Si la cosechadora no cuenta con un aditamento de trituración y distribución de paja, se recomienda la utilización de un triturador de residuos. Este equipo se monta en el enganche de tres puntos del tractor y es accionado por la toma de fuerza del tractor.

Cuando las lluvias tempranas saturan el suelo e impiden el tránsito de los tractores de modo convencional, se podría utilizar un arado rotativo (Figura 2) para la incorporación de los rastrojos, teniendo el cuidado de mantener un cierto nivel de agua sobre el suelo que permita el paso de un tractor al cual se le deben retirar los lastres e incrementar el área de contacto de los neumáticos bajando la presión de éstos. Así, el tractor podrá desplazarse con menos dificultades en estas condiciones de suelo. Además, el arado rotativo también le proporcionará cierto empuje al tractor.

A fines de invierno o principios de primavera, cuando los suelos dejen de estar saturados de agua, pueden efectuarse las labores de preparación de suelo con una rastra de discos off-set (Figura 3). Con dos pasadas de rastra se logra un manejo apropiado de suelo, ya que éste equipo efectúa una labor de corte y mezcla. El primer cuerpo de discos delanteros corta el suelo y lo invierte hacia la derecha, como lo haría un arado de disco, pero



Figura 1. Cosecha de arroz mediante máquina con picador y distribuidor de paja.



Figura 2. Incorporación de rastrojo con arado rotativo.



Figura 3. Rastra de discos off-set.



Figura 4. Mullimiento de suelo con rotofresadora.

a una menor profundidad, entre 10 a 15 cm. Para mejorar la profundidad del trabajo de los discos, éstos deben ser de gran diámetro y de preferencia dentados. Para mejorar el corte de los rastrojos e incrementar el peso en el área de corte de los discos, el segundo cuerpo de discos de la rastra, toma el suelo que ha quedado invertido hacia la derecha y lo invierte hacia la izquierda. De esta forma, se logra incrementar el mullimiento del suelo dejando la superficie nivelada. Siempre se genera un surco abierto al lado derecho de la rastra, aunque se le coloque un disco de menor diámetro en esa posición. Este surco sirve de guía para el paso sucesivo de la rastra siempre avanzando hacia la derecha del sentido de avance del trabajo y girando a la izquierda una vez levantada la rastra sobre el suelo -sea de enganche integral o de arrastre- con el sistema de control remoto del sistema hidráulico del tractor, para que actúe sobre las ruedas de transporte de la

rastra en las cabeceras del potrero. De esta manera se consigue mullir y mezclar adecuadamente el suelo en la zona donde se iniciará el establecimiento del cultivo.

Si aún quedan terrones después del segundo rastraje se puede utilizar una rotofresadora (Figura 4). Antes del paso del último rastraje o del uso de la rotofresadora, se puede aplicar el fertilizante en cobertera con la utilización de un trompo abonador que puede ser de doble disco.

La rotofresadora es un cultivador que cuenta con dientes que se mueven en forma lateral, accionados directamente desde la toma de fuerza del tractor. Así, mejoran su efectividad en suelos de textura arcillosa y con poca humedad. Detrás de los dientes lleva una barra niveladora y finalmente un rodillo que compacta la cama de siembra.

Julieta Parada
Jorge Riquelme
Mario Paredes

Siembra directa en arroz

Diseño predial

En general, para el cultivo del arroz, es necesario realizar un diseño predial de las entradas y salidas de agua.

Particularmente, en el sistema de siembra directa es ideal contar con canales de avance para el ingreso rápido y uniforme del agua en los cuadros, así como también con un sistema de desagüe para poder extraerla al realizar las labores de riego o “mojamiento”, previo a la inundación definitiva. Así se evita la acumulación de agua en sectores mal nivelados y, por consiguiente, la pérdida de semilla, asegurando una mayor población de plantas.

Preparación de suelo

La preparación del suelo comienza con la nivelación del terreno a cota 0. Si no lo está, es necesario realizar una micronivelación con pala láser (Figura 1).

Una vez terminado el invierno, a inicio de primavera y cuando la humedad del suelo permite el tránsito del tractor, se debe verificar la presencia de malezas. Si están presentes, se procede a efectuar un barbecho químico mediante la aplicación de un herbicida de efecto total, de acuerdo a las especificaciones del producto químico a utilizar.

Después de la aplicación del herbicida de efecto total (preferentemente una semana más tarde para permitir la descomposición de las malezas controladas), se puede iniciar la preparación del suelo con una rastra de disco. Para lograr una cama de semilla mullida, se usa una rototresadora.



Figura 1. Micronivelación láser.

Si el sistema de rotación incluye el descanso del suelo un año por medio, se puede realizar un barbecho químico en el verano y rastrear para bajar la presión de las malezas y dejarlo preparado. De esta forma, si el invierno y la primavera son lluviosos, el trabajo está adelantado.

En primavera se realiza un segundo barbecho químico y si es necesario se vuelve a rastrear o pasar una rotofresadora para dejar una mejor cama de semillas.

Siembra

Para la siembra se utiliza una sembradora con dosificador de flujo continuo, como las que se usan en cereales de grano pequeño. Estas sembradoras convencionales requieren un suelo bien mullido para la ejecución de la siembra.

La máquina sembradora de cero labranza (Figura 2), es conveniente en suelos que no han sido trabajados o que tienen un laboreo mínimo con algunos terrones. Ello debido a que esta máquina profundiza demasiado en suelos bien mullidos. En suelos menos trabajados, deja la semilla a una profundidad adecuada de 2 a 3 cm. Algunas de estas máquinas poseen una rueda controladora de profundidad que permite fijar la profundidad de siembra en 2 a 3 centímetros. Además, los

discos de la sembradora pueden cortar o mover los terrones dejando una superficie más pareja, permitiendo una mejor germinación y establecimiento de las plántulas de arroz. La dosis de la semilla debe fluctuar entre 100 a 120 Kg/ha.

Fertilización de presembrada incorporada y fertilización a la siembra

La fertilización del arroz debe contemplar los siguientes fertilizantes:

- 1.- Nitrógeno (Urea): Al momento de la siembra se debe aplicar como máximo el 20% del total, para que no se pierda por volatilización. La aplicación se realiza con la máquina sembradora.
- 2.- Fósforo (Super Fosfato Triple): Se puede aplicar el 100% antes de la siembra, mediante una fertilizadora de cobertera e incorporarlo con la rastra o con la rotofresadora. También se puede aplicar en su totalidad con la máquina sembradora, pudiendo ahorrarse la labor mencionada anteriormente.



Figura 2. Siembra con máquina de cero labranza.



Figura 3. Control de malezas en post-emergencia con pulverizador hidráulico.



Figura 4. Semillas de arroz con emergencia de coleoptilo. Cuando la plántula está de color verde no se puede aplicar glifosato. En cambio, cuando está blanca sí se puede aplicar glifosato.

3.- Potasio (Muriato de Potasio): Su aplicación es recomendable realizarla en su totalidad antes de la siembra, mediante un trompo abonador e incorporarlo con la rotofresadora. Alternativamente, se puede aplicar con la máquina sembradora, teniendo la precaución que sobre la hilera de siembra, no debe usarse más de 60 unidades de potasio (lo que corresponde a 100 kilos de muriato de potasio). Cantidades altas de potasio sobre la hilera de siembra, produce fitotoxicidad en el arroz. Si la recomendación del análisis de suelo indica una cantidad mayor de potasio, se puede aplicar junto con la úrea, antes de la inundación definitiva del cultivo.

Las dosis de los fertilizantes deben hacerse en base a las recomendaciones de análisis químico de suelo, o al historial de rendimientos que se logra en ese potrero. Al aplicar el fertilizante con la máquina sembradora, éste queda localizado en la hilera, pudiendo ser mejor aprovechado por la planta.

Riego

El primer riego se realiza, generalmente, un día después de la siembra o cuando el análisis visual de la humedad del suelo lo indique. Luego, se sigue regando una a dos veces más, dependiendo de la emergencia de las plantas y de la humedad del suelo.

Control de malezas

Una de las ventajas de sembrar en seco es que, luego de la siembra se puede efectuar la pulverización con un pulverizador hidráulico (Figura 3) accionado por tractor. El sistema es muy eficiente puesto que facilita la aplicación de 150 a 200 litros de agua por hectárea, logrando una mayor efectividad y cubrimiento de las malezas con un buen tamaño de gota, que es lo que necesitan principalmente los productos (herbicidas) de contacto. El herbicida también se puede aplicar con un pulverizador de mochila o por avión pulverizador, siempre de acuerdo a lo indicado en la etiqueta de cada producto químico.

El pulverizador hidráulico permite realizar la primera aplicación de herbicida después de la siembra, en el periodo de “punto aguja”, estado donde el coleoptilo de la planta de arroz está bajo el suelo y es de color blanco, como lo muestra la semilla de la derecha en la Fig. 4, destacada con el círculo rojo. Para ello, se usa

un herbicida de acción total (glifosato) antes de que el cultivo emerja, con la dosis media a la que habitualmente se usa en un barbecho químico. De esta forma se logra controlar las malezas presentes en el suelo, principalmente hualcacho, permitiendo que la emergencia del arroz sea sobre un terreno limpio.

La siguiente aplicación de herbicidas se debe realizar en post-emergencia, previo a la inundación definitiva del cultivo con un herbicida adecuado para el tipo de malezas presentes y de acuerdo al estado fenológico de las mismas.

Fertilización nitrogenada post-siembra

La urea se aplica con una fertilizadora de cobertera (Figura 5), cuando el arroz tiene 3 a 4 hojas, un día después de realizar el control de malezas y un día antes de inundar el cultivo en forma definitiva. Cuando se realiza una tercera aplicación de urea, ésta puede hacerse con avión o en forma manual, después de la inundación.

Inundación definitiva

La inundación definitiva se realiza cuando el arroz tiene de 3 a 4 hojas, inmediatamente después de fertilizar con urea, para evitar la pérdida del fertilizante por volatilización.

La inundación se realiza cubriendo solamente el suelo, dejando que la planta de arroz quede con tres cuartos de su altura sobre el agua.

El manejo de la lámina de agua, se realiza de acuerdo al crecimiento de las plantas, no superando los 15 a 20 cm de altura, en las etapas avanzadas de desarrollo (reproductiva y madurez).

Observaciones

Después de controlar las malezas, al día siguiente se debe fertilizar con urea, y posteriormente se recomienda inundar definitivamente.

Ello debido a que:

El agua, en la mayoría de los casos, mejora la actividad del herbicida. Por ello conviene inundar 24 a 48 horas después de la aplicación o de acuerdo a lo que indique la etiqueta del producto químico utilizado. Esto disminuye la emergencia de nuevas generaciones de malezas.

El agua, evita pérdidas de nitrógeno por volatilización, cuando el cultivo se mantiene inundado.


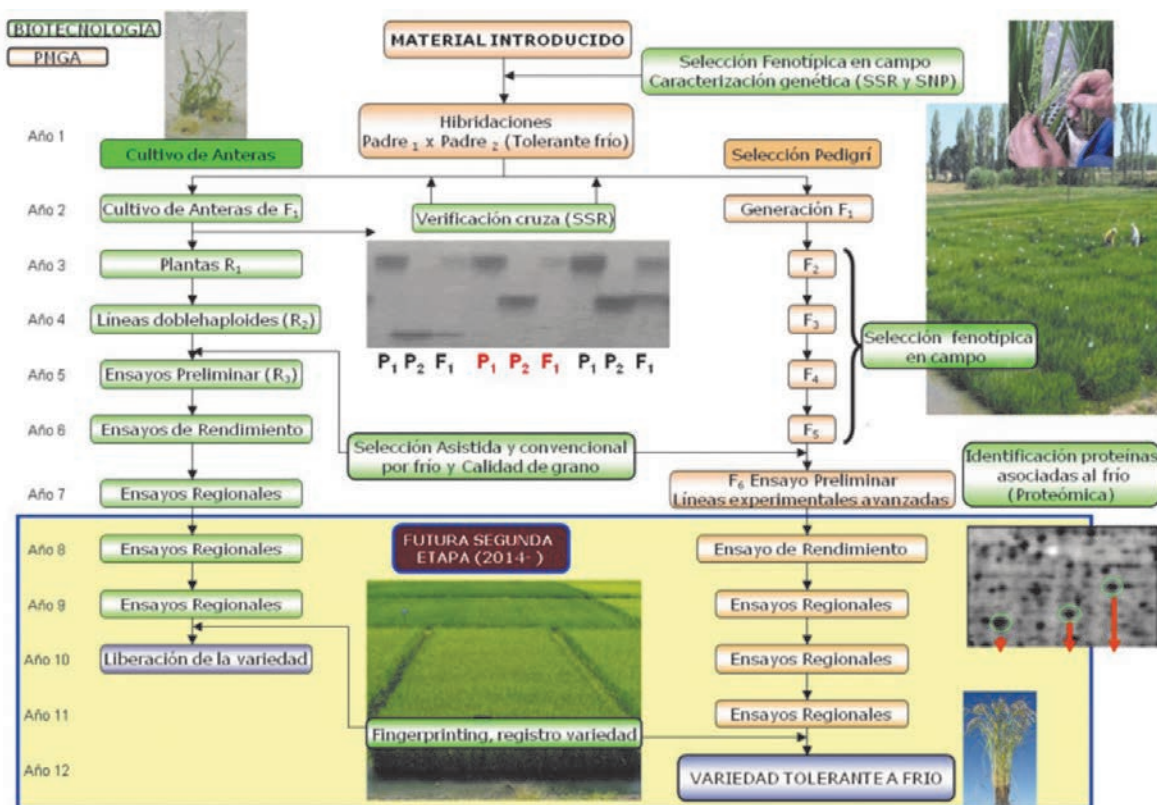


Figura 5. Aplicación de fertilizante con trompo abonador

Viviana Becerra
 Mario Paredes
 Gabriel Donoso
 Carmen Rojo
 Eduardo Gutiérrez
 Uberlinda Luengo
 Fernando Saavedra

Uso de nuevas tecnologías para el desarrollo de variedades de arroces INIA

Chile es el lugar geográfico más austral del mundo donde se cultiva el arroz, situación que presenta una excelente oportunidad para desarrollar variedades tolerantes al frío. La tolerancia a frío es una característica difícil de mejorar debido a que está determinada por varios genes y presenta una fuerte influencia ambiental (característica cuantitativa). Por ello, es de suma importancia usar los nuevos conocimientos disponibles, como también usar nuevas tecnologías para obtener los objetivos planteados en el Programa de Mejoramiento de Arroz de INIA (PMGA) (Figura 1). En este sentido, las herramientas biotecnológicas pueden contribuir a la generación de nuevas variedades de arroz tolerantes a frío. Este trabajo ha sido posible al financiamiento de INIA, FONDECYT y FONDEF y las empresas Tucapel S.A, Carozzi S.A. y Basf-Chile.

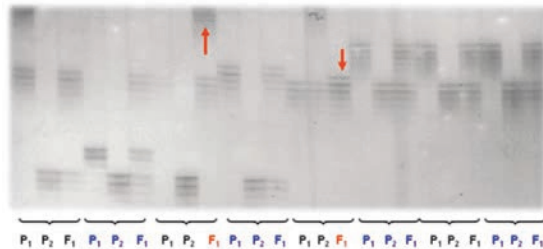


Marcadores moleculares (MM) en la caracterización genética del material genético parental y avanzado del PMGA

Desde 2010, el laboratorio de Biotecnología de INIA Quilamapu está utilizando los marcadores moleculares (MM) en el material genético del Programa de Mejoramiento Genético del Arroz (PMGA) de INIA para dar respuestas inmediatas en aspectos tales como la determinación de la diversidad genética, identificación de variedades, híbridos, progenies en cruzamientos controlados, construcción de mapas genéticos, y localización de genes de importancia económica.

Los MM (microsatélites) se están utilizando para determinar la diversidad genética del germoplasma que usa el PMGA, y también para identificar (“fingerprinting”) las variedades comerciales de arroz. Los niveles de diversidad genética hasta ahora detectados, indican la necesidad de ampliar la base genética del programa para obtener genotipos superiores, mejorar su eficiencia y la capacidad de obtener nuevas variedades.

Una segunda aplicación de los MM en el PMGA ha sido el análisis del material usado como progenitores y el producto de la cruce de éstos, como son las generaciones filiales desde el F1 al F5 e incluso hasta la liberación de la variedad. El conocer genéticamente el germoplasma, facilita la selección de los progenitores que van a ser cruzados para maximizar la ganancia genética. También ha sido posible detectar niveles de errores que pueden ocurrir en cualquiera de las generaciones de selección, a modo de ejemplo, la Figura 1 muestra los dos padres (P1 y P2) y el F1



(hijo), correspondientes de ocho cruces. Este proceso permite complementar la selección fenotípica que se realiza en las principales generaciones y ayuda a descartar el material genéticamente mal identificado, ahorrando recursos por la eliminación temprana de este material mal clasificado (Figura 2).

Selección asistida utilizando marcadores moleculares para tolerancia a frío (MAS)

Diversos estudios genéticos han detectado la existencia de 40 marcadores moleculares asociados a tolerancia a frío en la etapa vegetativa y reproductiva de arroz. Esta información fue utilizada para evaluar el material genético del PMGA y sólo dos de estos marcadores podrían ser utilizados para realizar selección asistida de material tolerante a frío en la etapa reproductiva. Ello indica la necesidad que existe en identificar marcadores asociados a uno de los principales problemas para el arroz, en poblaciones de este cultivo que se han adaptado a las condiciones de nuestro país. La selección asistida en los estados tempranos y reproductivos del desarrollo permitirá complementar la selección fenotípica utilizada en el sistema convencional y acelerar el proceso de desarrollo de variedades.

Por otro lado, se ha realizado también la selección asistida por marcadores moleculares en el proceso de desarrollo de variedades Clearfield, en este caso en líneas experimentales Zafiro-Clearfield, para la detección de plantas que contienen genes de resistencia a las imidizolinonas. Después de cada retrocruza, se aplica herbicida para detectar las plantas resistentes y luego se confirma la presencia de los genes mediante marcadores moleculares (Figura 3).

Figura 2. Certificación de generación F1, en relación a sus padres genéticamente identificados (P1 y P2). Genotipos F1 en rojo no corresponden a hijos, hubo contaminación de polen, por lo cual son eliminados del programa.

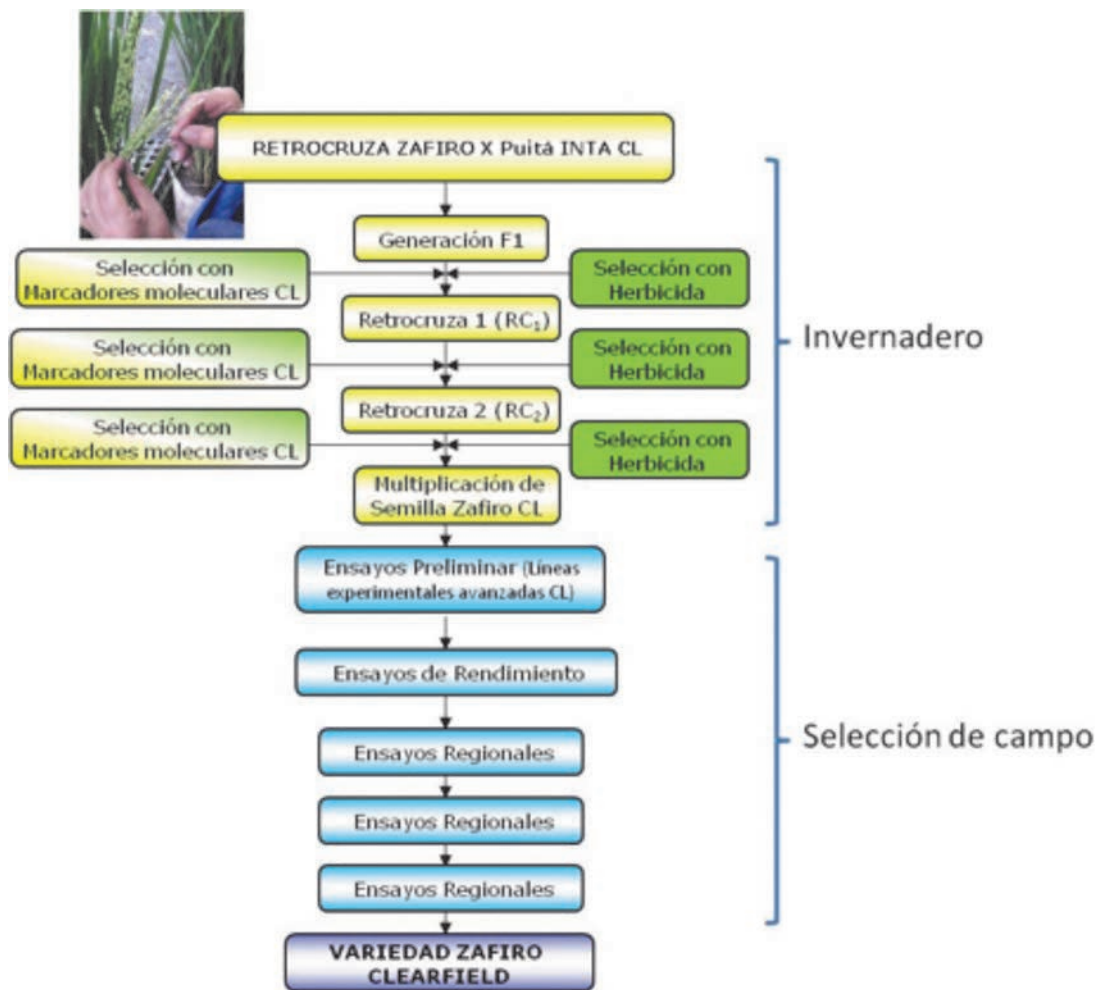


Figura 3. Desarrollo de líneas experimentales avanzadas tolerante a frío y resistente a herbicidas de la familia de las imidazolinonas.

Marcadores moleculares de última generación

El desarrollo de diferentes tipos de marcadores moleculares ha sido muy prolífico en los últimos años, dentro de los cuales se destacan los marcadores polimórficos de un nucleótido único (SNP). Este tipo de marcadores genéticos han sido utilizados en diferentes procesos en los programas de mejoramiento genético como son: caracterización de germoplasma, selección asistida, mapeo asociativo, análisis de pedigrí, prueba de pureza de semilla e identificación varietal, entre otros.

A nivel mundial, estos marcadores están reemplazando los SSR debido a su mayor abundancia, herencia co-dominante, estabilidad, factibilidad de automatización y eficiencia en su costo. Debido a estas características los SNPs son de gran utilidad para diferenciar germoplasma que tiene un alto grado de parentesco genético, situación común en varias especies cultivadas.

En este sentido, parte del germoplasma del PGMA de INIA está siendo analizado, utilizando SNPs, en colaboración con la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA).

Cultivo de Anteras para el avance de generaciones

El método de pedigrí es el sistema convencional más utilizado en los PMGAs en el mundo y también en INIA. Básicamente, este método considera la selección de plantas individuales desde la generación F2 en adelante, lo que implica mantener una detallada información de las líneas seleccionadas en cada generación filial. Las líneas seleccionadas (F5 en adelante) que cumplen con los objetivos del PGM son evaluadas posteriormente en ensayos preliminares, y de rendimiento. Finalmente, las líneas experimentales seleccionadas en los ensayos de rendimiento son evaluadas en ensayos regionales en varias localidades para evaluar su adaptación a diferentes ambientes e identificar una posible candidata a variedad. Por lo tanto, la liberación de una variedad toma aproximadamente 14 años (Cuadro 1).

Una alternativa para acortar este tiempo es la posibilidad de usar el Cultivo de Anteras. Esta tecnología se refiere al cultivo de microesporas -polen inmaduro, haploides- en un medio nutritivo con el propósito de regenerar plántulas dihaploides, que son completamente homocigotas. De este modo, la técnica de cultivo de anteras permite obtener líneas homocigotas en un año, a partir del uso de anteras provenientes de plantas F1 lo que permite reducir el tiempo en la obtención de variedades (Cuadro 1).

Actualmente, en el laboratorio de Biotecnología de INIA Quilmapu se está usando esta tecnología para acelerar el proceso de obtención y liberación de variedades de arroz (Figura 4). En el tercer año del uso de esta técnica se están evaluando 11 líneas experimentales en Ensayos Regionales.

Proteómica en arroz

En el país se han desarrollado por casi 50 años, variedades de arroz que se han adaptado a condiciones frías. Es por ello, que es de gran interés estudiar los mecanismos asociados a su tolerancia. Actualmente, existen diversas herramientas para determinar estos mecanismos, uno de ellos es la proteómica mediante la cual se detectan proteínas (Figura 5) que responden al estrés y sus modificaciones postraduccionales. Por ello, el enfoque principal de nuestra investigación es encontrar proteínas que estén relacionadas con la tolerancia al frío en la etapa vegetativa (germinación y plántula) y en la etapa reproductiva. Para lograr este objetivo se está comparando el perfil de proteínas de variedades nacionales de conocida tolerancia al frío y de variedades testigos extranjeras de conocida susceptibilidad al frío.



Figura 4. Cultivo de anteras para la producción de plantas dihaploides en arroz.

El PMGA tiene por objetivo desarrollar variedades de alto potencial de rendimiento, buena calidad, adecuada precocidad, altura de planta, entre otras. Por lo tanto, el entender las bases genéticas de estas u otras características agronómicas es un desafío constante en el proceso de mejoramiento genético de los cultivos, incluido el arroz.

La tecnología mayormente usada en plantas para detectar los genes o marcadores genéticos (QTLs) asociados a características complejas, ha sido el mapa de ligamiento, usando poblaciones bi-parentales. Uno de los objetivos de mapeo de QTL es identificar la asociación de una característica con un marcador que se pueda utilizar para la selección asistida, dentro de un programa de mejoramiento. Aunque muchos QTLs han sido detectados mediante esta tecnología, muy

pocos han sido incorporados en los procesos de selección de los PMG, debido a la falta de masividad del uso de esta tecnología, entre otras razones.

Una alternativa a esta tecnología son los estudios de asociación de todo el genoma (GWAS, por su sigla en inglés), basada en el desequilibrio de ligamiento (LD). Mediante este procedimiento es posible identificar marcadores que están distribuidos en todo el genoma de la planta asociados a características agronómicas, u otras de interés, para posteriormente usarlos en selección asistida (MAS). El Programa de Biotecnología de INIA Quilamapu espera usar esta tecnología en el breve plazo, para el estudio del germoplasma de arroz y detectar posibles asociaciones con características agronómicas de interés en el PGMA.

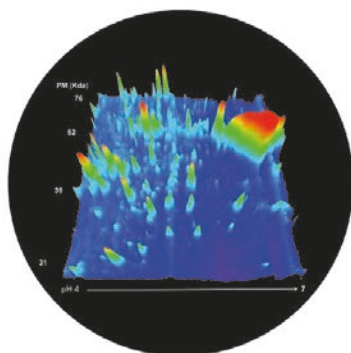


Figura 5. Visualización virtual 3D de las manchas correspondientes a las proteínas teñidas en un gel de poliacrilamida bidimensional. El color rojo indica alta cantidad de proteína, color azul representan baja cantidad de proteína.

Biotecnología		PMGA
Ciclo/Año	Cultivo de Anteras	Pedigrí
Año 1		Hibridaciones
Año 2		Generación F1
Año 3	Plantas R1	F2
Año 4	Líneas doble haploides (R2)	F3
Año 5	Ensayo Preliminar de Rendimiento (R3)	F4
Año 6	Ensayos de Rendimiento	F5
Año 7	Ensayos de Rendimiento	F6
Año 8	Ensayos Regionales	Ensayos Preliminar de Rendimiento
Año 9	Ensayos Regionales	Ensayos de rendimiento
Año 10	Ensayos Regionales	Ensayos de rendimiento
Año 11	Liberación de la variedad	Ensayos Regionales
Año 12		Ensayos Regionales
Año 13		Ensayos Regionales
Año 14		Liberación de la variedad

Cuadro 1. Cuadro comparativo del avance de generaciones entre Cultivo de Anteras y el método de Pedigrí.

Mario Paredes
Viviana Becerra
Álvaro Vega

Variedades tradicionales desarrolladas y recomendadas

En los inicios del cultivo del arroz, el origen de la primera variedad fue producto de la selección desde los diferentes tipos de arroz que se sembraban en el país. A partir de este material, se generó la variedad Oro que durante varios años ocupó casi en un 100% la superficie sembrada con arroz hasta principios de los años 80. Esta variedad es de grano corto-grueso, con panza blanca y susceptible a la tendadura por su caña débil.

La liberación de variedades de arroz INIA, comenzó a fines de la década del 70, después de la consolidación del programa de mejoramiento genético de arroz (PMGA). Hoy, INIA es prácticamente la única institución que tiene un programa de mejoramiento de arroz que incluye la introducción y evaluación de germoplasma de otros países (Convenio FLAR e IRRI), hibridación y selección del material genético en poblaciones segregantes. Recientemente, mediante la incorporación de personal especializado se está haciendo uso de diversas herramientas biotecnológicas como son el cultivo de anteras, los marcadores moleculares y la proteómica, para complementar y mejorar las metodologías usadas por el PMGA. Además, el PMGA cuenta con un laboratorio de calidad, donde se realizan todos los análisis que acompañan el desarrollo de las nuevas variedades.

Los objetivos específicos del PMGA del INIA son: a) aumentar el potencial y estabilidad del rendimiento, b) aumentar la tolerancia a bajas temperaturas, c) mejorar la calidad del grano (industrial y culinaria), d) mejorar las características agronómicas (precocidad, resistencia a la tendadura, altura de planta, resistencia al desgrane), e) aumentar la resistencia a pudrición del tallo y vaina, y f) diversificar tipos de arroz comercializados en el país.

El INIA ha lanzado al mercado ocho (8) variedades de arroz (Cuadro 1) con diferentes características y tipos de grano, algunas de las cuales han permanecido por un largo tiempo en el mercado, como es el caso de Diamante-INIA.



Cuadro 1. Variedades mejoradas de arroz del INIA lanzadas al mercado.

Variedad	Tipo de Grano	Año Lanzamiento	Autores
Quella-INIA	Grano corto	1979*	R. Alvarado; A. Pino.
Ñiquén-INIA	Grano corto	1979 (1982*)	R. Alvarado; A. Pino.
Diamante-INIA	Largo-ancho	1979 (1982*)	R. Alvarado; A. Pino.
Buli-INIA	Largo-fino	1991*	R. Alvarado; P. Grau; C. Martínez; P. Pulver.
Brillante-INIA	Largo-ancho	1997*	R. Alvarado; S. Hernaíz; A. Gómez; F. Saavedra.
Ámbar-INIA	Corto-glutinoso	2003 (2004*)	R. Alvarado; S. Hernaíz.
Zafiro-INIA	Largo-ancho	2009*	K. Cordero; S. Hernaíz; F. Saavedra; A. Pedreros; R. Mada-riaga; J. Hirzel; A. Vega.
Cuarzo-INIA	Largo-ancho	2011	K. Cordero; S. Hernaíz; F. Saavedra; A. Pedreros; R. Mada-riaga; J. Hirzel; A. Vega.

* Año primera publicación en revista científica o divulgativa.

En el año 1979, INIA lanzó las primeras variedades mejoradas genéticamente al mercado, producto de cruzamientos y que poseían diferentes tipos de grano. La variedad Quella-INIA y Ñiquén-INIA fueron variedades de grano corto, que tuvieron escasa permanencia en el mercado debido a la competencia de la variedad Oro y a la aceptación de la variedad Diamante-INIA, que significó un cambio profundo del tipo de grano producido en el país. A diferencia de las variedades anteriores, Diamante-INIA, es una variedad con un grano largo-ancho translúcido que posee un alto rendimiento en grano, estabilidad y buen rendimiento industrial, características por las cuales permanece hasta hoy día en el mercado. Una de las razones de la larga permanencia de las variedades en el mercado es la ausencia de enfermedades y plagas que atacan al cultivo y causan un daño económico, diferencia de lo que ocurre en otros países, donde los problemas limitantes de la producción de arroz son las enfermedades y las plagas.

Con el objetivo de diversificar el mercado, en el año 1991, INIA liberó Buli-INIA, variedad con un tipo de grano largo-fino translúcido, que permaneció muy poco tiempo en el mercado debido a la escasa aceptación de la industria molinera. Sin embargo, esta variedad tiene una muy buena calidad culinaria; actualmente, requerida por algunos molinos.

En el año 1997, INIA liberó Brillante-INIA, variedad de grano largo-ancho, translúcido y de buen potencial de rendimiento. Esta variedad, presenta una mayor susceptibilidad a frío, comparada con Zafiro-INIA y Diamante-INIA, aún así es eventualmente solicitada por agricultores debido a su alto rendimiento.

En el año 2003, INIA liberó Ámbar-INIA, variedad de grano corto glutinoso y de bajo contenido de amilosa, a diferencia de las otras variedades que tienen un contenido intermedio.

En el año 2009, INIA lanzó al mercado Zafiro-INIA, variedad de grano largo-ancho translúcido de muy buen rendimiento y calidad industrial. Actualmente, Diamante-INIA y Zafiro-INIA ocupan prácticamente toda la superficie sembrada con arroz en el país.

Finalmente, el año 2011, el INIA autorizó la inscripción de Cuarzo-INIA en el Registro Nacional de Variedades Protegidas del SAG. Cuarzo-INIA es una variedad de grano largo-ancho translúcido, de buen rendimiento en grano e industrial, que se lanzará al mercado la próxima temporada.

Paralelo a esta situación, el INIA está trabajando en la evaluación de germoplasma de arroz para desarrollar nuevas variedades para nichos especiales (exportación), como es el caso de la línea experimental Quila 214319, candidata a variedad, que es un genotipo de grano medio, de color marrón claro, semi tardía, de menor altura, resistente a tendadura, menor grado de panza blanca y mayor rendimiento, comparada con la variedad Oro. Además se está seleccionando germoplasma que tengan otras características especiales, como es la resistencia a herbicidas (Clearfield). Esta temporada 2014-15, se iniciaron también trabajos para seleccionar germoplasma que, en un futuro cercano generaran variedades que tengan un mejor mecanismo que les permita hacer un uso más eficiente del agua.

A continuación se detallan las principales características de las seis principales variedades de arroz que se encuentran en el mercado:

Cuadro 2. Descripción de variedades de arroz INIA.

Descripción de la planta	ZAFIRO-INIA	DIAMANTE-INIA	BRILLANTE-INIA	ÁMBAR-INIA	BULI-INIA	CUARZO-INIA
Altura (cm)	85 - 106	85 - 106	74 - 95	61 - 80	85 - 100	83 - 101
Caña	Firme	Firme	Firme	Firme	Firme	Firme
Panícula	Semi erecta	Semi erecta	Semi erecta	Erecta	Semi erecta	Semi erecta
Grano	Largo ancho	Largo ancho	Largo ancho	Corto redondeado	Largo fino	Largo ancho
Peso 1.000 granos paddy (g)	33-35	32 - 36	32 - 35	27 - 32	25 - 27	31 - 37
Características Agronómicas						
Precocidad	Semi tardía	Semi tardía	Semi tardía	Tardía	Semi tardía	Semi tardía
Floración (días)	100 - 129	100 - 129	83 - 112	90 - 130	90 - 127	97- 116
Tendedura	Resistente	Moderadamente resistente	Moderadamente resistente	Resistente	Moderadamente resistente	Moderadamente resistente
Desgrane	Moderadamente resistente	Moderadamente resistente	Moderadamente resistente	Resistente	Moderadamente resistente	Moderadamente resistente
Características fitopatológicas						
Manchado de grano	Moderadamente resistente	Moderadamente resistente	Moderadamente resistente	Moderadamente resistente	Moderadamente resistente	Moderadamente resistente
Pudrición del tallo	Susceptible	Susceptible	Susceptible	Susceptible	Susceptible	Susceptible
Factores de calidad						
Rendimiento industrial (%)	> 65	> 65	> 58	> 66	> 55	> 65
Grano elaborado	Firme	Firme	Firme	Firme	Firme	Firme
Largo (mm)	6,9 - 7,2	6,9 - 7,6	6,8 - 7,4	4,5 - 5,0	6,9 - 7,2	6,4 - 7,6
Ancho (mm)	2,4 - 2,5	2,4 - 2,6	2,4 - 2,6	2,6 - 2,9	2,4 - 2,5	2,2 - 2,8
Relación largo/ancho	2,8 - 3,0	2,8 - 3,0	2,8 - 3,0	1,9 - 2,3	> 3	2,6 - 3,2
Apariencia grano industrializado	Translúcido	Translúcido	Translúcido	Opaco	Translúcido	Translúcido
Panza blanca	Baja	Baja	Baja	–	Baja	Baja
Zona de cultivo recomendada*	Maule- Bío Bío	Maule- Bío Bío	Maule- Bío Bío	Maule- Bío Bío	Maule- Bío Bío	Maule- Bío Bío
Fecha de siembra	Octubre	Octubre	Octubre	Octubre	Octubre	Octubre
Dosis de semilla (kg/ha)	140 manual -120 aérea	140 manual -120 aérea	140 manual -120 aérea	140 manual -120 aérea	140 manual -120 aérea	140 manual -120 aérea
Uso	Alimentación humana	Alimentación humana	Alimentación humana	Alimentación humana	Alimentación humana	Alimentación humana
Rendimiento potencial (ton/ha)	12	11	11	15	9	12

*Zona de producción actual del cultivo.

Haroldo Salvo
Mario Paredes
Viviana Becerra

Desarrollo de una Nueva Variedad de Arroz: ZAFIRO-INIA-CLEARFIELD

CLEARFIELD (CL) es una palabra en inglés que significa “campo limpio” y que en términos agrícolas está asociada al control de malezas que realizan los productos químicos utilizados. Para que el sistema de producción CLEARFIELD en arroz pueda funcionar eficientemente, se deben considerar tres componentes: a) tener una variedad resistente a herbicidas (CLEARFIELD), es decir, que al aplicar el producto químico, las plantas de arroz no sufran daño; b) tener un herbicida específico (familia de las Imidazolinonas) de amplio espectro (control de malezas de hoja ancha y angosta) que realice un buen control de malezas; y c) tener un sistema de control adecuado en el uso de esta tecnología: semilla certificada de una variedad de arroz CLEARFIELD, y un correcto manejo de herbicidas y manejo agronómico (selección y rotación). De esta manera se puede enfrentar en forma eficiente el flujo génico que puede ocurrir entre el arroz rojo y las variedades de arroz comercial, la presencia de plantas voluntarias después de una cosecha, el efecto residual del herbicida que podría afectar al cultivo posterior a la siembra de un arroz Clearfield y el uso de semilla certificada.



Variedades CLEARFIELD

En la actualidad existen en el mundo variedades CLEARFIELD en varios tipos de cultivos, entre ellos arroz, trigo, maíz, maravilla, soya y lentejas.

Desde la introducción de la primera variedad de arroz CLEARFIELD en Estados Unidos en el año 2002, esta tecnología se ha ido expandiendo y adoptando en otros países. Es así como hoy es posible encontrar estas variedades en latitudes tan disímiles como en Louisiana, Arkansas, y Mississippi dentro de Estados Unidos, y también en Brasil, Colombia, Panamá, Nicaragua, Costa Rica, Uruguay, Argentina, Paraguay, Bolivia, República Dominicana, Honduras, Malasia, Vietnam e Italia.

Muchos de estos países han desarrollado sus propias variedades, usando solo la fuente de resistencia de las variedades CLEARFIELD provenientes de Estados Unidos o Argentina.

ZAFIRO-INIA-CLEARFIELD

En Chile, el año 2010, se inició un trabajo de mejoramiento tendiente a desarrollar una variedad CLEARFIELD, como una alternativa para mejorar la eficiencia en el control de malezas en las siembras de arroz. Este acucioso trabajo se enmarca dentro del proyecto Fondef D10I1183.

Para el desarrollo de esta nueva variedad se usó la variedad comercial Zafiro-INIA como uno de los padres, y a la variedad Puitá-INTA Clearfield, como el padre donante de la resistencia a los herbicidas, actividad desarrollada en Biotecnología, INIA Carillanca. La cruce (Zafiro-INIA x Puitá-INTA CL) y posteriores retrocruzas (cruzar la descendencia del cruzamiento con Zafiro-INIA nuevamente, en tres o cuatro ocasiones) permitió desarrollar líneas experimentales Clearfield, que mantienen las características de Zafiro-INIA más la resistencia a los herbicidas de la familia de las Imidazolinonas (Figura 1).

Selección de plantas resistentes al herbicida. Paralelamente al trabajo de retrocruzas, en cada generación se confirmó la presencia del gen de resistencia a herbicidas. Por ejemplo, la semilla F1 fue cosechada y sembrada para verificar la ausencia o presencia de los genes mediante marcadores moleculares asociados a

la resistencia a imidazolinonas. Los individuos que tenían el gen fueron sometidos a la primera retrocruza con Zafiro-INIA (RC1). Posteriormente se cosechó la semilla, se sembró y se aplicó herbicida Eurolighting (BASF) para verificar la expresión de la resistencia a imidazolinonas. Las plantas que sobrevivieron fueron evaluadas con marcadores moleculares, para detectar la presencia del gen y su nivel de homocigosidad (Figura 2). Después de cada retrocruza, se verificó la recuperación del fondo genético de la variedad Zafiro-INIA, mediante marcadores moleculares para asegurar homogeneidad, estabilidad y la presencia del gen que confiere la resistencia al herbicida.

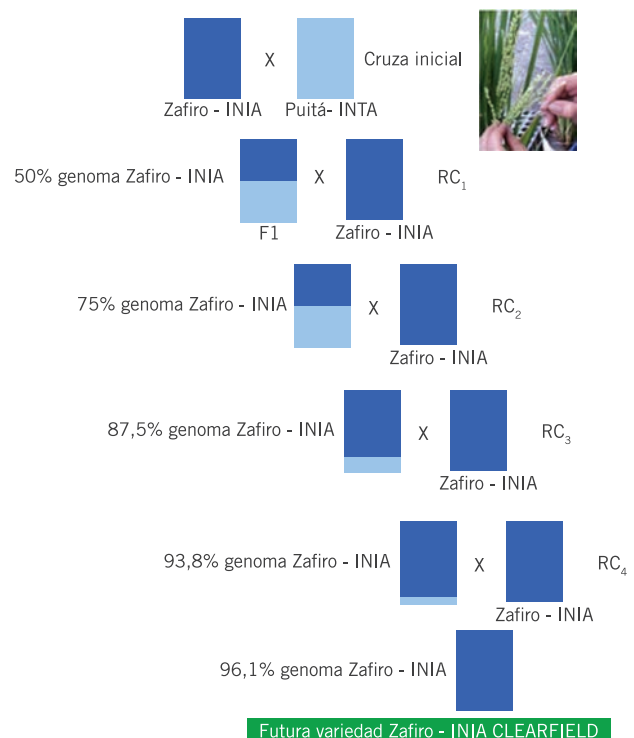


Figura 1. Diagrama del desarrollo de la variedad Zafiro-INIA Clearfield mediante el método convencional de la retrocruza.

Cabe consignar que en el desarrollo de esta variedad Clearfield de grano largo ancho, las dos variedades de arroces comerciales utilizadas como padres, pertenecen a la especie *Oryza sativa* L., y que se utilizan métodos “convencionales” de mejoramiento genético como son el cruzamiento y la selección, todo lo cual configura que esta nueva variedad no sea una variedad transgénica.

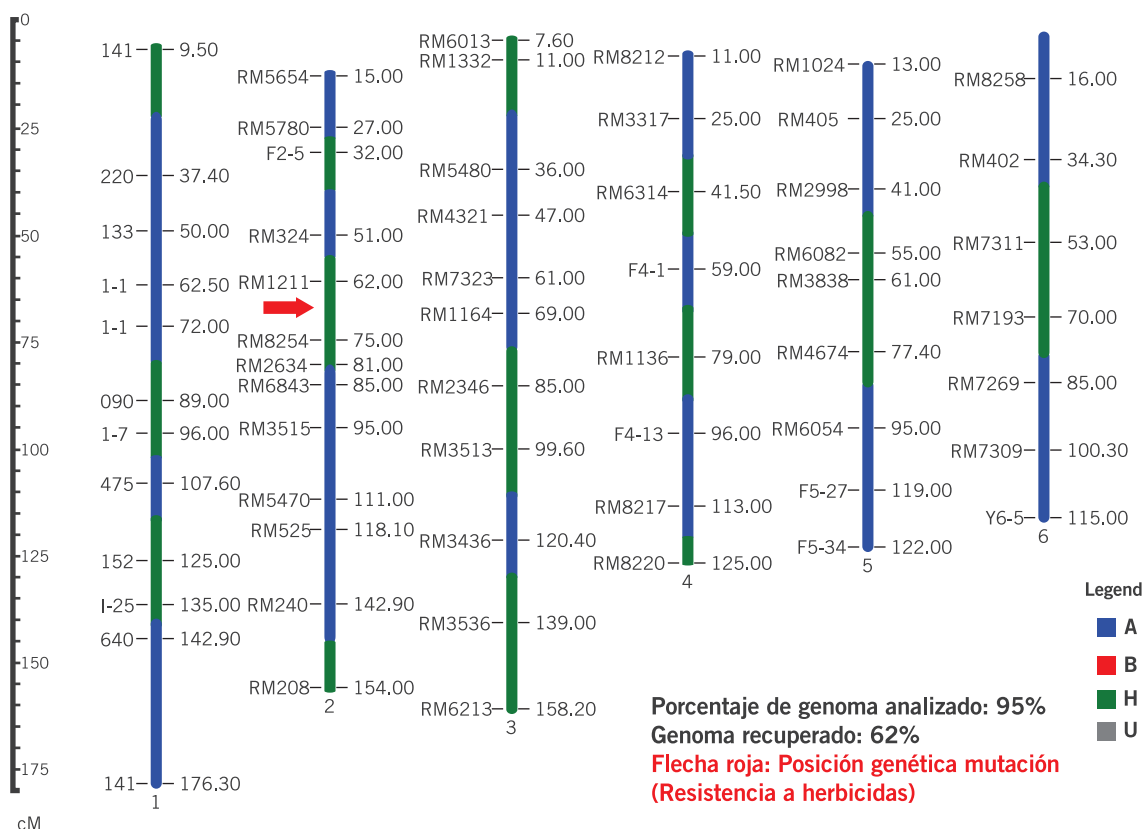
Actualmente, la segunda parte del desarrollo de esta variedad clearfield, que comprende la evaluación y selección de las líneas experimentales Zafiro-INIA CLEARFIELD en el campo, se está realizando el Programa de Arroz de INIA Quilimapu, a partir de la temporada 2014-2015.

Paralelamente, se está trabajando en la elaboración de recomendaciones de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) tendientes a apoyar el cultivo posterior de esta nueva variedad. De este modo, una vez obtenidas las selecciones de líneas experimentales de Zafiro-INIA CLEARFIELD, se iniciarán las evaluaciones de diferentes prácticas agronómicas que acompañarán las recomendaciones de cultivo.

El desarrollo de la primera variedad de arroz Zafiro-INIA CLEARFIELD en el país, ha significado un gran esfuerzo público-privado e interdisciplinario, tendiente a aportar con innovaciones para mejorar la competitividad del sector arrocero nacional; especialmente, para poner a disposición de los agricultores, una nueva alternativa de control de malezas, en el corto plazo.

Figura 2. Verificación del gen de resistencia a herbicidas en el RC1.

Caracterización genoma línea 12, Zafiro - INIA x Puitá RC:



Juan Hirzel

Nuevos antecedentes en la fertilización nitrogenada.

Optimización del uso de nitrógeno en el cultivo de arroz usando análisis de suelo

En el marco del proyecto Fondecyt “Potencial de mineralización de Nitrógeno en suelos arroceros de Chile” cuyo objetivo general fue Optimizar la dosis de nitrógeno (N) a emplear en el cultivo de arroz en Chile en función del potencial de N mineralizable en los diferentes tipos de suelo de aptitud arrocerera, se trabajó en 6 suelos arroceros de Chile (Inceptisoles serie Quilmen y Achibueno, Alfisoles serie Parral y Chiguay, Vertisoles serie Quella) durante 3 temporadas consecutivas, realizando experimentos de laboratorio en la primera temporada, y experimentos de campo durante las temporadas dos y tres.

En los experimentos de laboratorio se determinó la capacidad de mineralización de N de cada suelo bajo diferentes técnicas de incubación de los suelos. En los experimentos de campo se trabajó con la variedad Zafiro-INIA, 3 dosis de N (0, 80 y 160 kg/ha) aplicadas en 3 parcialidades de igual magnitud (siembra, inicio de macolla e inicio de panícula), y para cada suelo se determinó la respuesta en rendimiento y la absorción de N por el cultivo frente a la dosis de N empleada. Además se relacionó el N absorbido por el cultivo en cada condición de estudio con el N mineralizado en laboratorio para cada metodología evaluada.

Se determinó la metodología de análisis de laboratorio más adecuada para representar la realidad de absorción y necesidad de N del cultivo de arroz en condiciones de campo en los diferentes suelos y condiciones de estudio, que correspondió a incubación anaeróbica de muestras de suelo en condiciones sin agitación a una temperatura de 20°C y por un tiempo continuo de 21 días (Figuras 1.1, 1.2 y 1.3).

Los resultados de los experimentos de campo indicaron que, de las dosis de N evaluadas, el uso de 80 kg/ha permitió maximizar el rendimiento obtenido en todas las condiciones de evaluación, con mayor respuesta a la aplicación de N en los suelos del orden Vertisol (serie Quella), como se puede observar en las Figuras 1.4 y 1.5.



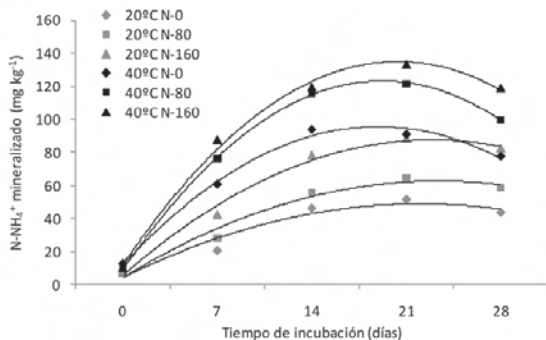


Figura 1.1. Mineralización de N amoniacal en un suelo Inceptisol serie Achibueno incubado en forma anaeróbica sin agitación con tres dosis de N (equivalentes a 0, 80 y 160 kg/ha) a temperaturas de 20 y 40°C durante diferentes tiempos que incluyen 0, 7, 14, 21 y 28 días.

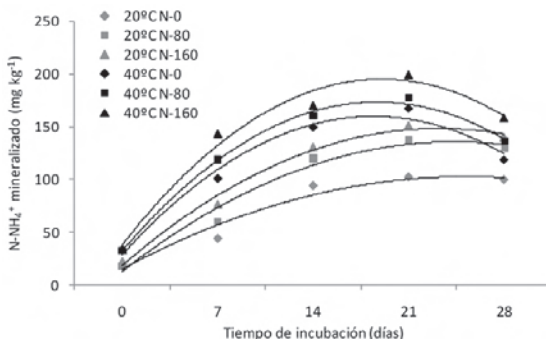


Figura 1.2. Mineralización de N amoniacal en un suelo Alfisol serie Parral incubado en forma anaeróbica sin agitación con tres dosis de N (equivalentes a 0, 80 y 160 kg/ha) a temperaturas de 20 y 40°C durante diferentes tiempos que incluyen 0, 7, 14, 21 y 28 días.

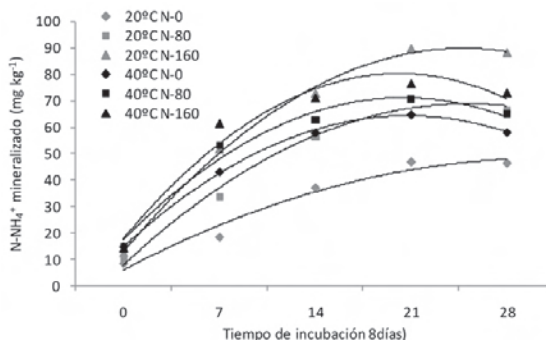


Figura 1.3. Mineralización de N amoniacal en un suelo Vertisol serie Quella incubado en forma anaeróbica sin agitación con tres dosis de N (equivalentes a 0, 80 y 160 kg/ha) a temperaturas de 20 y 40°C durante diferentes tiempos que incluyen 0, 7, 14, 21 y 28 días.

La composición de macronutrientes de la planta de arroz (planta entera) para la generalidad de estos experimentos correspondió a 0,51-0,77% de Nitrógeno; 0,13-0,18% de Fósforo; 0,54-1,08% de Potasio; 0,17-0,26% de Calcio; y 0,08-0,15% de Magnesio.

Finalmente se desarrolló un modelo de optimización del N a aplicar en el cultivo de arroz para cada condición de suelo evaluado, que relacionó el rendimiento a obtener, la necesidad de N del cultivo expresada como kg de N por Tonelada de grano a producir, el N mineralizado por el suelo y la relación entre la dosis de N a aplicar para incrementar el N disponible en el suelo que permitiera satisfacer la demanda del cultivo que no es cubierta por el N mineralizado en ausencia de fertilización. El modelo propuesto a partir de los resultados obtenidos fue el siguiente:

$$\text{Dosis de N} = [\text{RG} * \text{INA-Arroz} - \text{Nmineralizado}] * \text{IRNN}$$

Donde;

Dosis de N: Cantidad de N a aplicar a través de la fertilización y que corresponde al N absorbido por el cultivo como complemento al suministro natural del suelo (kg ha⁻¹)

RG: Rendimiento de grano (Toneladas grano ha⁻¹)

INA-Arroz: Índice de N absorbido por el cultivo de arroz por unidad de rendimiento de grano (kg N por Ton grano⁻¹)

Nmineralizado (kg ha⁻¹): suministro de N desde el suelo a través de la mineralización en incubaciones sin agitación a 20°C por 21 días o 40°C por 7 días.

IRNN: Índice de relación entre el N aplicado y el N absorbido por el cultivo de arroz (kg N aplicado por kg N absorbido⁻¹) como efecto de la fertilización con N (el suministro de N del suelo sin adición de N como fertilizante es descontado de este índice).

Los valores obtenidos con este modelo de simulación para 6 de los suelos estudiados se presentan en el Cuadro 1.

En general, los resultados obtenidos permitieron reducir la dosis de N a emplear en los suelos evaluados respecto de lo usado tradicionalmente por los agricultores, contribuyendo a reducir costos directos de producción, realizar un uso más eficiente del N, reducir la contaminación ambiental asociada a excesos de N y potenciar el rendimiento del cultivo.

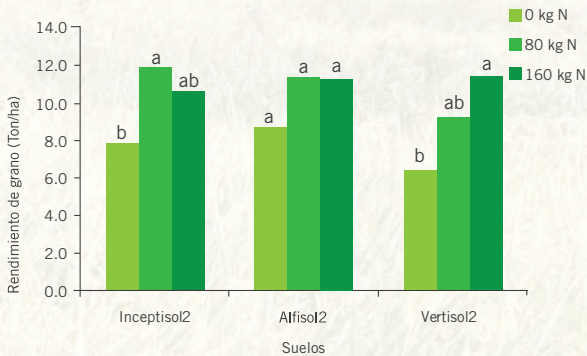


Figura 1.4. Rendimiento de grano en arroz Zafiro-INIA temporada 2011-12. Letras distintas en las columnas de cada suelo indican diferencia estadística según test de Tukey ($p < 0,05$).

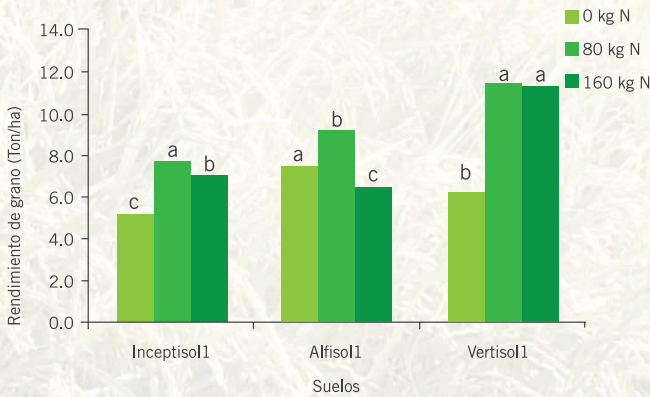


Figura 1.5. Rendimiento de grano en arroz Zafiro-INIA temporada 2012-13. Letras distintas en las columnas de cada suelo indican diferencia estadística según test de Tukey ($p < 0,05$).

Uso de enmiendas orgánicas como fuente de fertilización alternativa en el cultivo de arroz

El uso de fertilizantes en el cultivo de arroz constituye uno de los costos directos de mayor importancia para este cultivo. Además, el uso de fertilizantes convencionales (químicos o de síntesis), en el largo plazo, reduce el contenido de materia orgánica (MO) del suelo, y aquellos nutrientes de alta dinámica como el nitrógeno (N), quedan expuestos a procesos de pérdida, dado que la sincronía de absorción por el cultivo no es afín a la rápida liberación de N de estos fertilizante. Por su parte, el uso de enmiendas orgánicas constituye una alternativa de fertilización de inferior costo, de aporte de MO y de la totalidad de nutrientes que requiere el

Componente del modelo de optimización	Suelo (orden taxonómico y serie)					
	Inceptisol1 Achibueno1	Inceptisol2 Achibueno2	Alfisol1 Parral 1	Alfisol2 Parral2	Vertisol1 Quella1	Vertisol2 Quella2
RG(Ton ha ⁻¹)	7	10	8	10	10	9
INA-Arroz(kg N Ton grano ⁻¹)	15.4	15.4	16.2	14.0	11.8	11.6
N absorbido (kg ha ⁻¹)	107.8	154.0	129.6	140.0	118.0	104.4
IRNN (kg N aplicado por kg N absorbido ⁻¹)	1.86	2.60	1.97	1.60	1.71	3.14
N mineralizado en 21 días a 20°C (mg kg ⁻¹)	51	9	102	67	47	30
N suministrado por el suelo en incubación por 21 días a 20°C (kg ha ⁻¹)	79	150	105	112	90	69
N mineralizado en 7 días a 40°C (mg kg ⁻¹)	61	13	101	40	43	56
N suministrado por el suelo en incubación por 7 días a 40°C (kg ha ⁻¹)	75	141	112	92	99	73
Dosis de N simulada para incubaciones por 21 días a 20°C (kg ha ⁻¹)	53	12	48	44	49	112
Dosis de N simulada para incubaciones por 7 días a 40°C (kg ha ⁻¹)	61	33	34	77	33	100

Cuadro 1.1. Simulación de la dosis de N a emplear de acuerdo al modelo de simulación propuesto y a los resultados de rendimiento de grano y N mineralizado.

RG; Rendimiento de grano (Toneladas grano ha-1)

INA-Arroz; Índice de N absorbido por el cultivo de arroz por unidad de rendimiento de grano (kg N por Ton grano-1)

IRNN; Índice de relación entre el N aplicado y el N absorbido por el cultivo de arroz (kg N aplicado por kg N absorbido-1) como efecto de la fertilización con N (el suministro de N del suelo sin adición de N como fertilizante es descontado de este índice).

cultivo, incluyendo aquellos como el fósforo, potasio, calcio, magnesio, zinc y boro, que en la mayoría de los suelos arroceros de Chile no alcanzan el nivel de suficiencia para el cultivo. Por otra parte, la entrega del N contenido en las enmiendas orgánicas es más controlada en relación al uso de fertilizantes convencionales, pudiendo lograr un 70% de entrega en un periodo de 3 a 4 meses para los guanos de broiler y pavo, y un 40 a 50% de entrega en dicho periodo para los compost de guano de cerdo o pavo.

Para evaluar el efecto de uso de las 2 principales enmiendas orgánicas comercializadas en Chile (Guano de Broiler y Bioestabilizado (compost de guano de cerdo)) en las 2 principales variedades de arroz (Diamante-INIA y Zafiro-INIA), se realizó un experimento durante 2 temporadas consecutivas (2011-12 y 2012-13) en el campo experimental DIGUA de INIA, camino Parral a Cauquenes.

Los tratamientos de fertilización evaluados fueron los siguientes:

1. Control sin fertilización (C).
2. Fertilización convencional con dosis de 80 kg de N/ha parcializado $\frac{1}{2}$ a la siembra y $\frac{1}{2}$ a la macolla (FC1).
3. Fertilización convencional con dosis de 80 kg de N/ha parcializado $\frac{1}{2}$ a la siembra y $\frac{1}{2}$ al inicio de panícula (FC2).
4. C + N en macolla (40 kg/ha).
5. C + N en inicio de panícula (40 kg/ha).
6. Bioestabilizado (B) en presiembrado en dosis equivalente a 80 kg de N/ha.
7. Guano broiler (GB) en presiembrado en dosis equivalente a 80 kg de N/ha.
8. B en dosis equivalente a 40 kg de N/ha + N en macolla (40 kg/ha).
9. B en dosis equivalente a 40 kg de N/ha + N en inicio de panícula (40 kg/ha).
10. GB en dosis equivalente a 40 kg de N/ha + N en macolla (40 kg/ha).
11. GB en dosis equivalente a 40 kg de N/ha + N en inicio de panícula (40 kg/ha).

El diseño experimental fue Bloques al azar con arreglo en parcelas divididas, donde la parcela principal fue el tratamiento de fertilización y la subparcela la variedad de arroz. Además se trabajó con 4 repeticiones por tratamiento.

El tamaño de cada unidad experimental de fertilización es de 15m² (3 m * 5 m), de los cuales 7,5m² fueron ocupados por cada variedad de arroz. La superficie total sembrada en cada temporada fue 660m² en 44 unidades experimentales, separados por pretilas para evitar efecto de bordes en las aplicaciones de los tratamientos de fertilización.

Los parámetros evaluados fueron:

- Rendimiento de grano.
- Coeficiente de reparto de materia seca.
- Altura de plantas.
- Relación beneficio marginal/Costo marginal de la fertilización.

El Costo de fertilización de cada tratamiento (promedio de ambas temporadas) se presenta en el Cuadro 2.1.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes;

El rendimiento de grano para los tratamientos de fertilización en ambas temporadas se presenta en la figura 2.1 (a y b), y separado por variedades en la figura 2.2 (a y b). A su vez en el Cuadro 2.2 y 2.3 se presenta el análisis económico del experimento, considerando la relación beneficio marginal/costo marginal de la fertilización, de las temporadas 2011-12 y 2012-13, respectivamente.

Para la primera temporada el rendimiento de grano fluctuó entre 53 a 88 qq/ha, pero en los tratamientos fertilizados este rendimiento fluctuó entre 65 a 88 qq/ha (figura 2.1a). El mayor rendimiento de grano se obtuvo en todos los tratamientos que recibieron fertilización, independiente de la fuente (convencional o enmiendas orgánicas) (figura 2.1a). Sin embargo, sólo los tratamientos 2 (fertilización convencional parcializado en siembra y macolla), 3 (fertilización convencional parcializado en siembra e inicio de panícula), 7 (guano broiler en presiembrado), 8 (bioestabilizado + N en macolla), 9 (bioestabilizado + N en inicio de panícula), 10 (guano broiler + N en macolla) y 11 (guano broiler + N en inicio de panícula) superaron al control sin fertilización ($p < 0,05$).

Para la segunda temporada el rendimiento de grano fluctuó entre 60 a 84 qq/ha, pero en los tratamientos fertilizados este rendimiento fluctuó entre 62 a 84 qq/ha (figura 2.1b). El mayor rendimiento de grano se obtuvo en todos los tratamientos que recibieron fertilización, independiente de la fuente (convencional o enmiendas orgánicas) (figura 2.1b). Sin embargo, sólo los tratamientos 2 (fertilización convencional parcializado en siembra y macolla), 3 (fertilización convencional parcializado en siembra e inicio de panícula), 9 (bioestabilizado + N en inicio de panícula), y 11 (guano broiler + N en inicio de panícula) superaron al control sin fertilización ($p < 0,05$).

La altura de plantas fue medida sólo en la primera temporada y fluctuó entre 70 y 84 cm. No se evidenció diferencia de altura entre los tratamientos fertilizados, independiente de la fuente de fertilización (convencional o enmienda orgánica). Los tratamientos que superaron en altura al control sin fertilización fueron 2 (fertilización convencional parcializado en siembra y macolla), 3 (fertilización convencional parcializado

Tratamiento	Dosis de Enmiendas o Fertilizantes (kg/ha)					Costo Fertilización (\$/ha)
	B	GB	Urea	SFT	Muriato	
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	178	141	130	\$173.344
3	0	0	178	141	130	\$173.344
4	0	0	89	0	0	\$61.833
5	0	0	89	0	0	\$61.833
6	3.316		0	0	0	\$96.318
7		3.162	0	0	0	\$86.911
8	1.658		89	0	0	\$124.992
9	1.658		89	0	0	\$124.992
10		1.581	89	0	0	\$120.289
11		1.581	89	0	0	\$120.289

Cuadro 2.1. Costos de fertilización promedio de temporadas 2011-12 y 2012-13.

B: Bioestabilizado;

GB: Guano Broiler;

SFT: Superfosfato Triple.

en siembra e inicio de panícula), 7 (guano broiler en presiembra), 9 (bioestabilizado + N en inicio de panícula), 10 (guano broiler + N en macolla) y 11 (guano broiler + N en inicio de panícula), similar a lo obtenido en el rendimiento de grano.

El índice de cosecha en la primera temporada fluctuó entre 0,51 y 0,57. Los tratamientos de fertilización aplicados no generaron diferencias en el índice de cosecha. Para la segunda temporada el índice de cosecha fluctuó entre 0,43 y 0,47, inferior a la temporada 2011-12. Hubo diferencias entre tratamientos de fertilización, y los mayores IC se obtuvieron con los tratamientos 1 (control sin fertilización), 2 (fertilización convencional parcializado en siembra y macolla), 6 (bioestabilizado), 9 (bioestabilizado + N en inicio de panícula) y 11 (guano broiler + N en inicio de panícula).

Respecto a las mediciones de estas mismos parámetros, separando el efecto entre variedades, para la primera temporada se obtuvo un rendimiento de grano e índice de cosecha similar entre las variedades Diamante-INIA y Zafiro-INIA (figura 2.2a), en tanto que la altura de plantas fue mayor en la variedad Diamante-INIA. Para la segunda temporada tampoco hubo diferencias de rendimiento entre las variedades evaluadas (figura 2.2b), en tanto que el índice de cosecha fue mayor en la variedad Zafiro-INIA.

El análisis económico en la primera temporada de evaluación indicó que la mejor relación beneficio marginal sobre costo marginal de la fertilización

empleada (o también diferencial de ingreso neto derivado de la fertilización respecto del control sin fertilizar), se logró con los tratamientos 7 (guano broiler en presiembra), 5 (N en inicio de panícula en dosis de 40 kg/ha) y 9 (bioestabilizado + N en inicio de panícula) (Cuadro 2.2). Para la segunda temporada el análisis económico indicó que la mejor relación beneficio marginal sobre costo marginal de la fertilización empleada, se logró con los tratamientos 11 (guano broiler + N en inicio de panícula), 7 (guano broiler en presiembra), y 3 (fertilización convencional parcializado en siembra e inicio de panícula) (Cuadro 2.3). El tratamiento que generó el mayor diferencial de ingreso marginal versus costo marginal para la primera temporada (Cuadro 2.2) fue el uso de Guano Broiler en presiembra (80 kg N/ha) con un diferencial de \$449.932/ha, en tanto que para la segunda temporada (Cuadro 2.3) fue el uso de Guano broiler en presiembra (40 kg N/ha) + 40 kg de N/ha aplicado en Inicio de Panícula, lo cual generó un diferencial de \$240.803/ha. En ambas temporadas el uso de Guano Broiler, ya sea sólo o en combinación con N convencional aplicado al inicio de panícula, generó un diferencial de ingreso neto mayor al uso de fertilizantes convencionales.

En conclusión, el uso de enmiendas orgánicas como fuente alternativa de fertilización en el cultivo de arroz permite lograr rendimientos similares a los obtenidos con el uso de fertilizantes convencionales, con una relación beneficio/costo más favorable al cultivo, donde destaca el uso de guano broiler.

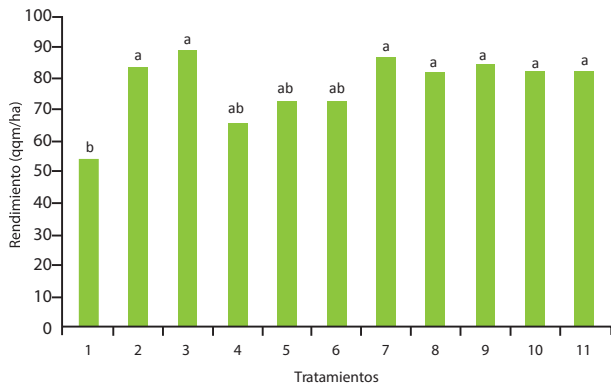


Figura 2.1a. Rendimiento de grano en el cultivo de arroz frente a diferentes tratamientos de fertilización que incluyen fertilizantes convencionales y enmiendas orgánicas. Los valores corresponden a las medias de las variedades Diamante-INIA y Zafiro-INIA. Estación Digua, Parral 2011-2012.

Letras distintas sobre las barras indican diferencia estadística entre tratamientos, según test de Tukey ($p < 0,05$).

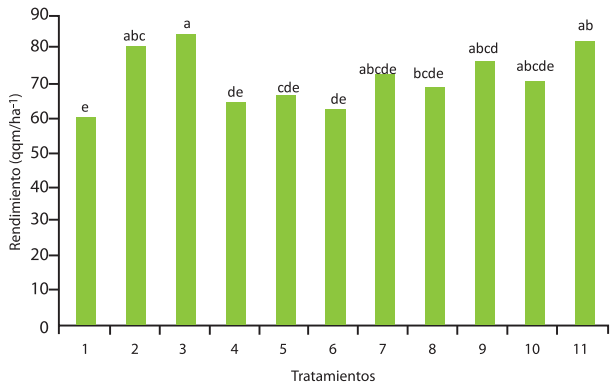


Figura 2.1b. Rendimiento de grano en el cultivo de arroz frente a diferentes tratamientos de fertilización que incluyen fertilizantes convencionales y enmiendas orgánicas. Los valores corresponden a las medias de las variedades Diamante-INIA y Zafiro-INIA. Estación Digua, Parral 2012-2013.

Letras distintas sobre las barras indican diferencia estadística entre tratamientos, según test de Tukey ($p < 0,05$).

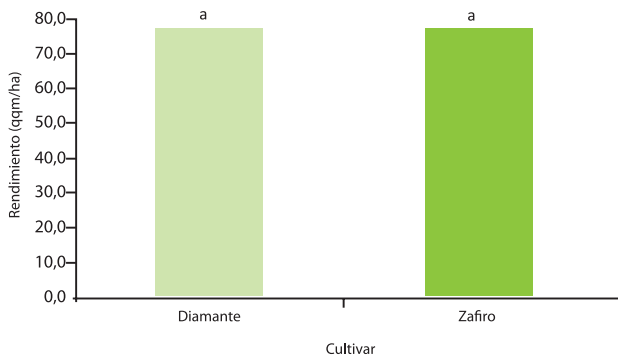


Figura 2.2a. Rendimiento de grano en los cultivares de arroz Diamante-INIA y Zafiro-INIA como promedio de diferentes tratamientos de fertilización que incluyen fertilizantes convencionales y enmiendas orgánicas. Estación Digua, Parral 2011-2012.

Letras distintas sobre las barras indican diferencia estadística entre tratamientos, según test de Tukey ($p < 0,05$).

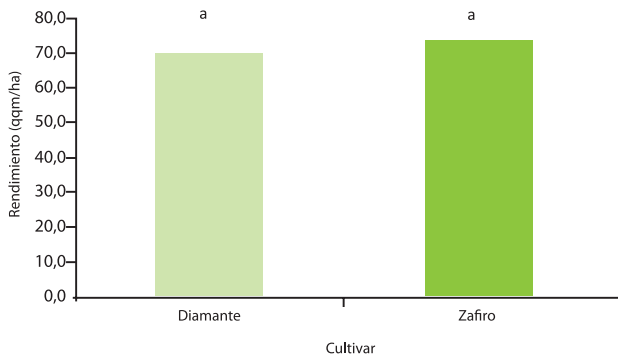


Figura 2.2b. Rendimiento de grano en los cultivares de arroz Diamante-INIA y Zafiro-INIA como promedio de diferentes tratamientos de fertilización que incluyen fertilizantes convencionales y enmiendas orgánicas. Estación Digua, Parral 2012-2013.

Letras distintas sobre las barras indican diferencia estadística entre tratamientos, según test de Tukey ($p < 0,05$).

Cuadro 2.2. Análisis económico de las estrategias de fertilización empleadas en el experimento. Temporada 2011-2012.

Tratamiento	Costo Fertilización (\$/ha)	Rendimiento de Grano (qq/ha)	Ingreso Bruto (\$/ha)	Ingreso Marginal (\$/ha)	Costo Marginal (\$/ha)	Relación Beneficio Marginal/Costo Marginal
1	0	53,0	882.138	-	-	-
2	173.344	82,6	1.363.606	481.468	173.344	2,8
3	173.344	87,8	1.449.142	567.004	173.344	3,3
4	61.833	65,0	1.071.904	189.766	61.833	3,1
5	61.833	72,0	1.187.812	305.674	61.833	4,9
6	96.318	71,9	1.187.025	304.887	96.318	3,2
7	86.911	86,0	1.418.981	536.843	86.911	6,2
8	124.992	81,0	1.336.395	454.257	124.992	3,6
9	124.992	83,8	1.382.266	500.129	124.992	4,0
10	120.289	81,2	1.339.890	457.752	120.289	3,8
11	120.289	81,1	1.338.610	456.472	120.289	3,8

Nota: El valor del quintal de arroz utilizado para el cálculo fue \$16.500. El valor de los fertilizantes y enmiendas se determinó a precios de mercado del mes de octubre como promedio del año 2011 y 2012 puesto en predio y aplicado.

Cuadro 2.3. Análisis económico de las estrategias de fertilización empleadas en el experimento. Temporada 2012-2013.

Tratamiento	Costo Fertilización (\$/ha)	Rendimiento de Grano (qq/ha)	Ingreso Bruto (\$/ha)	Ingreso Marginal (\$/ha)	Costo Marginal (\$/ha)	Relación Beneficio Marginal/Costo Marginal
1	0	60,0	987.835	-	-	-
2	173.344	80,5	1.327.467	339.632	173.344	2,0
3	173.344	84,0	1.386.148	398.313	173.344	2,3
4	61.833	64,3	1.060.837	73.001	61.833	1,2
5	61.833	66,3	1.093.954	106.119	61.833	1,7
6	96.318	62,3	1.027.685	39.849	96.318	0,4
7	86.911	72,5	1.196.910	209.074	86.911	2,4
8	124.992	68,6	1.131.345	143.509	124.992	1,1
9	124.992	76,1	1.255.613	267.778	124.992	2,1
10	120.289	70,5	1.163.324	175.489	120.289	1,5
11	120.289	81,8	1.348.928	361.092	120.289	3,0

Nota: El valor del quintal de arroz utilizado para el cálculo fue \$16.500. El valor de los fertilizantes y enmiendas se determinó a precios de mercado del mes de octubre como promedio del año 2011 y 2012 puesto en predio y aplicado.

Javier Chilian
Julieta Parada
Fernando Saavedra

Control de malezas

La presencia de malezas es uno de los principales factores agronómicos que limitan la producción de arroz en el país. Según informes del INIA, las malezas son capaces de reducir el rendimiento del cultivo en alrededor de un 30%. En el peor de los casos, si no se realiza un manejo adecuado, se corre el riesgo de perder incluso hasta el 100% del cultivo. La razón de esta pérdida es la competencia que se establece entre las poblaciones de malezas y las plantas de arroz por el espacio, al momento de la siembra, y por factores tales como luz, agua y nutrientes durante el ciclo de desarrollo.

Malezas presentes en el cultivo de arroz

Las malezas que crecen junto a las plantas de arroz son, en su mayoría, específicas de este cultivo, ya que normalmente proliferan en aquellos sectores que se encuentran inundados durante la primavera y el verano. Son la excepción algunas especies del género *Echinochloa* que pueden crecer sin inundación y que, por lo tanto, pueden prevalecer en los sistemas de siembra en seco.

Entre las malezas más importantes, bajo el sistema de cultivo del arroz inundado del país, se destacan *Echinochloa crusgalli* y *E. oryzoides*, (Poaceae), *Scirpus mucronatus* y *Cyperus difformis* (Cyperaceae), *Alisma plantago* y *Sagittaria montevidensis* (Alismataceae). A estas malezas se debe agregar también el arroz rojo (*Oryza sativa*) que reduce la calidad industrial del grano, afectando la comercialización del producto y la producción de semillas (Figura 1).



Estrategias de control de malezas

Debido a que la presencia de malezas tiene un efecto negativo en la productividad y calidad de la producción de arroz, se plantea la necesidad de establecer un adecuado control de malezas, que debe incluir tanto prácticas preventivas, como labores culturales, control mecánico y/o químico. El control va a depender del tipo de maleza a erradicar, el estado de desarrollo de la maleza y el cultivo, del hábito de crecimiento, de la densidad poblacional y de la frecuencia e intensidad con que se presente la maleza.

La prevención se basa en evitar el desarrollo y reducir la población de malezas, interrumpiendo su ciclo de multiplicación y diseminación. Para ello es importante conocer el proceso de reproducción y diseminación de las malezas presentes. Por ejemplo, es importante controlar las plantas antes de la época de floración, para evitar la producción de semillas y las futuras re-infestaciones. Esto implica el monitoreo constante del campo por parte del agricultor para prevenir el desarrollo de las malezas, el uso de semillas certificadas (ya que uno de los principales medios de diseminación es el uso de semillas de arroz contaminadas con semillas de malezas), la limpieza de las herramientas y maquinaria agrícola, el manejo de los animales de pastoreo, la limpieza de los canales de riego, el mantenimiento de los pretiles, los desagües y caminos libres de malezas y la rotación de cultivos y de herbicidas.

El manejo cultural implica cualquier procedimiento o práctica agrícola que otorgue mayor competitividad al cultivo por sobre las malezas. En este contexto son importantes las prácticas de manejo como la selección de variedades adaptadas, la siembra en la época recomendada, la fertilización, la densidad de siembra recomendada y el sistema de siembra. También es importante la preparación adecuada del suelo (nivelación) ya que lograr una altura uniforme de agua impediría la germinación y/o emergencia de numerosas malezas, facilitándose además la aplicación de algunos herbicidas.

Con respecto al control mecánico, el movimiento del suelo con diferentes maquinarias antes de la siembra constituye un mecanismo eficiente para controlar las malezas establecidas. Al mover el suelo, las plantas y raíces de las malezas quedan expuestas a la luz y temperatura, lo que ocasiona su deshidratación y muerte, este mecanismo también ayuda a disminuir el banco de semillas presentes en el suelo.

Control químico: el control químico de malezas, mediante el uso de herbicidas, es el método más utilizado en el cultivo de arroz. En la actualidad existen diversos herbicidas disponibles para el arroz, con diferentes grados de selectividad, época de aplicación y espectro de malezas controladas (Cuadro 1). Con respecto a la época de aplicación, los herbicidas pueden ser utilizados en distintos momentos del cultivo. En primer lugar, como parte de la preparación del suelo (barbecho químico) se puede aplicar un herbicida sistémico, no selectivo, como el glifosato el cual permite eliminar la primera generación de malezas de la temporada, disminuyendo también la carga inicial de malezas para la siguiente temporada. Luego, es posible aplicar herbicidas de presiembrá, considerando que para Chile el único herbicida que se puede aplicar en presiembrá es Molirox (Molinate). Cuando las malezas y el arroz ya han emergido del suelo es posible aplicar herbicidas selectivos que no dañen al cultivo. De acuerdo al estado de desarrollo en el que se apliquen, pueden ser herbicidas de post-emergencia temprana, con malezas en los primeros estados de desarrollo (3 hojas) con herbicidas formulados con Penoxsulan y Bentazone, o pueden ser herbicidas de post-emergencia tardía que se aplican cuando las plantas presentan entre 6 a 8 hojas, como por ejemplo el MCPA (Cuadro 2).

Actualmente, resulta casi imposible controlar los distintos tipos de malezas con una sola aplicación de herbicidas y por ello es importante lograr establecer una estrategia de control adecuada que involucre aplicaciones secuenciales de distintos herbicidas.

En este sentido, para controlar las malezas del cultivo de arroz existe hoy una propuesta en el mercado que tiene como sustento el hecho de utilizar herbicidas de tres familias distintas y que además no requiere bajar la lámina de agua. La estrategia consiste en aplicar en post emergencia temprana del arroz, una mezcla definida de los herbicidas Molirox y Heat. Luego, cuando el cultivo tiene 5 hojas y está en inicio de macolla, se requiere de la aplicación del herbicida MCPA al agua, no teniendo que bajar la lámina de agua para aplicarlo. Esto permite controlar las malezas en forma integral en dos aplicaciones, con el beneficio adicional de mantener la temperatura del agua, impedir nuevas germinaciones de malezas y ahorro de este recurso escaso.

En este punto cabe destacar la importancia de evitar el uso continuo de herbicidas con igual modo o mecanismo de acción, ya que se puede acelerar la aparición de malezas resistentes con la consiguiente pérdida de estas herramientas químicas. Para ello, es funda-

mental lograr un manejo integrado de malezas, donde además del uso de herbicidas se contemplen estrategias de prevención, manejo cultural y control mecánico, como las señaladas en párrafos anteriores.

Figura 1. Malezas más importantes en el cultivo de arroz.



Nombre Científico:
Scirpus mucronatus
Familia: Cyperaceae
Nombre Común: Pasto cabezón



Nombre Científico:
Cyperus difformis
Familia: Cyperaceae
Nombre Común: Cortadera



Nombre Científico:
Alisma plantago-aquatica
Familia: Alismataceae
Nombre Común: Hualtata



Nombre Científico:
Sagittaria montevidensis
Familia: Alismataceae
Nombre Común: Lengua de vaca



Nombre Científico:
Echinochloa spp.
Familia: Poaceae
Nombre Común: Hualcacho



Nombre Científico:
Oryza sativa f spontanea
Familia: Poaceae
Nombre Común: Arroz Rojo



Cuadro 1. Herbicidas disponibles para el cultivo de arroz agrupados según su mecanismo de acción.

Ingrediente Activo	Nombre Comercial	Malezas Afectadas
Inhibidores de ALS		
Penoxsulan	Ricer	Hualcacho, hualtata
Bispyribac	Nominee	Hualcacho, hualtata, lengua de vaca, cortadera, pasto cabezón
Pyribenzoxin	Pyanchor	Hualcacho, hualtata, lengua de vaca, cortadera
Reguladores de Crecimiento		
Quinclorac	Facet	Hualcacho
Quinclorac	Exocet	Hualcacho
MCPA	MCPA 750, U-46 M-fluid	Hualtata, lengua de vaca, cortadera, pasto cabezón
Inhibición de la Fotosíntesis		
Bentazone	Besagran	Hualtata, lengua de vaca, cortadera, pasto cabezón
Bentazone	Bentax	Hualtata, lengua de vaca, cortadera, pasto cabezón
Kixor	Heat	Hualcacho, hualtata, cortadera, pasto cabezón
Inhibición de ACCasa		
Cyhalofop	Clincher	Hualcacho
Inhibición Ac Grasos		
Molinate	Brioso	Hualcacho
Molinate	Molirox	Hualcacho, otras gramíneas y ciperáceas
Inhibidores de EPSPs		
Glifosato	Varios	Hualcacho, hualtata, lengua de vaca, cortadera, pasto cabezón
Inhibidores síntesis de carotenoides		
Clomazone	Dakota 48 EC	Hualcacho, hualtata

Alternativas de Aplicaciones para Control de Malezas en Arroz							
Barbecho Químico	Pre-siembra	Siembra	Post-emergencia temprana			Post-emergencia tardía	
			1 hoja	2 hojas	3 hojas	4 hojas-inicio macolla	Macolla
Preparación del Suelo	4-8 días antes de siembra						
GLIFOSATO							
	MOLIROX						
			MOLINATE				
				PENOXULAN			
			BISPYRIBAC				
			PYRIBENZOXIM				
						MCPA	
			QUINCLORAC				
					BENTAZONE		
			MOLIROX + KIXOR				
			CYHALOFOP				

Cuadro 2. Estrategia secuencial de aplicación, combinando herbicidas con distintos mecanismos de acción y que actúen en distintas etapas del cultivo.

Javier Chilian
Julieta Parada
Karin Lisboa

Manejo integrado de herbicidas para la producción de arroz Clearfield

www.chilearroz.cl

El sistema de producción Clearfield es una tecnología para el control de malezas que combina el desarrollo de semillas de alta calidad agronómica, resistentes a herbicidas de la familia de las Imidazolinonas (IMI); la utilización de un herbicida de la familia IMI, con una alta eficiencia y selectividad; y un “Programa de Custodia”, que consiste en el asesoramiento técnico relacionado con el uso del paquete tecnológico.

El herbicida IMI es para aplicaciones post emergentes, tiene acción residual y permite controlar un amplio espectro de malezas. Sin embargo, si no se realiza un manejo adecuado en las etapas anteriores a este punto, la incidencia de las malezas puede tener un impacto realmente negativo en el rendimiento final del cultivo, ya que el período de mayor competencia de las malezas con las plantas de arroz es entre la emergencia del cultivo y el inicio de las panículas. En este sentido cobra importancia la aplicación de distintos herbicidas en las diferentes etapas del cultivo de arroz.

Barbecho químico

Debido a la gran población de malezas presentes en el campo, antes de dar inicio a las actividades de preparación de suelo, se recomienda realizar un barbecho químico con herbicidas no selectivos, como el Glifosato. Esto permitirá disminuir la carga de malezas que puedan interferir con el posterior establecimiento del cultivo y partir las tareas de siembra con un suelo limpio (Fig. 1).

Herbicida de Presiembra

Antes de sembrar el arroz es posible aplicar herbicidas de presiembra. Para Chile, el único herbicida que se puede aplicar en presiembra es el Molinate (Molirox), el cual debe incorporarse de inmediato al suelo para evitar su volatilización. Para esto, se puede utilizar una rastra de discos.

La aplicación de este herbicida demostró ser eficiente, obteniéndose un cultivo bien establecido y sin que se observe el desarrollo de malezas entre las hileras del cultivo (Figura 2).




Figura 1. Parcelas experimentales establecidas en suelos tratados con barbecho químico con los herbicidas Glifosato (3 L/ha) y Heat (70 g/ha). No se observa el desarrollo de malezas.

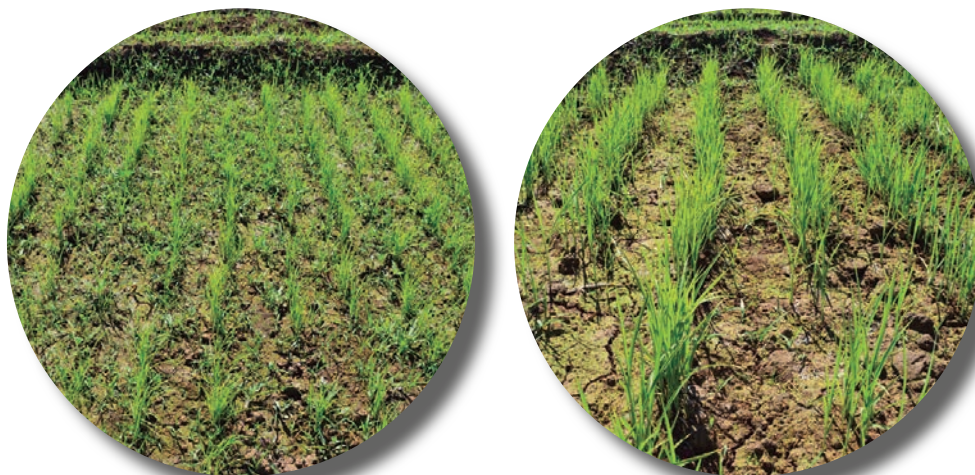


Figura 2. Parcelas tratadas con Molirox en presiembra. A) Testigo, B) tratamiento.

Herbicida de Postemergencia

Cuando las malezas y el arroz ya han emergido, sólo es posible aplicar herbicidas selectivos que no dañen al cultivo. Para el caso de la futura variedad de arroz Clearfield, el herbicida bajo evaluación es el Eurolightning, utilizado en Colombia en arroz Clearfield. La experiencia en Colombia indica que realizó un buen control del arroz rojo, y también sobre el hualcacho y algunas ciperáceas. Para su aplicación es necesario sacar el agua de los cuadros, para dejar las malezas expuestas. Posteriormente, después de 2 a 3 días se llenan los cuadros nuevamente.

Programa de custodia

Para darle viabilidad al sistema de producción Clearfield, es necesario tomar las medidas contempladas por el programa de custodia que implican:

- Utilización de semilla certificada de arroz Clearfield.
- Rotación de cultivos, siendo imprescindible no sembrar arroz Clearfield por más de dos años consecutivos.
- Rotación de herbicidas, aplicando diferentes estrategias de control de malezas, mediante el uso de herbicidas registrados con modos de acción diferente a los inhibidores de la acetolactato sintetasa (ALS).

Todas estas medidas están enfocadas principalmente a hacer un uso racional de los herbicidas de la familia de las imidazolinonas y de las variedades resistentes a éstos, ya que por desconocimiento de un manejo adecuado la sostenibilidad del sistema Clearfield a lo largo del tiempo podría perderse.

Rotación de herbicidas

La rotación de herbicidas como estrategia para atrasar el desarrollo de malezas resistentes, se basa en usar cada año herbicidas con diferente modo de acción. En el caso del barbecho químico y presiembra, los herbicidas utilizados son los mismos, debido a que no son selectivos. Mientras que para la etapa de postemergencia existen distintas alternativas y de acuerdo al estado de desarrollo en el que se aplican pueden ser: 1) herbicidas de postemergencia temprana, cuando las malezas están en los primeros estados de desarrollo (3 hojas), por ejemplo herbicidas formulados con Penoxsulán y Bentazone; 2) herbicidas de postemergencia tardía que se aplican cuando las plantas presentan entre 6 a 8 hojas, como por ejemplo el MCPA.

Trabajos realizados en el país

En el marco del proyecto FONDEF, se están desarrollando líneas experimentales resistentes a herbicidas IMI, específicamente usando el fondo genético de Zafiro-INIA. Durante la temporada 2014-2015 se están evaluando las primeras líneas experimentales Clearfield a nivel de campo.

Javier Chilian
Karín Lisboa

Arroz rojo, un peligro latente para el cultivo de arroz

www.chilearroz.cl

El arroz rojo es una especie de arroz que debe su nombre al color rojizo que presenta el pericarpio (cubierta) de la semilla (Figura 1). Si bien la planta pertenece a la misma familia y género que el arroz cultivado *Oryza sativa* L., se le considera una de las malezas más perjudiciales en todas las regiones arroceras del mundo.

Problemas que ocasiona

Como toda maleza, el arroz rojo compite con el arroz cultivado por los recursos (agua, nutrientes y espacio), disminuyendo su productividad y afectando el rendimiento (el arroz rojo se parte con facilidad), la calidad industrial (presencia de granos de color rojizo), provocando el rechazo de los semilleros inscritos. En casos en que la infestación sea severa, se recomienda discontinuar el uso de esos suelos para la producción de arroz. El control de esta planta es muy difícil debido a la facilidad del desgrane de sus panículas y por los largos periodos de latencia de sus semillas, generándose un banco de semillas viables en el campo por un tiempo prolongado. A lo anterior se suma la restricción de usar «herbicidas selectivos» contra arroz rojo, efectivos para controlar otras malezas propias del cultivo, pero incapaces de controlar arroz rojo debido al parentesco entre esta maleza y el arroz cultivado.

¿Cómo reconocerlo?

La mayoría de los ecotipos de arroces rojo son fenológica y morfológicamente similares a las variedades de arroz cultivado, desde la etapa de plántula hasta la etapa reproductiva, por lo cual son difíciles de reconocer durante los controles periódicos de malezas (Figura 2). Sin embargo, en la etapa de floración existen algunos caracteres que permiten diferenciarlo del arroz cultivado. Por ejemplo, algunas plantas presentan nudos coloreados rojo oscuro (figura 3A) y una altura mayor que las variedades comerciales,



Figura 1. Semillas de arroz rojo donde puede apreciarse el característico color rojo del pericarpio

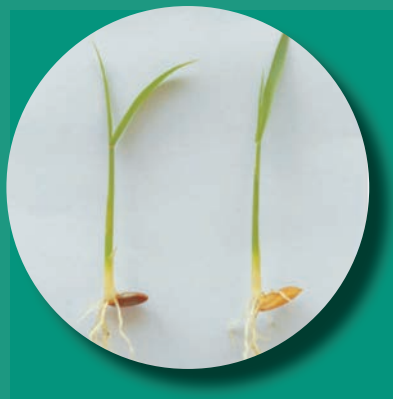


Figura 2. Semillas germinadas de arroz rojo y de la variedad Zafiro-INIA. A este nivel de desarrollo las plántulas no presentan diferencias

muchas veces sobresaliendo e inclinándose sobre el arroz cultivado (Figura 3B, 3C). La arquitectura de su planta puede ir desde una estructura erecta hasta una abierta. Las espiguillas presentan aristas de tamaños variables, colores y de fácil desgrane (Figura 3D, 3E). Sus semillas presentan diferencias en tamaño y grosor, lo que indica la facilidad para cruzarse con el arroz cultivado e ir tomando las características de grano del tipo cultivado.

¿Y qué pasa en Chile?

Si bien para los agricultores la presencia de arroz rojo no es un tema preocupante, cabe destacar que en los últimos años la infestación por esta maleza ha ido en aumento. Con el objetivo de identificar y caracterizar los biotipos de “arroz rojo” existentes en la zona arrocerca de Chile, durante la temporada 2012-2013, en INIA Quilamapu, se realizó una colecta de semillas en siembras comerciales distribuidas entre las regiones del Maule y Biobío. A raíz de este estudio se pudo determinar que existían poblaciones de arroz rojo distribuidas a lo largo de toda la zona arrocerca del país con distintos niveles de incidencia, las que están relacionadas con el bajo uso de semilla certificada en algunos sectores arroceros y con el hecho de que la disminución de la superficie potencial en la que se siembra arroz en Chile ha llevado a rotaciones más cortas y al monocultivo.

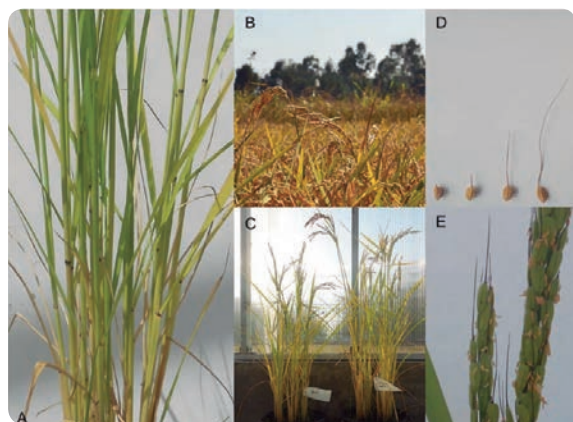


Figura 3. Atributos morfológicos que permiten discriminar plantas de arroz rojo de variedades comerciales. Nudos coloreados A); Plantas de arroz rojo más altas que el cultivar Zafiro, B) en campo y C) en invernadero; Granos con aristas de largo variable, D) aristas blancas, E) aristas negras.

Según información de la Empresa Tucapel S.A., se pudo observar que el 75,1% y un 75,1% de las muestras recibidas en molinos de las regiones del Maule y del Biobío presentaron presencia de arroz rojo, respectivamente (Figura 4). Tomando en cuenta estos altos valores de infestación, el fácil desgrane de las panículas de arroz rojo, la latencia de sus semillas y el escaso control químico disponible contra esta maleza, se puede inferir que la diseminación y potencial infestación con arroz rojo es un peligro latente para el cultivo de arroz en el país.

Prevención para la infestación de arroz rojo

Actualmente, no existe un control efectivo de esta maleza, por lo tanto, la prevención es el medio fundamental para reducir la infestación. Algunas de las prácticas que pueden ayudar en esta función son: a) el uso de semillas certificadas, libre de semillas de arroz rojo, b) desmalezar en forma manual aquellas plantas fuera de tipo con respecto a las variedades sembradas, c) mantener la limpieza de los equipos de siembra y cosecha para evitar posibles contaminaciones y d) la rotación con otros cultivos en los cuales el arroz rojo puede ser controlado utilizando herbicidas.

En este escenario INIA, en el marco de un proyecto Fondef, está desarrollando junto a las empresas BASF, Tucapel y Carozzi una variedad de arroz Clearfield, que permita el uso de herbicidas que controlen el arroz rojo, sin dañar el cultivo.

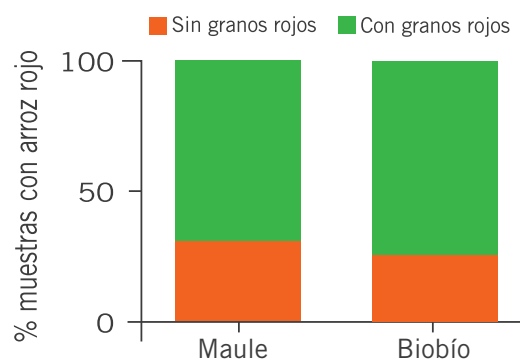


Figura 4. Muestras de arroz de la Región del Maule y del Biobío evaluadas en molino e infestadas con granos de arroz rojo.

Gabriel Donoso
Mario Paredes
Hamil Uribe
Fernando Saavedra
José Parfitt
Gonzalo Carracelas
Alfonso Osorio

Manejo del agua: alcances y desafíos

Recomendaciones para el manejo del agua: siembra pregerminado

Actualmente, en Chile el arroz es mayoritariamente cultivado bajo condiciones de inundación desde la siembra hasta la madurez. Esto implica la utilización de grandes volúmenes de agua que pueden superar los 1,6 L/seg/ha (Hernaíz y Alvarado, 2007). El manejo del agua tiene implicancias directas tanto en los rendimientos, como en el control de malezas. La utilización de una lámina de agua constante en el cultivo del arroz en Chile tiene las siguientes ventajas, respecto a otros sistemas de secano, o de riego intermitente: mayores rendimientos, mejor control de malezas y regulación de la temperatura del ambiente cercano al cultivo. Las reducciones del rendimiento al regar cada 8 días, puede ser más de un 20%.

Otro aspecto importante es la altura de la lámina de agua. Es recomendable que durante la siembra y estado de plántula (tres a cuatro hojas) la altura sea de 5 cm (Cuadro 1). En el estado de macolla se recomienda subir la altura del agua hasta 20 cm. Se sugiere que una vez alcanzada la altura recomendada, se detenga la salida del agua, con el fin de calentar el agua durante el día, además permite un buen uso del recurso hídrico. Por otro lado, durante la etapa reproductiva, se recomienda proteger el primordio floral de la planta de arroz, con una altura máxima de 20 cm. Como en el caso anterior, es necesario detener la salida del agua, con el fin de calentarla.

Durante la maduración existen dos recomendaciones dependiendo del tipo de suelo. En el caso de que el cultivo esté sembrado en suelos con alta capacidad de retención del agua (zonas de Parral), el agua se puede cortar y detener en la etapa de floración.



Sin embargo, en el caso de suelos con baja retención de agua, como sucede cerca de San Carlos, se recomienda cortar el agua después de asegurar una buena humedad de suelo para la etapa del grano lechoso.

Recomendaciones del manejo del agua: siembra directa







Informaciones proporcionadas por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), indican que durante la temporada 2013-2014, cerca de un 11% del cultivo del arroz se está realizando mediante siembra directa. Este tipo de siembra contempla la siembra en seco utilizando máquina sembradora. Esta tecnología permite un menor uso de agua en las primeras etapas

del desarrollo de la planta de arroz. En este tipo de siembra se recomienda, posterior a la siembra en seco, realizar un riego inicial para el inicio de la germinación (Cuadro 1). Posterior a la germinación, es necesario mantener el riego hasta que la plántula cuente con tres hojas. Luego, es recomendable mantener una lámina de agua de 5 cm, la cual debe elevarse hasta 20 cm, desde macolla hasta floración. Posteriormente, se recomienda cortar y detener el suministro del agua, tomando en cuenta la capacidad de retención de agua del suelo.

Sistema de riego

Con respecto al sistema de riego, se recomienda contar con canales de avance que permitan llenar rápidamente todos los pretilos de manera independiente (Figura 1). Además, se recomienda contar con un canal

Cuadro 1. Resumen de las recomendaciones ideales del uso del agua para diferentes condiciones de siembra.

Etapa del desarrollo		Recomendación	
		Siembra Pregerminado	Siembra en seco
Germinación		Lámina de agua de 5 cm	Riego
Plántula		Lámina de agua de 10 cm	Lámina de agua de 5 cm
Macolla		Lámina de agua de 20 cm	
Floración		Suelo con buena retención de agua: cortar y detener el agua	
		Suelo con mala retención de agua: mantener lámina de agua hasta estado de grano lechoso	
Maduración		Basta con que el suelo se encuentre húmedo	

para el drenaje que permita un desagüe independiente de los pretilos, para la entrada de maquinaria o para el adecuado control de malezas.

Cambio climático y uso eficiente del agua para el arroz. Experiencias de Brasil y Uruguay

La productividad y sustentabilidad de los sistemas arroceros de América Latina, está siendo amenazada por el aumento sostenido en la escasez de agua debido, entre otros, al cambio climático. Este escenario agrícola, unido a la alta ineficiencia de las tecnologías usadas en el sector arrocerero, demanda la exploración de alternativas que requieran menos agua y que sean más eficientes en el uso de este recurso. El arroz en Chile es cultivado principalmente por pequeños agricultores (78%) bajo el sistema de inundación con pocas alternativas de otros cultivos y rotación, y una rentabilidad baja. Por ello, a pesar del posible ahorro en el uso del agua que podría representar el uso de la siembra directa, la poca disponibilidad del agua, cada vez más creciente, sigue siendo una gran amenaza para este rubro.

Chile posee un área de siembra promedio de 20 mil hectáreas donde se utiliza 2 mil 500 millones de m³ de agua por año y posee una huella de agua que supera los 1.200 L/kg de arroz producido, lo que indica que es uno de los cultivos con una alta huella del agua del tipo Agua Azul (mayor al 90%). Esta tasa de riego hace que este cultivo sea muy vulnerable en Chile. En el caso de Uruguay, el arroz es principalmente producido bajo riego con agua de lluvia acumulada en represas, y constituye un producto de exportación que tiene una alta incidencia en la economía del país aunque los periodos largos de sequía han afectado los rendimientos. La superficie sembrada la temporada 2012/2013 en Uruguay, fue de 173 mil ha, con una producción de 1.359 millones de toneladas y un rendimiento promedio de 7.880 kg/ha.

La pequeña agricultura en Uruguay, corresponde a un 47% de los productores con un 15,6% de la superficie sembrada y un 15,5% de la producción nacional. Investigaciones realizadas en este país indican que es posible aumentar productividad del agua de riego al realizar manejo de riego intermitente, observándose

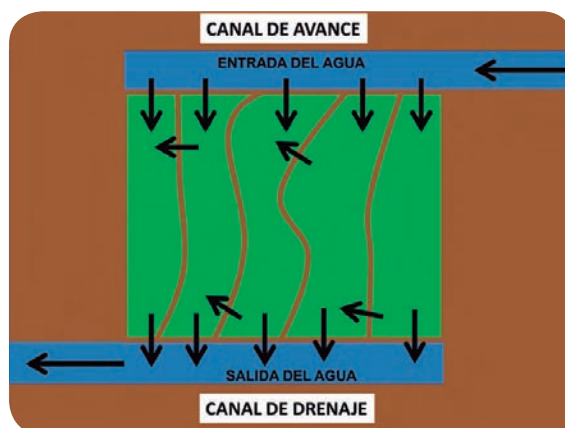


Figura 1. Sistema de riego ideal. Las flechas indican la dirección de la circulación del agua. En color verde se representa el interior de los pretilos.

un aumento de productividad entre un 27% a un 40%, en relación al riego continuo. Esto permite un ahorro en consumo de agua entre un 20% a un 30%. En el caso de Brasil, el arroz es un componente básico en la dieta. Tiene importancia en acciones sociales y gubernamentales de incentivo en su cultivo para asegurar niveles de oferta y consumo, especialmente de la población más pobre, que tiene en el arroz un alimento esencial de su dieta. La superficie total sembrada con arroz en Brasil fue de 2.717.000 ha con una producción de 11.354.000 ton y un rendimiento promedio de 4,2 Ton/ha. También en Brasil el cultivo de arroz está concentrado en pequeños agricultores. Los principales estados donde se produce el arroz de riego son Santa Catarina y Río Grande do Sul con un 76% de la producción nacional. La demanda interna de arroz en Brasil requiere un incremento en la producción en una tasa de 0,86% anual, lo cual depende de la disponibilidad del agua.

Estudios han demostrado que es posible usar menos de la mitad del agua habitual, al utilizar riego por aspersión, con una productividad de un 60% a 90%. Por otro lado, innovaciones asociadas a la inundación intermitente han permitido usar más agua verde y menos agua azul (más cara). Por lo tanto, el estudio en base a la experiencia de otros países en el uso eficiente del agua, nos permitirá mitigar la vulnerabilidad de los agricultores arroceros de Chile.



Hamil Uribe
Felipe Riquelme

Huella del Agua en Arroz

El concepto de Huella del Agua

El concepto de Huella del Agua (HA) fue introducido por Arjen Hoekstra en el año 2002 por la necesidad de conocer cómo afectan a los recursos hídricos las actividades humanas. Este concepto toma importancia en la medida que aumenta la escasez y degradación de la calidad del agua, asociado a los procesos productivos.

La HA refleja la cantidad de agua que es utilizada para la generación de un producto, como por ejemplo el arroz. Se trata de un indicador que no sólo incluye el uso y consumo de agua fresca por parte del productor, sino que además considera el agua que se contamina durante el proceso productivo.

En términos conceptuales la HA de un producto se representa por la relación entre el total de agua utilizada en su generación y el rendimiento obtenido de dicho producto, es decir volumen de agua por unidad de peso.

La HA se calcula considerando el consumo de agua directo e indirecto asociado a la contaminación en todos los pasos del proceso productivo. De esta forma se llegan a establecer tres componentes que constituyen la huella hídrica de un producto, éstos son la Huella Azul, la Huella Verde y la Huella Gris.

La Huella Azul corresponde al consumo de recursos de aguas superficiales y subterráneas para la producción, refiriéndose a la demanda de evapotranspiración asociada al riego. La Huella Verde se define como el consumo de agua provenientes de la lluvia y almacenada en el suelo. Corresponde a la demanda de evapotranspiración asociada a la lluvia o precipitación efectiva. Por último la Huella Gris se define como el volumen de agua dulce que se requiere para asimilar la carga de contaminantes basados en las normas vigentes de calidad de agua.

Huella del agua en arroz

Dado que la HA es dependiente de la evapotranspiración, la cual es espacialmente variable, se debe definir claramente la zona donde se hace la estimación. Para estimar la huella del agua del arroz se tiene en cuenta que según el Censo 2007, en Chile existen 21.754,9 ha sembradas con arroz, las cuales se concentran principalmente en la Región del Maule, la que abarca cerca del 80% del total nacional, seguida de la Región del Biobío con un 19% de la superficie y con un pequeño porcentaje la Región del Libertador General Bernardo O'Higgins (Figura 1).

Demanda de agua del arroz y fertilización nitrogenada

Como se mencionó anteriormente la Huella del Agua Azul y Verde se basa en la demanda por evapotranspiración del arroz, la cual se calculó a partir de la evapotranspiración potencial mensual obtenida de los Mapas de distritos agroclimáticos de CIREN y los coeficientes de cultivo (kc) adaptados para Chile de acuerdo a la fenología del cultivo. Los kc, llevados a escala mensual, se muestran en el Cuadro 1.

Parte del consumo de agua por la planta proviene de la lluvia y el resto desde el riego. Para diferenciar estos aportes se estimó la precipitación efectiva (agua lluvia), a partir de precipitaciones mensuales de los Distritos Agroclimáticos, utilizando la ecuación:

$$PP_{eff} = \begin{cases} 0.6PP\left[\frac{mm}{mes}\right] - 10 & PP \leq 70 \frac{mm}{mes} \\ 0.8PP\left[\frac{mm}{mes}\right] - 24 & PP > 70 \frac{mm}{mes} \end{cases}$$

Para la fertilización nitrogenada se consideró una dosis de 100 unidades de nitrógeno por temporada. Se asumió que se pierde un 5% del N aplicado por lixiviación. Bajo estas condiciones se supuso que hay un rendimiento esperado de 8 ton/ha.

Cuadro 1. Coeficientes de Cultivo (Kc) para arroz.

Cultivo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Arroz	1.2	1.0	0.2							1.1	1.1	1.1

Resultados de huella hídrica en Chile

El Cuadro 2 presenta los valores de huella hídrica para el cultivo de arroz en comunas de las cuencas de los ríos Maule e Itata. Los cálculos se basaron en el rendimiento del arroz con cáscara (8 ton/ha). La huella azul resultó ser siempre la mayor, reflejando la importancia de riego en este cultivo, además de ser creciente hacia el norte, mientras la huella verde crece hacia el sur, asociado al clima que se presenta más lluvioso.

La huella gris fue calculada en forma similar en toda el área arroceras, considerando una fertilización de 100 U de N por hectárea, y un 5% de pérdidas por lixiviación. La metodología aplicada tiene la limitación de ser muy general, pero es la usada normalmente para este cálculo.

Como era de esperar, la huella total tiende a disminuir hacia el sur, sin variar mayormente en dirección este-oeste, esto asociado a los niveles de evapotranspiración del área arroceras.

La Figura 2 presenta una comparación gráfica de las huellas hídricas por cuenca hidrográfica. En estos gráficos se confirma lo antes indicado. La huella hídrica azul es alta en relación a las huellas verde y gris. La huella total decrece hacia el sur, lo mismo que la huella azul, mientras para la huella verde ocurre lo contrario.

Comparación con situación global

La Figura 3 muestra las huellas hídricas calculadas por el "Water Footprint" de los principales países productores de arroz en relación a los valores obtenido por el INIA en Chile.

De 14 países, Chile se encuentra en el quinto lugar, presentando una huella hídrica total 15% menor al promedio mundial de los países arroceros. La huella verde es la más baja (20% del promedio mundial). Sin embargo, eso se compensa con una huella azul alta

Figura 2. Comparación de la huella hídrica del arroz en cuencas de los ríos Maule e Itata.

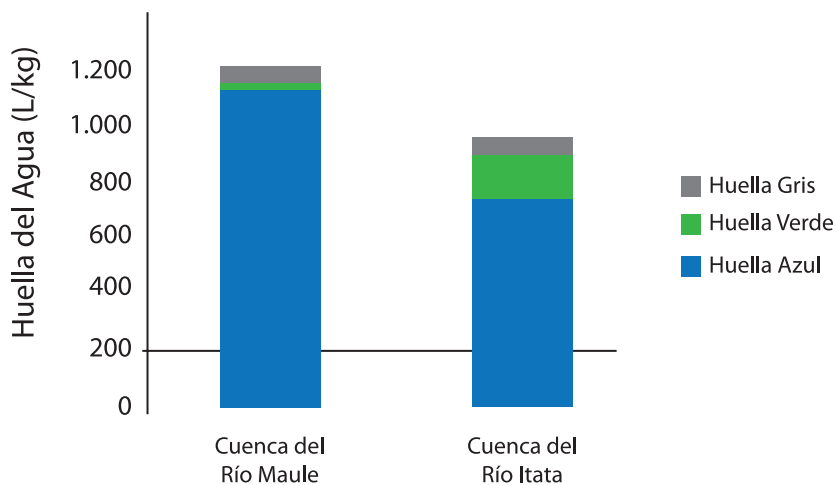
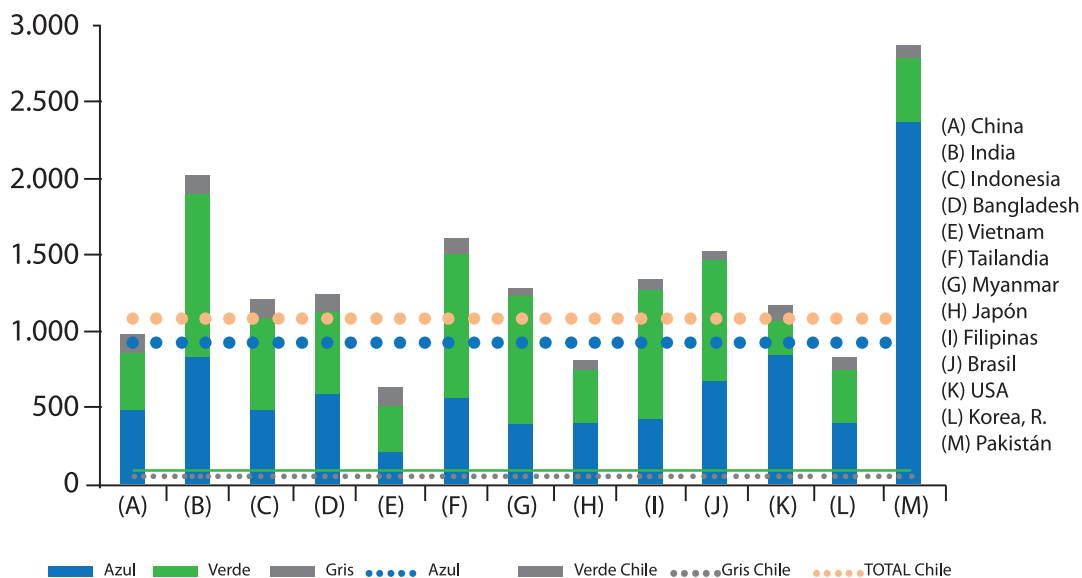


Figura 3. Comparación de huella hídrica del arroz de Chile y los principales países productores.



Comuna	Huella Azul (l/kg)	Huella Verde (l/kg)	Huella Gris (l/kg)	Huella Total (l/kg)
Cuenca del Río Maule				
Talca	1.145,2	17,3	62,5	1.225
Maule	1.131,5	20,5	62,5	1.214
San Javier	1.114,7	12,7	62,5	1.190
Villa Alegre	1.131,1	20,2	62,5	1.214
Yerbas Buenas	1.120,5	10,9	62,5	1.194
Linares	1.132,3	21,2	62,5	1.216
Longaví	1.131,1	21,4	62,5	1.215
Retiro	1.125,1	24,1	62,5	1.212
Parral	1.106,5	24,4	62,5	1.193
Cuenca Río Itata				
San Carlos 1	726,3	164,1	62,5	953
San Carlos 2	754,1	138,8	62,5	955

Cuadro 2. Valores de Huella del Agua para las principales comunas arroceras del país.

(40% mayor al promedio), siendo superado sólo por Pakistán. En ambos casos la explicación sería el clima en que se cultiva el arroz en Chile, además de ser un cultivo de primavera verano en que no hay lluvias.

La huella gris resultó ser una de las más bajas (30% menor que el promedio), explicado por el bajo nivel de lixiviación relacionado al tipo de suelo arroceros de Chile, que presenta baja infiltración y una capa de tosca impermeable a baja profundidad.

Calculadora de huella del agua

Para facilitar la estimación de la HA a nivel de productores y/o asesores técnicos, el INIA desarrolló una Calculadora de Huella del Agua. Se trata de una herramienta simple que permite estimar la HA en cualquier lugar donde exista cultivo, ingresando los parámetros básicos como rendimiento (ton/ha), nivel de fertilización nitrogenada (U/ha) y porcentaje de lixiviación.

La Figura 4 presenta una imagen de la calculadora. Observar que al seleccionar el cultivo arroz aparecen automáticamente valores de rendimiento, fertilización con N y porcentaje de lixiviación predefinidos, los cuales pueden ser cambiados si se cuenta con información más específica. Además, notar que aparece un mapa en colores del área donde se ha cultivado arroz en las últimas temporadas.

La calculadora permite hacer una estimación para puntos determinados del mapa. Por ejemplo, para un productor de Parral se debe pinchar con el cursor del computador sobre Parral y aparecerán los valores de la Huella Azul, Verde, Gris y Total para dicha ciudad (Cuadro al lado derecho), como se ve en la Figura 5. Además, en la tabla inferior aparecen valores de demanda de evapotranspiración del cultivo, precipitación efectiva y requerimientos de riego netos a nivel mensual.

Se puede acceder a la calculadora a través del sitio web <http://iniariego.cl/ha/ha.php>.

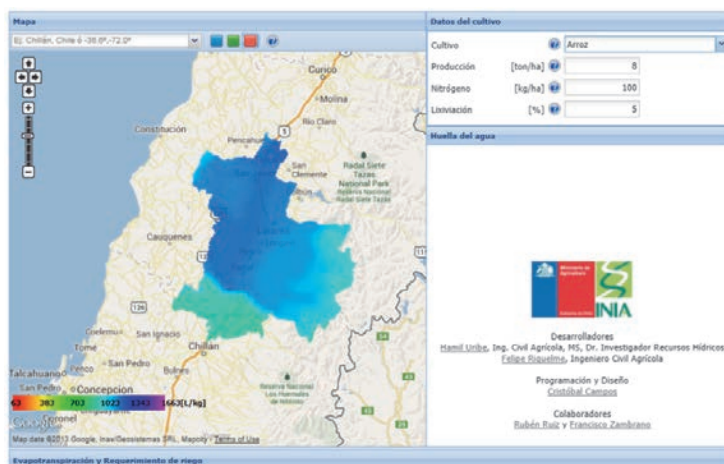
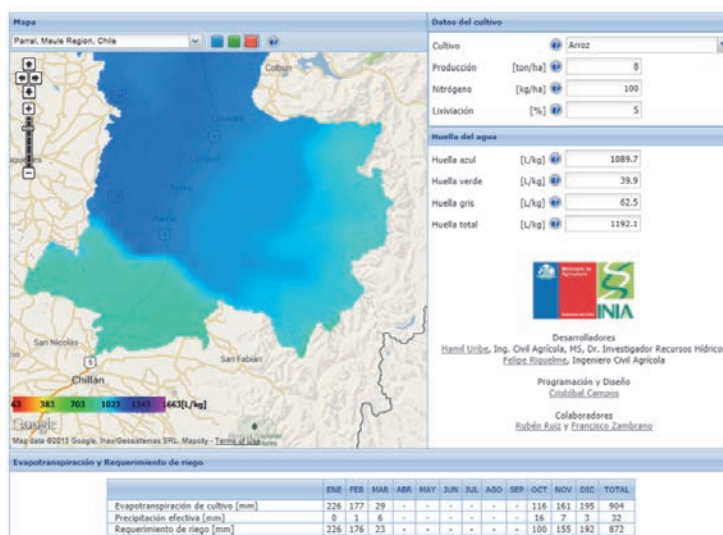


Figura 4. Imagen de la calculadora de HA aplicada en arroz.

Figura 5. Ejemplo de estimación de HA a nivel local (Parral).





Jorge Riquelme

Cosecha mecanizada

Como una manera de apoyar la selección de las máquinas apropiadas y un mejor uso de la maquinaria existente para la cosecha del arroz, se entregan algunas recomendaciones que permitirán reducir las pérdidas de granos a la cosecha o mejorar su calidad.

1. Cosechadoras con molinete recolector en sus cabezales

Para la cosecha de arroz prefiera cosechadoras con molinete recolector.

Este molinete consta de varias varillas que levantan las cosechas que han sido tendidas por el viento o se enredan como el el arroz, ya que las varillas penetran debajo del cultivo a cosechar y lo levantan de manera que la barra de corte pueda llegar abajo del material. Las varillas tienden a juntar suavemente la cosecha madura en lugar de golpearla al interior del sinfín.



Figura 1. Molinete recolector.



Figura 2. Cilindro de dientes rígidos.

2. Tipos de cilindros trilladores

La parte principal de cualquier cosechadora es la sección trilladora. La palabra “trilla” significa sacudir el grano de su cáscara o soltarlo de las panículas como en el caso del arroz. En esta sección más del 90% del grano es separado de la planta. Esta área vital de trabajo afecta toda la operación de la cosechadora, porque si no se logra aquí una trilla adecuada, la cosechadora no desarrollará bien su trabajo.

Principalmente existen dos tipos de cilindros trilladores:

- 1) Cilindros de barras trilladoras.
- 2) Cilindros de dientes rígidos (Figura 2).

Los cilindros de dientes rígidos se utilizan casi exclusivamente en arroz o poroto. Estos dientes Trituran y rasgan el material en lugar de friccionarlo y sacudirlo como lo hace un diseño de barras trilladoras. En la medida que gira el cilindro, sus dientes pasan entre los dientes estacionarios del cóncavo, lo que causa la acción trilladora.

Los dientes son de acero sujetos a barras metálicas. El cóncavo también tiene dientes. De esta manera, la unidad de cilindro de diente rígido es más agresiva que otros tipos de cilindro, y puede recibir y procesar un volumen mayor de material.

3. Humedad del grano y estado de planta

El arroz es cosechado directamente con la cosechadora. Es un grano difícil de trillar. En este sentido, se debe considerar la humedad del grano a cosecha y el estado de la planta a cosecha. El arroz debe ser trillado con un 18 a 20% de humedad para evitar que se rompa con el sol. Las plantas tendidas se enredan con mayor facilidad, lo cual hace más difícil su cosecha.

4. Ajuste de operación de la cosechadora

El agricultor debe reconocer en el campo signos de una operación deficiente de una cosechadora.

En el caso del arroz se sugiere efectuar los siguientes ajustes en las respectivas secciones de la cosechadora automotriz:

- a) Velocidad de cilindro: la velocidad del cilindro debe variar entre 700-900 rpm, dependiendo de la humedad del grano.
- b) Separación entre el cilindro y el cóncavo: la separación debe ser de 2 a 12 mm.
- c) Abertura del “zarandón”: la apertura debe estar entre 16 y 19 mm.

- d) Abertura de la zaranda: la abertura debe ser entre 8 y 10 mm.
- e) Altura del molinete: la altura del molinete generalmente se ajusta de manera que las tabletas del molinete toquen la cosecha aproximadamente en un punto medio entre el punto de corte y la parte superior de las plantas. La altura del molinete en cosecha tendida debe ser lo más baja posible, de manera que las varillas puedan levantar el material y entregarlo a la barra de corte (Figura 3).
- f) Velocidad del molinete: si la velocidad del molinete es correcta, con esta posición se logrará que la cosecha caiga inmediatamente dentro de la plataforma al ser cortada. El molinete debe girar 25% más rápido que el avance de la cosechadora. Si la velocidad es mayor, se puede desgranar el arroz de la panícula, o la cosecha puede ser empujada al suelo antes de ser cortada.
- g) Posición delantera del molinete: la posición delantera del molinete deberá ser aproximadamente 30 cm al frente de la barra de corte, de manera que la cosecha sea levantada antes de entrar en contacto con la barra de corte.

5. Determinación de la capacidad de trabajo

Calculando el número de hectáreas por hora que una cosechadora puede rendir, el agricultor sabrá el tiempo que le tomará cosechar totalmente sus potreros.

Para determinar la capacidad efectiva de trabajo de una máquina se emplea la siguiente relación:

$$CET = \frac{A * V * EF}{1000}$$

Donde: CET = Capacidad Efectiva de Trabajo (ha/h)
A = Ancho de trabajo de la máquina (m)
V = Velocidad de trabajo (km/h)
EF = Eficiencia de trabajo (%)

Entonces, si tenemos una máquina con una plataforma de corte de 3,9 m de ancho, y cosechando arroz trabaja a una velocidad de 3 km/h con una eficiencia del 70%, entonces se obtiene:

$$CET = \frac{39 * 3 * 70}{1000}$$

$$CET = 0,82 \text{ ha/h}$$



Figura 3. Molinete recolector en cosechas tendidas.

Cuadro 1. Índice de alimentación estimado en la cosecha del arroz para diferentes cosechadoras.

Ancho cilindro (m)	Potencia Motor (HP)	Índice Alimentación (ton /h)
0.9	99	6,3
1.0	110	7
1.1	121	7,7
1.2	132	8,4
1.3	143	9,1
1.4	154	9,8

También podríamos determinar la capacidad diaria de la cosechadora trabajando 10 h al día como 8,2 ha/día.

En el ejemplo anterior se ha estimado una velocidad de avance de la cosechadora de 3 km/h, en forma totalmente arbitraria.

La velocidad de avance de una cosechadora es uno de los factores más importantes a tener en cuenta para el eficiente funcionamiento de las mismas. De allí la necesidad de ajustarla de acuerdo al tamaño de la máquina, el ancho del cabezal de corte y el rendimiento y las condiciones del cultivo.

En la medida que aumenta la velocidad de trabajo se incrementan las pérdidas de grano.

A altas velocidades el manejo se hace más difícil y se llega con mayor rapidez al cansancio del operador. Se requiere más potencia del motor para mover la cosechadora, lo que significa que existe menos potencia disponible para accionar los distintos mecanismos de corte, trilla, separación y limpieza.

El tamaño de una cosechadora está dado, principalmente, por el ancho del cilindro trillador, que es la medida que condiciona el resto de los mecanismos de la máquina. Si el cilindro es más ancho también serán más anchos los “saca pajas” y las zarandas de limpieza. También admitirá un mayor ancho de corte. Por supuesto, la potencia del motor tendrá que ser acorde con el ancho del cilindro trillador y el resto de las partes.



Figura 4. Orugas para el tránsito de cosechadoras en arroz.

Cuanto más ancho es el cilindro y más potente el motor, mayor será la cantidad de material (grano, paja, maleza, etc.) que la máquina podrá procesar en la unidad de tiempo expresado en ton/h. Este último valor se denomina “índice de alimentación”.

En el Cuadro 1 se muestran valores estimados de índice de alimentación en función del ancho del cilindro de la cosechadora y la potencia del motor.

Toda cosechadora tiene una capacidad de trilla que puede medirse por las toneladas de grano y paja que puede procesar por hora, sin que las pérdidas de cosecha superen ciertos límites considerados como normales.

La capacidad efectiva de trabajo de una máquina automotriz depende, entonces, del índice de alimentación y el rendimiento del cultivo a través de la siguiente expresión:

$$CET' = \frac{IA * EF}{RC * 100}$$

Donde: CET' = Capacidad efectiva de trabajo (ha/h)
 IA = Índice de alimentación (ton/h)
 EF = Eficiencia de trabajo (%)
 RC = Rendimiento del cultivo (ton/ha)

Entonces, si la cosechadora tiene un cilindro de 1,04 m de ancho y la potencia del motor es de 123 HP, según el cuadro anterior su índice de alimentación corresponderá aproximadamente a 7,7 ton/h. Supon-

gamos que el rendimiento del cultivo en el caso del arroz corresponda a 7,5 ton/ha entonces:

$$CET' = \frac{7,7 * 0,7}{7,5}$$

CET' = 0,72 ha/h, trabajando 10 h/día sería capaz de cosechar 7,2 ha/día.

Si relacionamos CET' con CET tendríamos la siguiente expresión:

$$\frac{IA * EF}{RC * 100} = \frac{A * V * EF}{1000}$$

Simplificando y despejando la velocidad tenemos la siguiente expresión:

$$V = \frac{IA * 10}{A * RC}$$

Entonces, para el ejemplo tenemos:

$$V = \frac{7,7 * 10}{3,9 * 7,5} = 2,6 \text{ km/h}$$

En función a las características técnicas de la máquina y el rendimiento del cultivo, la velocidad de avance debería ser de 2,6 km/h.

5. Otros ajustes

Dada las condiciones de trabajo de las cosechadoras en arroz, en suelos muy arcillosos y con alta humedad, es necesario considerar la utilización de orugas (Figura 4).



Jorge González
Julieta Parada
Mario Paredes

Evaluación económica y productiva

La actividad agrícola de la zona centro sur, regiones de Maule y BíoBío está inserta en escenarios de fuerte competencia y presión por el uso más adecuado y rentable de los recursos. El cultivo del arroz, que otorga identidad a sectores de la zona sur de Maule y la Provincia de Ñuble, en BíoBío, no escapan a la situación macro indicada, realidad que obliga al rubro, básicamente sustituidor de importaciones, a una dinámica de adecuación y adopción de innovaciones tecnológicas. También obliga a incorporar más capacidades técnicas y económicas, que permitan avanzar en competitividad, con niveles de beneficio atractivos, y menor riesgo del capital financiero, físico y humano requerido. Por otra parte, contrastando diversos antecedentes e información disponible, es claro que aún existe una brecha tecnológica entre el manejo técnico que segmentos de productores arroceros realizan, y la tecnología que instituciones como INIA investigan y generan, con un comportamiento económico interesante.

Este capítulo busca contribuir a mejorar las perspectivas del arroz, entregando información económica orientadora, bajo un enfoque de ordenamiento y análisis de estándares o fichas técnico-económicas que favorecen evaluar más objetivamente resultados esperados, y proporcionar a los productores mejores antecedentes de análisis para sus decisiones.

Primero se presenta un resumen de los Indicadores Económicos más utilizados, con la aplicación de un ejemplo real de producción de arroz, y en segundo lugar un estudio de sensibilización de las modalidades: i) siembra convencional con mínima mecanización, ii) convencional mecanizado (avión), y iii) siembra en seco con un manejo mecanizado. Luego, se determinó y analizó en detalle el comportamiento económico de tres estándares de manejo técnico del arroz con la variedad Zafiro-INIA, estudio que formó parte



Convenio subsecretaría del Ministerio de Agricultura - programa Arroz INIA, en tres modalidades de manejo (a) siembra convencional con mínima mecanización, (b) convencional mecanizado (avión) y (c) siembra en seco. La información técnica y económica propuesta se sistematizó en estándares dinámicos en una base de datos elaborados por INIA. El manejo estuvo basado en recomendaciones INIA y juicios de expertos.

Cada estándar posee una sección de Labores, Insumos, Costo Fijo y Rendimiento, y un Informe Económico con indicadores de costo, ingreso, margen, Relación Beneficio/Costo, y Costo Unitario. Con ello se determinaron resultados para sustentar el potencial de competitividad que posee el país, basado en tres ejes: variedades modernas, manejo tecnológico y económico eficientes, y transferencia de tecnología. Asimismo, el presente trabajo entrega información económica orientadora al abordar la sensibilización económica de la información relevante generada en estudio I, permitiendo más claridad respecto el comportamiento económico esperado en variables económicas claves, en tres modalidades de manejo técnico de la variedad Zafiro-INIA. De estudios previos se utilizó información de los estándares técnico-económicos dinámicos de la base de datos, realizando una sensibilización de Hertz o multidimensional que, que permitió evaluar diferentes niveles de las variables precio producto y rendimiento esperado. Luego, con la sensibilización fue factible visualizar el comportamiento económico ante escenarios de diferente grado de oportunidad o amenaza y, adicionalmente, atenuar la “rigidez” que posee un análisis sólo con valores medios o únicos de variables relevantes.

1. Generación de Indicadores Económicos en Arroz: evalúe su gestión productiva.

El resultado final de una gestión de producción de arroz, igual que otros cultivos, es altamente dependiente de un manejo tecnológico aplicado adecuado, y de niveles de eficiencia económica alcanzados, que permitan mejorar la competitividad y facilitar la permanencia en el negocio arrocero. Sin embargo, desde la perspectiva económica, producir sólo genera costos y, paralelamente, el ingreso de dinero sólo se concreta cuando la comercialización del arroz es efectuada. Luego, es claro que todo análisis global de la gestión de producción de arroz requiere generar, conocer y

analizar indicadores económicos. En el Cuadro 1 se presenta un esquema resumido de indicadores económicos, sus definiciones y criterio de cálculo, para establecer una evaluación económica del arroz producido y comercializado. En el Cuadro 2 se presenta un ejercicio con los indicadores descritos previamente valorizados. Luego, se establece una interpretación tipo del resultado obtenido.

Interpretación

El rendimiento de grano de arroz producido y comercializado, 70 qqm/ha, generó un costo total operacional (CT) superior a \$700.000/ha. De este costo, los costos variables (CV) representaron un 90%; luego, el costo fijo (CF) tuvo menor importancia en este sistema. El ingreso bruto (IB) obtenido, una vez efectuada la comercialización, (\$1.250.000/ha) permitió un margen bruto operacional (MB) superior a \$500.000/ha. La eficiencia económica obtenida se caracteriza por una relación beneficio costo (B/C) de 1,7; una utilidad (U) operacional de 75%, un costo unitario (CU) de producción comercializada superior a \$10.000/ha. El comportamiento económico se presenta medianamente atractivo, si se compara con otras evaluaciones económicas.

2. Arroz Zafiro-INIA bajo tres sistemas de manejo agronómico. Sensibilización económica de Hertz

Las modalidades evaluadas fueron (a) siembra convencional con mínima mecanización que incluyó labores de preparación de suelo y cosecha mecanizadas, y uso animal y aplicaciones a mano en labores de siembra inundada, control de malezas y otras, (b) convencional mecanizada donde no hubo uso animal ni aplicaciones a mano, solo siembra en avión, control de malezas y fertilización post siembra; y (c) siembra en seco con un manejo mecanizado que partió con siembra con máquina cerealera y/o cero labranza.

La información se sistematizó en fichas o estándares técnico-económicos dinámicos en un programa computacional. El manejo agronómico considerado estuvo basado en recomendaciones de INIA complementado con opiniones de expertos en el rubro. Este trabajo se basó en la información generada por la unidad de economía y gestión de INIA Quilamapu y en los estándares e indicadores de resultado económico generado por esta unidad.

Cuadro 1. Indicadores, definiciones y criterio de cálculo para evaluar económicamente arroz.

Indicadores Económicos	Definición	Criterio de Cálculo
Costos Variables (C.V.)	Asociado a gasto de dinero, incluyendo costos de labores, insumos e imprevistos. Está directamente relacionado con un nivel de producción dado de arroz. A mayor producción de arroz, mayores costos variables.	$C.V. = \text{Precio Labores} \times \text{Cantidades Labores} + \text{Precio Insumos} \times \text{Cantidades Insumos}$ Ítems: semillas, fertilizantes, pesticidas, mano obra, uso maquinaria, tratos, fletes, imprevistos, administración, otros.
Costo Fijo (C.F.)	Costo relacionado con un sistema de producción de arroz, que no cambia con las variaciones de la cantidad de arroz producido. Lo anterior bajo un rango de escala (tamaño predio) y de tiempo o plazo (temporada arroz).	$C.F. = \text{Suma de los ítems de costo fijo identificado en escala y plazo dado.}$ Ítems: contabilidad, derechos agua, administración, servidumbres, contribuciones, seguros, arriendos, asistencia técnica, interés al capital, mantención y depreciación activos, otros.
Costo Total Operacional (C.T.)	Suma de todos los valores (\$) de los gastos y costos incurridos para generar arroz comercializable. Incluye todos los costos variables del sistema y el costo fijo asociado a éste.	$C.T. = \text{Suma de Costos Variables (C.V.) y Costo Fijo (T.C.) , valorizados.}$
Ingreso Bruto (I.B.)	Valor de la producción en términos monetarios (\$). Considera dos factores: la cantidad producida comercializable de arroz y el precio unitario (\$/qqm) del grano.	$IB = \text{Multiplicar el precio (\$) del quintal (Qqm) de arroz, por el total de quintales comercializados.}$
Margen Bruto Operacional (M.B.)	Es la nueva riqueza (\$) generada por el plan de producción de arroz ejecutado. Relaciona el costo total operacional generado y el ingreso bruto obtenido.	$MB = \text{Restar al ingreso bruto (IB) el costo total operacional (CT).}$
Relación B/C	Indica los pesos (\$) que retornan a un sistema arrocerero por cada peso (\$) gastado y/o invertido y/o costeado en el proceso productivo. Determina el retorno de dinero factible de obtener (o esperado) dado un nivel de costo o gasto.	$B/C = \text{Dividir el ingreso bruto (IB) por el costo total operacional (CT).}$

Este artículo abordó la sensibilización económica de la información relevante generada anteriormente, dando más claridad respecto al comportamiento económico esperado en respuesta a cambios en variables económicas claves. El rendimiento valorizado consideró el potencial de Zafiro-INIA menos una proporción por (a) los estándares son una situación “media” y (b) brecha tecnológica. En cada manejo se realizó una sensibilización de Herz o multidimensional, variando precio producto y rendimiento esperado, expresando los cambios en términos de los indicadores de resultado económico, en valores absolutos y relativos (base 100 = precio y rendimiento del estándar inicial). En cada variable se evaluaron tres niveles. En precio producto se evaluó el precio del estándar inicial y los precios obtenidos al sumar y restar a aquel una desviación estándar desde la serie de precios mensual 2008-2011 de la industria molinera, en pesos de enero de 2013. En rendimiento se evaluó el valor del estándar

inicial y la producción obtenida, sumándole y restándole un 10%, respectivamente. Con ello se determinó variaciones interesantes de considerar cuando cambian los niveles de variables económicas relevantes, que permiten sustentar mejor la variabilidad que puede poseer el potencial competitivo del arroz en Chile.

Resultados de la modalidad Siembra Convencional y Mínima Mecanización

Con sensibilización a un escenario optimista, es decir, mayor rendimiento de 77qqm/ha y un precio de \$20.211, el ingreso bruto alcanzó \$1.600.000. En cambio, en un escenario, con un precio de \$16.064 y rendimiento de 63 qqm/ha, el ingreso fue de \$1.000.000. Con el mejor escenario los niveles para margen bruto, relación B/C y costo unitario fueron \$840.000, 2,2 y \$9.200, respectivamente; sin embargo, para el escenario más pesimista fueron de

Indicador Económico	Valor Monetario
Costos Variables (CV), \$/ha	640.000
Costo Fijo (CF), \$/ha	75.000
Costo Total Operacional (CT), \$/ha	715.000
Ingreso Bruto (IB), \$/ha ; [70 qqm/ha]	1.250.000
Margen Bruto Operacional (MB), \$/ha	535.000
Relación B/C	1,7
Costo Unitario (CU), \$/qqm	10.214
Utilidad Operacional (U), %	75

Cuadro 2. Ejercicio de Indicadores económicos de producción de arroz valorizados.

\$303.000, 1,43 y \$11.250, respectivamente. En términos de cambio relativo (combinación \$18.138 - 70qqm = Base 100), el ingreso bruto osciló entre 80 (pesimista) y 123 (optimista). El margen bruto se afectó más, y osciló entre 54 y 151. La relación B/C entre 80 y 123, y el costo unitario entre 91 (optimista) y 111 (pesimista). El punto de corte del rendimiento, en que el margen bruto y la utilidad se hacen cero, y las relaciones B/C y C/B valen uno, es con 44 qqm, 39 qqm y 35 qqm, para los precios \$16.064, \$18.138, y \$20.211, respectivamente (Cuadro 1).

Modalidad siembra convencional y mecanizado (avión)

En un escenario optimista, es decir, con un rendimiento estimado de 83 qqm/ha y un precio de \$20.211, el ingreso bruto alcanzó \$ 1.650.000; en cambio, en escenario con precio de \$16.064) y un rendimiento simulado de 67 qqm/ha, el ingreso fue levemente superior a \$1.070.000.

En términos de margen bruto, relación B/C y costo unitario, las cifras bajo un escenario optimista fueron de \$845.000, 2,0 y \$10.000, respectivamente; en cambio, las cifras bajaron a \$245.000, 1,29 y \$12.400, respectivamente, en un escenario más pesimista.

Respecto al cambio relativo, el ingreso bruto osciló entre 79 (pesimista) y 123 (optimista), el margen bruto se afectó fuertemente y osciló entre 46 y 160, la relación B/C entre 79 y 123, y el costo unitario entre 90 (optimista) y 112 (pesimista). El punto de corte del rendimiento fue 52 qqm/ha, 46 qqm/ha y

41 qqm/ha, para los precios \$16.064, \$18.138, y \$ 20.211, respectivamente; con niveles de rendimiento superiores, y por tanto más exigente en términos de eficiencia productiva, que un manejo con mínima mecanización (Cuadro 2).

Modalidad Siembra en seco y en superficies limitada

En la sensibilización a un escenario optimista, es decir con mayor rendimiento (83 qqm/ha) y mejor precio proyectado (\$20.211), el ingreso bruto superó levemente el \$1.650.000; en cambio, con escenario de menor precio (\$16.064) y menor rendimiento simulado (67 qqm/ha), el ingreso fue del orden de \$1.050.000.

Respecto al margen bruto, relación B/C y costo unitario con escenario optimista, las cifras obtenidas en la sensibilización fueron \$830.000, 2,0 y \$10.125, respectivamente; en cambio, las cifras bajaron a \$ 235.000, 1,28 y \$10.100, respectivamente, en un escenario más pesimista.

En términos relativos, el ingreso bruto fluctuó entre 79 (pesimista) y 123 (optimista), el margen bruto fue más sensible y varió entre 45 (pesimista) y 161 (optimista), la relación B/C entre 79 y 123 (optimista), y con un costo unitario entre 90 y 112 (pesimista). El punto de corte del rendimiento fue de 52 qqm, 46 qqm y 41 qqm, para los precios \$16.064, \$18.138, y \$20.211 (optimista), respectivamente; con niveles de rendimiento mínimo o de corte similares a los exigidos por la alternativa con mecanización (avión), y mayores a los registrados por el manejo con mínima mecanización (Cuadro 3).

CAMBIO ABSOLUTO

Indicador: Ingreso Bruto, \$/ha

PRECIO, \$/qqm	Rendimiento, qqm/ha		
	63	70	77
20.211	1.273.293	1.414.770	1.556.247
18.138	1.142.694	1.269.660	1.396.626
16.064	1.012.032	1.124.480	1.236.928

Indicador: Margen Bruto Operacional, \$/ha

PRECIO, \$/qqm	Rendimiento, qqm/ha		
	63	70	77
20.211	564.327	705.804	847.281
18.138	433.728	560.694	687.660
16.064	303.066	415.514	527.962

Indicador: Relación B/C

PRECIO, \$/qqm	Rendimiento, qqm/ha		
	63	70	77
20.211	1,80	2,00	2,20
18.138	1,61	1,79	1,97
16.064	1,43	1,59	1,74

Indicador: Costo Unitario \$/qqm

PRECIO, \$/qqm	Rendimiento, qqm/ha		
	63	70	77
20.211	11.253	10.128	9.207
18.138	11.253	10.128	9.207
16.064	11.253	10.128	9.207

CAMBIO RELATIVO

Indicador: Ingreso Bruto, \$/ha

PRECIO, \$/qqm	Rendimiento, qqm/ha		
	63	70	77
20.211	100	111	123
18.138	90	100	110
16.064	80	89	97

Indicador: Margen Bruto Operacional, \$/ha

PRECIO, \$/qqm	Rendimiento, qqm/ha		
	63	70	77
20.211	101	126	151
18.138	77	100	123
16.064	54	74	94

Indicador: Relación B/C

PRECIO, \$/qqm	Rendimiento, qqm/ha		
	63	70	77
20.211	101	112	123
18.138	90	100	110
16.064	80	89	97

Indicador: Costo Unitario \$/qqm

PRECIO, \$/qqm	Rendimiento, qqm/ha		
	63	70	77
20.211	111	100	91
18.138	111	100	91
16.064	111	100	91

Conclusiones

- En el mejor escenario, el ingreso bruto alcanzó a \$1.500.000/ha en la modalidad convencional con mínima mecanización. En mecanizado, con avión, este valor fue cercano a \$ 1.700.000/ha. En cambio, bajo un escenario más pesimista el ingreso alcanzó al menos un millón de pesos lo que, bajo este indicador, sigue siendo un comportamiento relativamente atractivo.
- Como indicador más preciso de riqueza, el margen bruto en escenarios pesimistas alcanzó cifras desde \$235.000/ha en manejo con siembra en seco hasta \$300.000/ha en siembra convencional y mínima mecanización. Paralelamente, con una sensibiliza-

ción optimista el margen alcanzó a \$845.000/ha con manejo convencional (avión) y de \$830.000/ha con siembra en seco; sin embargo, estas cifras no son significativamente diferentes.

- En términos de eficiencia económica, la relación B/C presentó, bajo un escenario optimista, valores que fluctuaron entre 2.2 y 2.0 para siembra convencional con mínima mecanización y siembra en seco, respectivamente. Bajo escenario pesimista, las cifras calculadas estuvieron entre 1.43 y 1.29 para los mismos manejos antes indicados. Las cifras determinadas no presentan diferencias

importantes, lo que puede indicar que las alternativas más mecanizadas no presentan aún su mayor potencial económico.

- Como orientador de competitividad del rubro, el costo unitario, bajo un escenario optimista, logró su valor más atractivo con un manejo convencional de mínima mecanización, que alcanzó los \$9.200/qqm y de \$10.130/qqm con siembra en seco. El manejo convencional, con uso de avión, tuvo un comportamiento intermedio, lo que implica la obtención de un mayor rendimiento de grano para

justificar la adopción de este cambio tecnológico.

- La sensibilización determinada demostró que variando precios y/o rendimiento, es factible generar diferencias importantes en los indicadores económicos de un sistema de manejo determinado. Por ejemplo, con mínima mecanización el margen bruto varió de 46 a 160, según el escenario pesimista u optimista, y con el estándar inicial como base 100. El costo unitario, es el indicador con menos cambio relativo, fluctuando entre 90 y 112 para escenarios optimistas y pesimistas respecti-

CAMBIO ABSOLUTO

Indicador: Ingreso Bruto, \$/ha			
Rendimiento, qqm/ha			
PRECIO, \$/qqm	67	75	83
20.211	1.354.137	1.515.825	1.556.247
18.138	1.142.694	1.360.350	1.505.454
16.064	1.076.288	1.204.800	1.333.312

Indicador: Margen Bruto Operacional, \$/ha			
Rendimiento, qqm/ha			
PRECIO, \$/qqm	67	75	83
20.211	521.623	683.311	844.999
18.138	382.732	527.836	672.940
16.064	243.774	372.286	500.798

Indicador: Relación B/C			
Rendimiento, qqm/ha			
PRECIO, \$/qqm	67	75	83
20.211	1,63	2,82	2,01
18.138	1,46	1,64	1,81
16.064	1,29	1,45	1,60

Indicador: Costo Unitario \$/qqm			
Rendimiento, qqm/ha			
PRECIO, \$/qqm	67	75	83
20.211	12.426	11.100	10.030
18.138	12.426	11.100	10.030
16.064	12.426	11.100	10.030

CAMBIO RELATIVO

Indicador: Ingreso Bruto, \$/ha			
Rendimiento, qqm/ha			
PRECIO, \$/qqm	67	75	83
20.211	100	111	123
18.138	89	100	111
16.064	79	89	98

Indicador: Margen Bruto Operacional, \$/ha			
Rendimiento, qqm/ha			
PRECIO, \$/qqm	67	75	83
20.211	99	129	160
18.138	73	100	127
16.064	46	71	95

Indicador: Relación B/C			
Rendimiento, qqm/ha			
PRECIO, \$/qqm	67	75	83
20.211	99	111	123
18.138	89	100	110
16.064	79	88	98

Indicador: Costo Unitario \$/qqm			
Rendimiento, qqm/ha			
PRECIO, \$/qqm	63	70	77
20.211	112	100	90
18.138	112	100	90
16.064	112	100	90

Cuadro 2. Análisis de sensibilidad a precio producto y rendimiento en siembra convencional mecanizado. Cambios absoluto y relativo.

vamente. No hay diferencias en este cambio entre sistemas de manejo.

- Los sistemas de manejo más mecanizados, con los valores de rendimiento y precio, mostraron leve o moderada superioridad económica respecto de mínima mecanización, lo que indica que la tecnologización del cultivo del arroz requiere, como contrapartida, asegurar rendimientos más elevados (variedad con semilla certificada y manejo

adecuado), precios más atractivos (calidad industrial de grano) para alcanzar una eficiencia económica potencial.

- El análisis de sensibilización demostró ser de gran utilidad para generar información más flexible y amplia, para apoyar la toma de decisiones del sector y, en especial, de los productores arroceros.

CAMBIO ABSOLUTO

Indicador: Ingreso Bruto, \$/ha			
	Rendimiento, qqm/ha		
PRECIO, \$/qqm	67	75	83
20.211	1.354.137	1.515.825	1.677.513
18.138	1.215.246	1.360.350	1.505.454
16.064	1.076.288	1.204.800	1.333.312

Indicador: Margen Bruto Operacional, \$/ha			
	Rendimiento, qqm/ha		
PRECIO, \$/qqm	67	75	83
20.211	513.501	675.189	836.877
18.138	374.610	519.714	664.818
16.064	235.652	364.164	492.676

Indicador: Relación B/C			
	Rendimiento, qqm/ha		
PRECIO, \$/qqm	67	75	83
20.211	1,61	1,80	2,00
18.138	1,45	1,62	1,79
16.064	1,28	1,43	1,59

Indicador: Costo Unitario \$/qqm			
	Rendimiento, qqm/ha		
PRECIO, \$/qqm	67	75	83
20.211	12.547	11.208	10.128
18.138	12.547	11.208	10.128
16.064	12.547	11.208	10.128

CAMBIO RELATIVO

Indicador: Ingreso Bruto, \$/ha			
	Rendimiento, qqm/ha		
PRECIO, \$/qqm	67	75	83
20.211	100	111	123
18.138	89	100	111
16.064	79	89	98

Indicador: Margen Bruto Operacional, \$/ha			
	Rendimiento, qqm/ha		
PRECIO, \$/qqm	67	75	83
20.211	99	130	161
18.138	72	100	128
16.064	45	70	95

Indicador: Relación B/C			
	Rendimiento, qqm/ha		
PRECIO, \$/qqm	67	75	83
20.211	100	111	123
18.138	90	100	111
16.064	79	89	98

Indicador: Costo Unitario \$/qqm			
	Rendimiento, qqm/ha		
PRECIO, \$/qqm	63	70	77
20.211	112	100	90
18.138	112	100	90
16.064	112	100	90

Cuadro 3. Análisis de sensibilidad a precio producto y rendimiento en siembra en seco. Cambios absoluto y relativo.

Julieta Parada
 Mario Paredes
 Viviana Becerra
 Gabriel Donoso,
 Javier Chilian
 Fernando Saavedra

Validación de la tecnología INIA

En las últimas tres temporadas INIA reforzó sus actividades de transferencia de tecnología, para lo cual adoptó una serie de acciones que incluyeron: siembra de parcelas demostrativas, días de campo, asistencia a exposiciones y ferias agrícolas, charlas, seminarios, talleres técnicos, visita de científicos extranjeros, y desarrollo de un sitio web (www.chilearroz.cl) con el propósito de difundir los últimos conocimientos técnicos logrados en el país y el extranjero. Estas actividades se realizaron con la cooperación de INDAP y sus equipos de extensión (SAT y Prodesal), Asociaciones de Agricultores, Fundación Chile, y el co-financiamiento de la subsecretaría de Agricultura, Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondef), Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (Fondecyt), Programa de Cooperación Internacional, Conicyt (Apoyo a la Formación de Redes Internacionales entre Centros de Investigación, 2012), y las Empresas Tucapel S.A, Carozzi S.A, y BASF-Chile.



Parcelas demostrativas

Durante los últimos años el programa de arroz de INIA estableció un total de 19 parcelas demostrativas en campos de agricultores, seis en la temporada 2011/2012 y trece en 2012/2013. El objetivo general del establecimiento de estas parcelas fue demostrar el uso de prácticas agronómicas recomendadas.

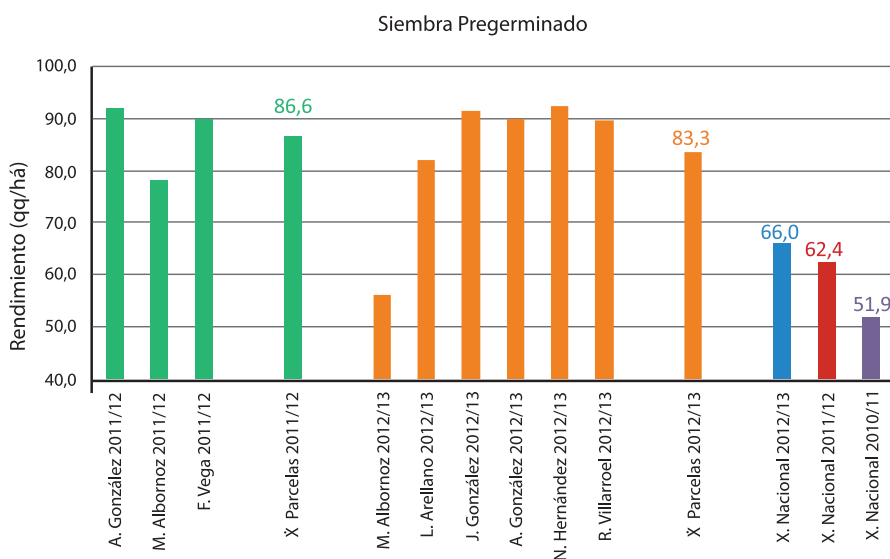
La metodología de trabajo consistió en enfatizar el uso de algunas de las prácticas agronómicas recomendadas como: preparación de suelos, sistema de siembra (convencional o siembra directa), uso de semilla certificada, fertilización de acuerdo al análisis de suelo, y un adecuado control de malezas. La superficie de cada parcela demostrativa fue de una hectárea. Durante el primer año, INIA proporcionó el análisis químico de suelo, 150 kg de semilla certificada Zafiro-INIA y complementó la recomendación de la fertilización y el control de malezas del agricultor, en el caso que se presentaran diferencias a lo recomendado. En el segundo año, INIA entregó a los agricultores todos los insumos necesarios para establecer dichas parcelas, vale decir, semilla certificada, desinfectante de semillas para las siembras directas, fertilizantes (urea, muriato de potasio y superfosfato triple), herbicidas para barbecho químico y post-emergentes. Asimismo, se facilitó el uso de maquinaria agrícola del programa arroz, especialmente para las siembras directas

(tractor, trompo abonador, pulverizador hidráulico, rotofresadora y sembradora).

Resultados

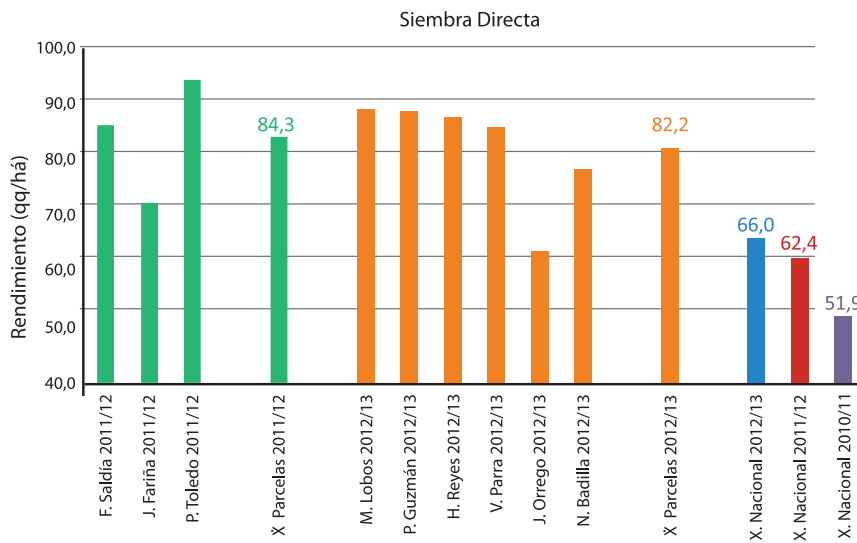
Rendimiento con el sistema de siembra convencional

Durante las temporadas 2011/2012 y 2012/2013 se sembró un total de nueve parcelas demostrativas bajo el sistema de siembra convencional, vale decir, utilizando semilla pre-germinada en suelo inundado. Para este sistema de siembra, los resultados de las tres parcelas demostrativas de la temporada 2011/2012, presentaron un rendimiento promedio de 86,6 qqm/ha, mientras que en la temporada 2012/2013 el promedio de las seis parcelas restantes fue de 83,6 qqm/ha, (Figura 1). El menor rendimiento (56 qqm/ha) de la temporada 2012/2013 se debió a que el terreno tenía una enorme presión de malezas debido al monocultivo interrumpido del potrero, por más de veinte años. Los rendimientos promedios (86,6 y 83,6 qqm/ha) obtenidos en las dos últimas temporadas, son superiores al rendimiento promedio nacional, alcanzado en las últimas tres temporadas, es decir, temporada 2010/2011 (51,9 qqm/ha), temporada 2011/2012 (62,4 qqm/ha) y al rendimiento de 62,1 qqm/ha de la temporada 2012/2013 (Figura 1).



X: promedio

Figura 1. Rendimiento (qqm/ha) en grano de arroz de las parcelas demostrativas con el sistema de siembra convencional (semilla pre-germinada), comparado con los promedios nacionales. Temporadas 2010/2011 y 2012/2013.



X: promedio

Figura 2. Rendimiento (qqm/ha) en grano de arroz de las parcelas demostrativas con el sistema de siembra directa, comparado con los promedios nacionales. Temporadas 2010/2011 y 2012/2013.

Rendimiento (qqm/ha) con el sistema de siembra directa

Durante este período se estableció un total de 9 parcelas demostrativas bajo el sistema de siembra directa. En la temporada 2011/2012 el rendimiento promedio de tres parcelas demostrativas fue de 84,3 qqm/ha, observándose un rango de rendimiento entre 72 y 92 qqm/ha (Figura 2). Mientras que en la temporada 2012/2013 el rendimiento promedio de las seis parcelas restantes fue de 82,2 qqm/ha, con un rango de variación de 64 a 90 qqm/ha (Figura 2). El menor rendimiento (64 qqm/ha) obtenido en la parcela demostrativa, en la temporada 2012/2013, se debió a una baja dosificación de semilla por problemas técnicos con la máquina sembradora que provocó una menor población de plantas por metro cuadrado en la siembra.

Los resultados de estas temporadas, en los dos sistemas de siembra, demostraron que es posible obtener similares rendimientos con la siembra convencional y con la siembra directa (Figura 1 y 2).

Dentro de la temporada 2012/2013 se establecieron, además, dos parcelas demostrativas utilizando el sistema de siembra directa con mínima labor de preparación de suelo (ML), para su comparación con la

siembra directa (SD) con preparación convencional del suelo, con dos dosis de semilla, 90 kg/ha y 130 kg/ha.

Los resultados obtenidos en las dos parcelas de siembra directa con mínima preparación de suelo (ML), mostraron un menor rendimiento a la siembra directa con preparación convencional de suelo, para ambas dosis de semilla. Además, con la mayor dosis de semilla (130 kg/ha) se obtuvo el mayor rendimiento (Figura 3), información que necesita ser corroborada en las próximas temporadas. Los menores rendimientos obtenidos con mínima labranza se pueden deber a que en este sistema de siembra, la preparación de suelo se realizó en verano, y en primavera sólo se hizo un barbecho químico para controlar las malezas existentes en el suelo antes de la siembra, por lo que la cama de semillas no fue la más adecuada para la germinación de éstas. Por otro lado, las lluvias primaverales no permitieron que el suelo estuviera en condiciones para la entrada del tractor con la barra pulverizadora para controlar las malezas en el momento oportuno, por lo cual el control de malezas se realizó con bomba de espalda, cuando el desarrollo de las malezas era mayor.

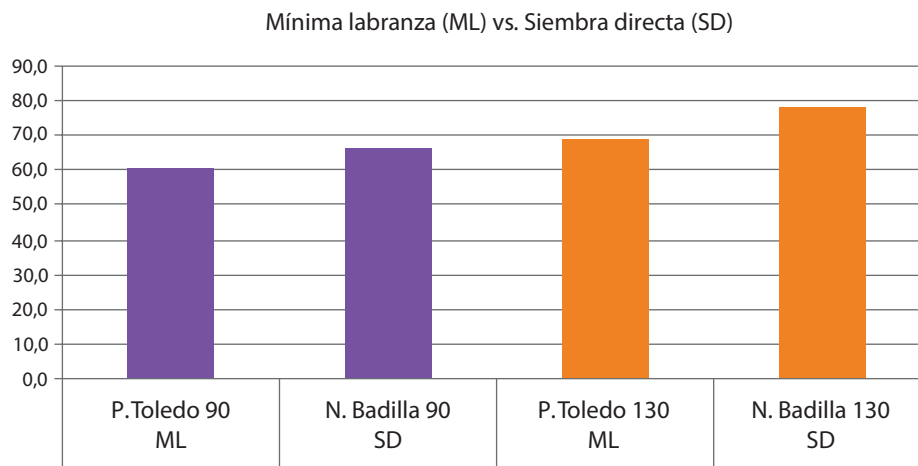
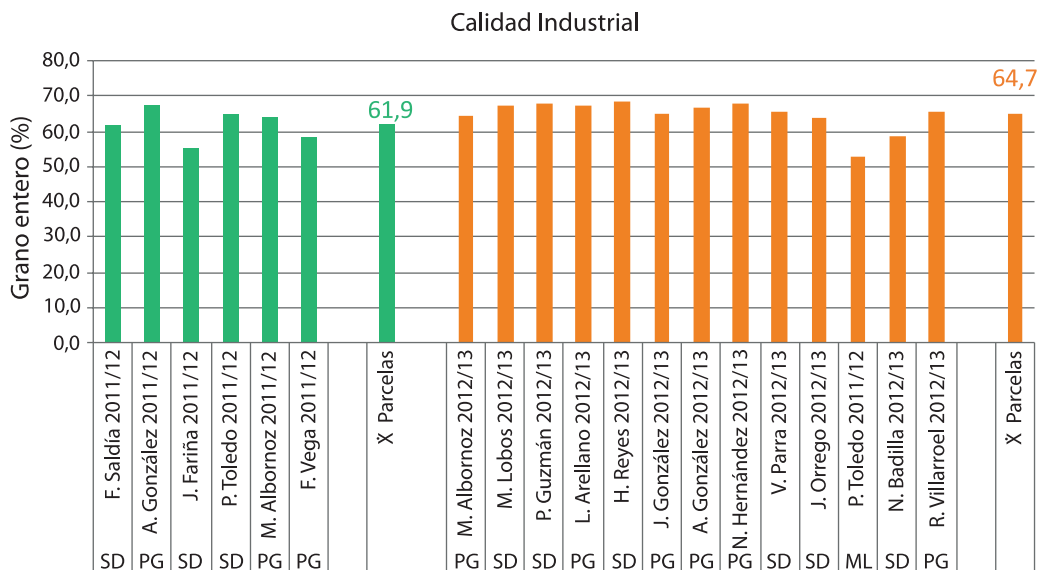


Figura 3. Rendimiento (qqm/ha) siembra directa con mínima preparación de suelo (ML) comparado con siembra directa (SD), con preparación de suelo convencional. Temporada 2012/2013.

Resultados de grano entero (%)

El promedio del porcentaje de grano entero, en las dos temporadas y en los dos sistemas de siembra fue de 63.3% (Figura 4), con valores que fluctuaron entre un 52% y un 68%.



SD: siembra directa; PG: pre-germinado; X: promedio

Figura 4. Grano entero (%) obtenido de las parcelas demostrativas. Temporadas 2011/2012-2012/2013.

Consideraciones finales

- INIA estableció en las últimas temporadas un total 19 parcelas de 1 hectárea cada una, con el objetivo de dar a conocer la tecnología existente.
- Los resultados obtenidos en las parcelas demostrativas indicaron que existe en Chile la tecnología necesaria para poder mejorar el rendimiento y calidad obtenida a nivel nacional, para lo cual es importante mantener un programa de transferencia de tecnología permanente.
- Los sistemas de siembra, convencional y directa, permitieron obtener rendimientos similares.
- La variedad Zafiro-INIA posee un alto potencial de rendimiento y calidad, que se expresa cuando se incorporan las recomendaciones agronómicas proporcionadas. se dan las condiciones agronómicas recomendadas.

Jorge González
Julieta Parada
Mario Paredes

Primer concurso de producción de arroz en Chile

El cultivo del arroz está inserto en una dinámica de adecuación y adopción de innovaciones tecnológicas, de incorporar más capacidades técnicas y económicas para avanzar en competitividad. El arroz tiene un potencial de rendimiento superior a 120 qqm/ha. Para la mayoría de los agricultores es posible obtener altos rendimientos en sus explotaciones; no obstante, el promedio nacional es de sólo 62 qqm/ha. Es decir, existe una importante brecha productiva que se expresa en resultados económicos insatisfactorios o claramente factibles de mejorar.

Una actividad que estimula la adopción de manejos adecuados, consecuentemente, alcanza mejores resultados, y son los concursos de producción entre agricultores. Esta iniciativa común en otros cultivos, no había sido realizada en arroz. INIA, junto a las empresas Tucapel, Carozzi y Basf, en el marco del proyecto Fondef D10I1183, realizó en la temporada 2013/14 el “Primer Concurso Nacional de Producción de Arroz”, cuyo objetivo fue promover un uso eficiente en el manejo agronómico, de buenas prácticas agrícolas y además llevar un registro de costos operacionales para establecer indicadores económicos de riqueza, eficiencia y competitividad.

En dicho concurso participaron alrededor de veinticinco productores, segmentados en dos categorías: Pequeños/Medianos y Grandes. Los Pequeños/Medianos pertenecen a los programas SAT y Prodesal del Indap, y los Grandes, son asesorados por la empresa Tucapel. Como requisito adicional, en las siembras en competencia se utilizó variedades de grano largo-ancho, predominantes en el mercado (Zafiro-INIA, Diamante-INIA o Brillante-INIA). Los Pequeños/medianos participaron con 2 hectáreas o más cada uno y los Grandes con 8 hectáreas o más, todas georeferenciadas, bajo sistema de siembra convencional (inundación) y con semilla pre-germinada. Se exigió llevar registros sencillos de labores, insumos y costos (precios). Se estableció un seguimiento de las superficies concursantes, visitas y días de campo para transferir entre agricultores información en relación al manejo de las parcelas en concurso.

El cierre del período de concurso fue de acuerdo al estado óptimo de cosecha establecido por cada participante. La cosecha se realizó bajo la supervisión de los organizadores para controlar a nivel de campo, el transporte y proceso industrial. En ambas categorías se evaluaron el rendimiento de grano industrial. Esta información fue usada para clasificar a los concursantes, determinar los ganadores y luego entregar los premios. La información económica se sistematizó, para cada participante, en fichas o estándares técnico-económicos dinámicos utilizando un programa computacional.

1. Análisis de costos de producción

Se evaluó el costo operacional, cuyos componentes fueron los costos variables (mano de obra, uso maquinaria, insumos, tratos) y los costos fijos (derechos agua, contribuciones, costo capital e imprevistos).

En el Cuadro 1 se resumen los resultados productivos del concurso. El rendimiento medio de los concursantes fluctuó entre 86 y 77 qqm/ha para las categorías Pequeño/Mediano y Grandes agricultores, respectivamente. En ambos casos, el rendimiento obtenido fue muy superior al promedio nacional de 61 qqm/ha. Es importante destacar, que el máximo rendimiento, de 122 qqm/ha fue logrado en la categoría de Pequeños/Mediano, en comparación a los 109 qqm/ha en la categoría de Grandes agricultores.

Sin embargo, la dispersión de rendimientos obtenidos por los competidores de la categoría Grandes fue inferior a la dispersión de la categoría Pequeños/Mediano,

lo que podría indicar que en estos últimos existió una mayor variación en el desarrollo tecnológico utilizado en el concurso.

Costos operacionales

Los concursantes de la categoría Grandes generaron un costo medio (Figura 1) de \$690.000/ha con una dispersión, entre ellos, superior a \$100.000. Su estructura de costos (Figura 2) se caracterizó por un predominio del ítem insumos con un 36% (\$250.000), siendo el costo de maquinaria relevante con un nivel medio de \$ 200.000. El ítem mano de obra, dada su escasez y alto costo relativo es poco utilizada y les significó un costo menor, equivalente a un 11% (\$77.000). En la categoría Pequeños/Mediano los valores medios para el costo total operacional (Figuras 3 y 4), costo de insumos, maquinaria y mano de obra fue de un 37% (\$790.000, \$290.000), 24% (\$190.000) y 12% (\$ 93.000), respectivamente.

Cuadro 1. Resultado de producción del Primer Concurso Nacional de Arroz.

Ítem	Rendimiento qqm/ha	
	Pequeños y Mediano	Grandes
Primer Lugar Categoría	122	109
Segundo Lugar Categoría	121	92
Tercer Lugar Categoría	98	82
Promedio Tres Primeros Lugares	114	94
Promedio Categoría	86	77
Desviación Estándar Categoría	+/- 26,3	+/- 19,1

Figura 1. Costo Medio Operacional Grandes

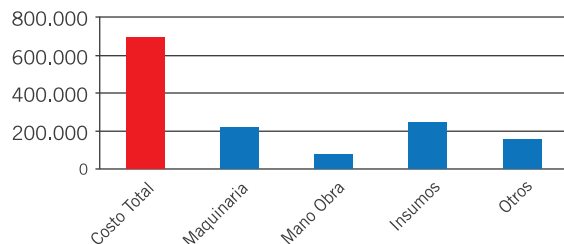


Figura 3. Costo Medio Operacional Pequeños y Medianos

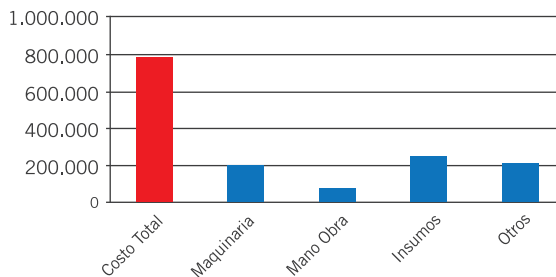


Figura 2. Costo Operacional Relativo (%)

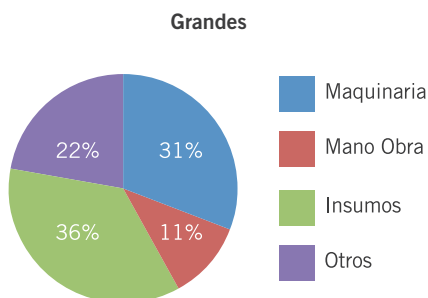
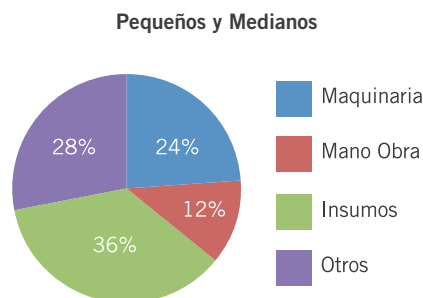


Figura 4. Costo Operacional Relativo (%)



2. Resultado económico operacional

Los Indicadores de resultado económico operacional (Informe Económico) generados son del tipo (a) riqueza: ingreso y margen operacional, (b) eficiencia: relación beneficio/costo, y (c) competitividad: costo unitario.

Riqueza

En los concursantes de la categoría Grandes, los valores para ingreso y margen (Figuras 5 y 6) fueron, en promedio, \$1.570.000 y \$880.000/ha, respectivamente, valores muy promisorios en relación a los niveles medios nacionales. En los concursantes Pequeño/Medianos los valores alcanzados, fueron de \$1.750.000 y \$900.000/ha (Figura 7 y 8). En este

segmento se destaca que el ingreso fue levemente superior a los Grandes, debido al mayor rendimiento de grano. Se postula que la siembra de menos hectáreas en Pequeños/Medianos permitió un manejo más afinado y preciso por cada hectárea concursante. Sin embargo, pareciera existir un espacio de mejoría en los Grandes en el uso de maquinaria, fertilización, pesticidas y manejo de agua para mejorar su eficiencia económica. El margen mínimo alcanzado, incluyendo todos los participantes, fue superior a \$350.000/ha, cifra a considerar dado que es superior al precio (costo alternativo) de arriendo de este tipo de suelo; es decir, incluso en el comportamiento económico más bajo, se justificaría la decisión de “producir arroz”.

Figura 5. Ingresos - Grandes

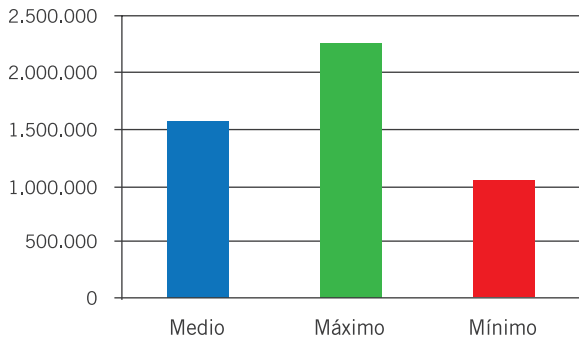


Figura 6. Margen Operacional - Grandes

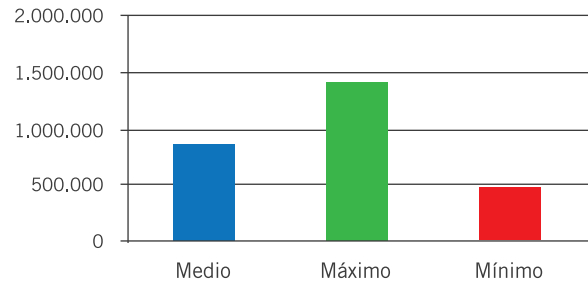


Figura 7. Ingresos - Pequeños y Medianos

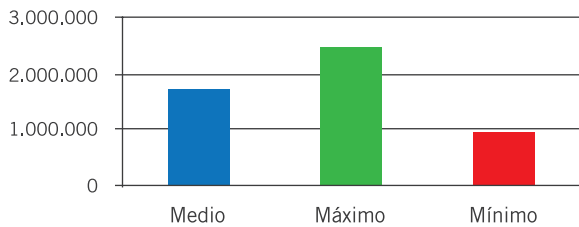
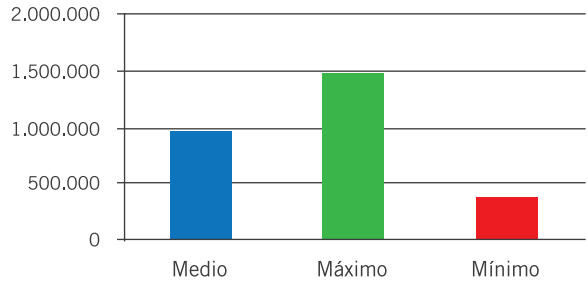


Figura 8. Margen Operacional - Pequeños y Medianos



Eficiencia económica y competitividad

En la categoría Grandes los valores para B/C y costo unitario fueron 2,26 y \$ 9.300/qqm (Figuras 9 y 10), respectivamente; valores muy promisorios respecto de los niveles medios nacionales. En los concursantes Pequeños/Medianos los valores alcanzados para estos mismos indicadores, en similar orden, fueron 2,29 y \$10.000/ha (Figuras 11 y 12). La relación B/C obtenida señaló que por cada peso (\$1) invertido y/o gastado, el cultivo del arroz generó un retorno total superior a \$2,2. Este nivel de eficiencia económica,

si bien es cierto, no es absolutamente comparable con otras situaciones y/o cultivos en el sector arrocero, puede considerarse como atractivo, denotando la buena eficiencia económica factible de alcanzar en arroz. También se destaca que el costo unitario de la categoría Pequeños/Medianos fue mayor que en Grandes, lo que atenuó su “ventaja” por rendimiento y, en definitiva dejó a ambas categorías con eficiencia económica y competitividad bastante similar (Figuras 9 a 12).

Figura 9. Relación Beneficio/Costo Grandes

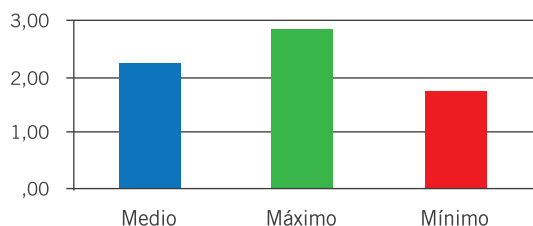


Figura 10. Costo Unitario Grandes

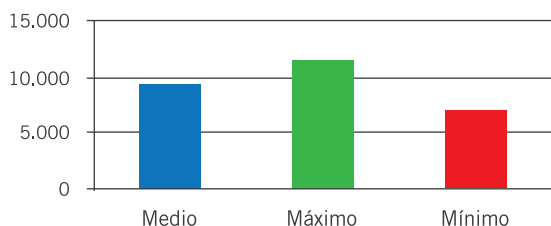


Figura 11. Relación Beneficio/Costo Pequeños y Medianos

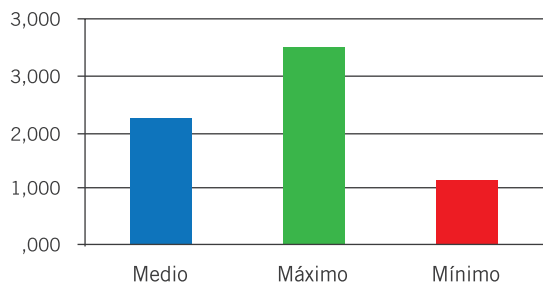
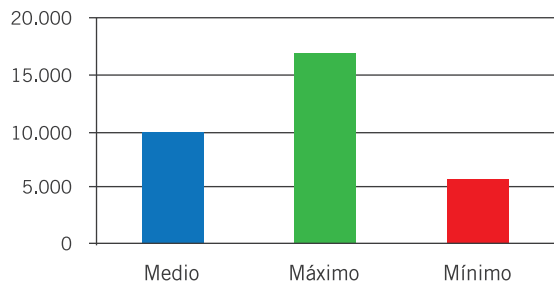


Figura 12. Costo Unitario Pequeños y Medianos



Conclusiones

En el Primer Concurso Nacional de Producción de Arroz, los rendimientos alcanzados por los participantes fueron elevados y muy superiores al promedio nacional. En la categoría Pequeños/Medios, el rendimiento fue superior a los Grandes.

El costo total operacional promedio fue cercano a \$700.000/ha. En Pequeños/Medios los insumos y uso de maquinaria fueron las áreas de costo más relevantes, al igual que en Grandes, aunque la maquinaria fue más relevante que insumos. La mano de obra tuvo menos incidencia en el costo operacional, lo que reafirmó la evolución definitiva del rubro hacia la mecanización.

El Ingreso y Margen Operacional en promedio superó el \$1.500.000/ha y \$880.000/ha, respectivamente, con cierta superioridad de Pequeños/Medios, pero también, con mayor variación entre estos concursantes. La eficiencia de producción resultó similar entre ambas categorías, con una relación B/C de 2,2. El costo unitario fue relativamente similar entre ellas, con valores en torno a \$9.250/qqm.

Actividades como los concursos productivos de agricultores, estimulan la obtención de mejores rendimientos, y logran un mejor manejo agronómico y comportamiento económico superior.

Mario Paredes
Viviana Becerra
Gabriel Donoso
Julieta Parada
Fernando Saavedra

Aportes tecnológicos de INIA al sector arrocero

Desde sus inicios el programa de arroz de INIA ha contribuido al aumento de la productividad del cultivo desde el desarrollo y liberación de variedades mejoradas, estudios agronómicos y transferencia de tecnología de sus resultados de investigación a los usuarios de la cadena productiva. Estos aportes se podrían resumir en los siguientes aspectos prácticos.

Disponibilidad de variedades mejoradas de alto potencial de rendimiento y calidad.

INIA ha lanzado al mercado 8 variedades de arroz, dentro de las cuales Diamante INIA y Zafiro INIA han tenido un masiva aceptación en el mercado.

Las variedades lanzadas poseen diferentes características y tipo de grano. En este sentido, INIA entregó al mercado Quella-INIA y Ñiquén-INIA, variedades de grano corto, con rendimiento similar a Oro, pero con una mayor calidad industrial y culinaria. Paralelo a esta liberación, INIA lanzó la variedad Diamante-INIA, de grano largo-ancho,



buena calidad industrial y bajo porcentaje de panza blanca, lo que dio inicio a la producción de grano largo-ancho en el país. Este proceso continuó con la liberación de la variedad Brillante-INIA, variedad de grano largo-ancho, translúcido y de buen potencial de rendimiento y Zafiro-INIA, variedad de grano largo-ancho translúcido de muy buen rendimiento y calidad industrial. Actualmente, Cuarzo-INIA, variedad de grano largo-ancho translúcido, de buen rendimiento en grano e industrial, inscrita en el Registro Nacional de Variedades Protegidas del SAG, está a la espera de su lanzamiento comercial.

Atento a la diversificación y a posibles nuevos requerimientos del mercado nacional, INIA liberó Buli-INIA (1997), la primera variedad nacional de grano largo-fino translúcido en el país y la variedad Ambar-INIA (2003), primera variedad nacional de grano corto y de bajo contenido de amilosa (glutinosa). Actualmente, INIA está trabajando en el desarrollo de material genético aromático y otros tipos de granos y colores.

Proveer de material básico para la producción de semillas certificadas

El desarrollo de variedades mejoradas le ha permitido al INIA producir semilla en forma directa (básica y C-1), o asociada al sector privado, producir y comercializar semilla certificada (C-2). Esta situación posibilitó a los agricultores contar con semilla de buena calidad, que garantiza al agricultor pureza varietal (99%), lo que significa que la semilla que está comprando corresponde a la variedad; capacidad de germinación (80%); pureza física (98%), es decir, la semilla debe estar limpia y libre de materiales extraños, y buenas condiciones sanitarias (ausencia de enfermedades y plagas). El uso de semilla certificada ha ido en aumento entre los productores, llegando en estos últimos años a cifras cercanas a un 40%.

Estudios agronómicos

Estudios realizados en el país y en el extranjero indican que el uso de buenas prácticas agronómicas y el uso de variedades de alto potencial de rendimiento inciden aproximadamente, en porcentajes similares en la obtención de un buen rendimiento.

La investigación en prácticas de manejo agronómico se inició también junto con la creación de INIA. En

este sentido, el INIA ha realizado un aporte importante al cultivo del arroz en aspectos como: sistemas de producción, rotaciones, preparación de suelo, sistematización de los suelos, nivelación de los suelos, épocas de siembra, manejo de agua, dosis de semilla, fertilización, control de malezas, cosecha, calidad de grano y otros factores.

En el año 1987, INIA realizó un estudio tendiente a caracterizar el sistema de producción de arroz y los sistemas productivos imperantes en la zona de suelos arroceros de la provincia de Linares. Esta información sirvió de base para focalizar la investigación. Con este mismo propósito, el año 2012, se realizó un nuevo estudio que incluyó, esta vez, a toda la zona arrocera.

En preparación de suelos, se han realizado trabajos para evaluar la influencia de diversos sistemas de siembra (Foto 3), épocas, y tipo de implementos usados en la preparación de suelos y su influencia sobre el rendimiento de grano, donde se destacan los primeros estudios en “fangueo” y mínima labor. Otro aspecto importante fueron los estudios tendientes a demostrar la importancia de la adecuación de los suelos para lograr una reducción de pretilas, mayor mecanización y mejor manejo del agua del cultivo como fue, diseñar cuadros amplios con nivelación interna.

En relación a la época de siembra diversos estudios han demostrado la importancia de una siembra temprana, ya que siembras tardías reducen el rendimiento y la calidad industrial del grano, especialmente en años con eventos de frío, como quedó demostrado en la temporada 2009/2010.

La presencia de malezas en el arrozal se ha constituido como una de las principales limitantes en la producción de arroz, debido, principalmente, a la falta de rotaciones, y al mal manejo de los productos químicos, lo que ha implicado también la aparición de malezas resistentes. Las primeras publicaciones en arroz indican que los suelos vírgenes, que no habían tenido arroz, tenían escasa presencia de malezas y que la hualtata era la principal maleza en los arrozales. El uso de herbicidas selectivos redujo la importancia de la hualtata y empezó a crecer en importancia el hualcacho. En este sentido, INIA ha realizado estudios para cuantificar las pérdidas económicas debido a la presencia de malezas, evaluar diferentes prácticas agronómicas (preparación de suelos, manejo de agua) para reducir su incidencia, evaluar diferentes productos químicos para su registro y uso (dosis, épocas, mezclas) en el país. En este aspecto, INIA

monitorea constantemente la presencia y distribución del arroz rojo en molinos y en condiciones de campo. Actualmente, INIA desarrolla una variedad resistente a herbicidas (imidazolinonas) con alto rendimiento y calidad, y un paquete de buenas prácticas que considera los temas de efecto residual, desarrollo de malezas resistentes y otros temas asociados.

En los primeros años del cultivo del arroz se reconocía la obtención de altos rendimientos en suelos vírgenes, sin el uso de fertilizantes. Posteriormente, a fines de los años 60, se demostró la importancia de fertilizar con nitrógeno y fósforo, después de un uso continuo del potrero, iniciándose una serie de estudios que han incluido el uso de diferentes dosis, fuentes y épocas de aplicación de estos nutrientes.

En paralelo, el cultivo del arroz es un cultivo que usa una importante cantidad de agua por temporada. Desde sus inicios se han realizado diferentes estudios tendientes a estimar el mejor manejo del agua, en relación a la altura, para obtener un buen rendimiento, controlar las malezas y proteger las plantas de las bajas temperaturas. Incluso, recientemente se realizó un estudio respecto de la huella del agua en arroz.

Antiguamente, el cultivo del arroz era considerado prácticamente libre enfermedades. Sin embargo, se ha detectado la presencia eventual de algunas enfermedades fungosas como la mancha Carmelita (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*), que causa el manchado de las glumas; la pudrición del tallo (*Sclerotium*

hydrophilum), que se presenta en suelos con bajo suministro de potasio; la pudrición de la vaina (*Rhizoctonia oryzae-sativae*) y el manchado del grano causado por un complejo de hongos asociados a la humedad ambiental. En el caso de insectos, se ha detectado la presencia de gorgojo acuático (*Neobagons coarticolis*) que reduce la población de plántulas.

Finalmente, INIA ha realizado una serie de estudios tendientes a estimar los factores que afectan la calidad industrial como la época de siembra, variedades, oportunidad y sistemas de cosecha, manejo del agua, uso de desecantes y otros.

Transferencia de tecnología

Tradicionalmente el INIA ha participado en diferentes actividades de transferencia de tecnología en asociación con otras instituciones, como por ejemplo, en la Comisión Nacional del Arroz; Comisión Nacional de innovación; Convenio Ministerio de Agricultura-FLAR-Federaciones arroceras (Fedearroz, Fenarroz) y Empresas Industriales (Foro 4).

Para continuar con este trabajo, durante los últimos años INIA reforzó el programa de arroz a través de diferentes iniciativas:

Nuevo Campo Experimental

El 2 de agosto de 2013 se selló la compra del nuevo Campo Experimental de Arroz, de 31 hectáreas, cercano a la ciudad de San Carlos.



Los primeros trabajos del Programa de Arroz se empezaron a realizar en este nuevo Campo Experimental en la temporada 2013/2014. Ello permitirá generar un polo de investigación y difusión tecnológica para todo el sector arrocero de Clima Templado. Así se podrá dar un nuevo impulso al desarrollo de variedades, prácticas agronómicas y transferencia de tecnología, en conjunto con todos los actores de la cadena arrocera. Por otro lado, se seguirá trabajando en la selección de germoplasma tolerante a frío, uno de los principales objetivos del Programa de Mejoramiento Genético.

Inversiones Programa de Arroz

- 1) Compra de maquinaria agrícola. Durante la temporada 2011-2012 INIA incorporó maquinaria agrícola necesaria para realizar labores de preparación de suelo, siembra, y manejo agronómico del cultivo. Entre las maquinarias están un tractor, una rotrofresadora, rastra, trompo abonador, fumigador, una pala camelladora “pejerrey”, carro de arrastre, una sembradora y una cosechadora combinada para ensayos.

Como una manera de poder hacer un buen uso de esta maquinaria, se realizó un curso de capacitación a los operarios del programa donde se entregaron conocimientos básicos de normas de seguridad y uso eficiente de los equipos.

- 2) Remodelación y compra de equipos para el laboratorio de calidad. Este laboratorio fue ampliado y remodelado completamente. Ello incluyó la compra de equipos de laboratorio tales como: incubadora, un molino de prueba, una cámara de incubación, balanzas electrónicas, divisor de muestras, un determinador de blancura digital. Esta inversión fue financiada en parte por INIA y el proyecto Fondef.
- 3) Incorporación del uso de algunas biotecnologías al trabajo en mejoramiento genético.

El Laboratorio de Biotecnología de INIA Quilimapu está trabajando en forma conjunta con el Programa de Arroz en la caracterización, evaluación y selección de germoplasma, utilizando diversas herramientas biotecnológicas, para lo cual se cuenta con un moderno equipamiento, cámaras de crecimiento, invernadero y casa de mallas.

Desafíos futuros

- a) Aumentar el rendimiento y calidad, y reducir costos de producción: La tecnología disponible en el país permite aumentar el rendimiento promedio nacional de 70 a 80 qqm/ha. Esta situación ha quedado demostrada por los rendimientos obtenidos por agricultores que usan un buen nivel tecnológico y las parcelas demostrativas establecidas por INIA en campo de agricultores, usuarios de Indap. Estas parcelas demostrativas, de una hectárea, se establecieron tomando en consideración: el uso de semilla certificada de la variedad Zafiro-INIA, dos sistemas de siembra (pre-germinada y siembra directa), uso de fertilización basada en análisis de suelo (nitrógeno incubado), y un buen control de malezas. Es muy importante también comenzar a trabajar en aspectos relacionados con la calidad de grano, ampliando el trabajo en calidad industrial a aspectos de calidad nutricional, trazabilidad, e inocuidad, como también estudiar tecnologías que permitan reducir los costos de producción para hacer más competitivo el cultivo.
- b) Obtener nuevas variedades: Es muy importante continuar con el trabajo de mejoramiento genético enfocado a la obtención de nuevas variedades que posean un alto rendimiento, estabilidad, calidad y tipo de grano, tolerancia a frío y precocidad adecuada, ya que el germoplasma introducido desde otros países no cumple con estos requisitos, especialmente, con la tolerancia a frío. En este proceso es indispensable la incorporación de nuevas tecnologías que ayuden a complementar las actualmente en uso, y de esta manera mejorar su eficiencia. Dada las características del arroz producido en el país, la introducción de germoplasma de otros países es un elemento necesario, pero no suficiente, para el desarrollo de variedades adaptadas a nuestras condiciones.
- c) Mejorar las prácticas agronómicas: A pesar que se han realizado estudios donde se han evaluado diferentes prácticas agronómicas como preparación de suelo, sistemas de siembra, control de malezas, fertilización, manejo del agua, sistemas de cosecha, es muy importante estar atento a los nuevos productos y tecnologías que se están desarrollando en el mundo para poder evaluarlos, adaptarlos e incorporarlas al país para continuar con

este proceso modernizador iniciado en el cultivo. Por ejemplo, la introducción de la siembra directa.

- d) Desarrollar sistemas de producción sustentables: En este sentido, la exploración y el uso de la información genética disponible en el arroz nos puede ayudar a reducir el uso de pesticidas y agua. En estos momentos, INIA está desarrollando una variedad de arroz Clearfield, tolerante al herbicida de la familia de las Imidazolinonas que nos permitirá un mejor control de malezas y un uso más racional de estos productos químicos. Dentro de este contexto, está el trabajo que se iniciará próximamente con la evaluación y selección de germoplasma más eficientes en el uso del agua y de nutrientes, especialmente de nitrógeno. De esta manera, las nuevas variedades deberían ser capaces de utilizar menos agua y nutrientes, lo que permitirá tener un cultivo más sustentable en el largo plazo.

El año 2013, INIA empezó a realizar estudios tendientes a cuantificar los gases efecto invernadero producidos por el cultivo, bajo diferentes condiciones de manejo. Esta información nos permitirá ayudar a buscar las posibles medidas de mitigación de este fenómeno y a cumplir con los compromisos asumidos por el país en esta materia.

Otros temas de gran importancia que deben empezar a abordarse son la inocuidad y trazabilidad de los productos obtenidos. En este sentido, INIA presentó en 2014, un proyecto para hacer una exploración de los niveles de arsénico presente en los suelos y aguas del sector arrocerero.

- e) Fortalecer el trabajo de transferencia de tecnología y extensión: Es muy importante mantener un activo programa de transferencia de tecnología y extensión en arroz que permita entregar a todos los actores de la cadena productiva la información relevante para la toma de decisiones. Este programa debería



considerar no solo el buen desarrollo del cultivo de arroz, sino que también un sistema de producción más amplio, en el cual esté inmerso.

- f) Buscar y establecer mecanismos que permitan fortalecer la relación pública-privada dentro de la cadena productiva: El arroz es un cultivo que necesita de este tipo de asociación como un elemento central para su desarrollo futuro.
- g) Cuantificar el impacto de los resultados obtenidos en el sector productivo. El primer estudio del impacto que el programa de Investigación y Transferencia del INIA ha tenido en el sector arrocero se realizó en el año 80. Los resultados de este estudio

indicaron que la rentabilidad y el valor neto del Programa de arroz eran bastante superiores a la rentabilidad de inversiones tradicionales realizadas en el sector agrícola chileno. Actualmente es necesario actualizar este estudio.

- h) Establecer y desarrollar un Centro Nacional de Innovación de Arroz de Clima Templado. En 2014 INIA compró un campo cercano a la ciudad de San Carlos, donde se establecerá y desarrollará un Centro que permitirá unir esfuerzos de toda la cadena productiva, con el objetivo de generar conocimientos científicos y tecnológicos que permitan favorecer e incentivar el desarrollo y la adopción de innovaciones en el sector.



Referencias

Contribución del cultivo de arroz al cambio climático

Alfaro, M. Chile: Líder latinoamericano en investigación de gases invernadero y ganadería. Revista Nuestra Tierra 281: 34-37, 2013.

Alfaro, M.; Muñoz, C. 2012. Ganadería y Gases de Efecto Invernadero. Informativo INIA Remehue N°90, 2p.

Conrad, R. 1989. Control of methane production in terrestrial ecosystem (pp. 39-58). In: M. O. Andreae and D. S. Schimel (eds.). Exchange of Trace Gases between Terrestrial Ecosystem and the Atmosphere.

Minami, M. 1994. The effect of agricultural practices on methane emission from rice fields. In Proceedings of the IUAPPA Regional Conference for Pacific Rim on Air Pollution and Waste Issues, 7th, Taipei, Taiwan. 2-4 Nov. 1994. IUAPPA, Brighton, UK. Vol. I, p. 201-210, 1994.

Moterle, D.F.; Silva, L.S.; Moro, V.J.; Bayer, C.; Zschornack, T.; Avila, L.A.; Bundt, A. C. 2013. Methane efflux in rice paddy field under different irrigation managements. R. Bras. Ci. Solo, 37: 431-437.

FAOSTAT, FAO. 2013. Emissions Database. <http://faostat.fao.org/>, FAO.

Neue, H.U.; Becker-Heidmann, P.; Scharpenseel, H.W. 1990. Organic matter dynamics, soil properties and cultural practices in rice lands and their relationship to methane production (pp. 457-466). In: A. F. Bouwman (ed.). Soils and the Greenhouse Effect. John Wiley and sons, UK.

Neue, H.U.; Sass, R. 1994. Trace gas emissions from rice field. In: R. G. Prinn (ed.). Global Atmospheric – Biospheric Chemistry, Plenum Press, New York.

PICC, Climate Change. 1995: The Science of Climate Change, WGI contribution to the IPCC Second Assessment Report, J. T. Houghton, LG Meira Filho, B A Callander, N Harris, A Kattenberg and K Maskell. (eds.) Cambridge University Press, 1996.

Wang, M.X. 1990. Methane emission from a Chinese rice paddy field. Acta Meteorológica Sinica 4:265-274.

Evolución de la superficie, producción, y rendimiento del cultivo en Chile

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, Odepa. 2014. Información de superficie sembrada, producción y rendimientos anuales. www.odepa.cl/estadísticas/productivas/. Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile.

Comercializadora de trigo S.A., Cotrisa. 2014. www.cotrisa.cl/mercado/arroz/internacional.

Efecto de las bajas temperaturas en el cultivo del arroz

Alvarado, R. 1999. Influence of air temperature on rice population, length of period from sowing to flowering and spikelet sterility. 63-68 p. In: J.E. Hill and B. Hardy (ed). Proceedings of the Second Temperate Rice Conference. California. USA. 714 p.

Alvarado, R.; Hernaiz, S. 2007. Variedades, siembra, semilla certificada, dosis de semilla y época de siembra. p. 21-38. En R. Alvarado (ed.) Arroz Manejo Tecnológico. Boletín INIA N°162. 180 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Centro Regional de Investigación, Chillán, Chile.

Nishiyama, I. 1995. Science of the Rice Plant. pp. 769-793. In Matsuo, T., Kumazawa, K., Ishii, R., Ishihara, H., and Hirata, H. (eds). Food and Agriculture Policy Research Center, Tokio.

Red Agrometeorológica del Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <http://agromet.inia.cl>.

Satake, T.; Hayase, H. 1970. Male Sterility Caused by Cooling Treatment at the Young Microspore Stage in Rice Plants: V. Estimations of pollen developmental stage and the most sensitive stage to coolness. Jpn. J. Crop Sci. 39:468-473.

Germoplasma de arroz utilizado en el país

Agrama, H.A.; Yan, W.; Jia, M.; Fjellstrom, R.; McClung, A. 2010. Genetic structure associated with diversity and geographic distribution in the USDA rice world collection. Natural Sci. 2:247-291.

Choudhary, B.; Latif-Khan, M.; Dayanandan, S. 2013. Genetic structure and diversity of indigenous rice (*Oryza sativa*) varieties in the Eastern Himalayan region of Northeast India. [Documento de WWW]. URL recuperado el 24 de marzo de 2014 de: <http://www.springerplus.com/content/2/1/228>.

Cuevas-Pérez, E.; Guimaraes, E.; Berrío, E.; González, I. 1992. Genetic base of irrigated rice in Latin America and The Caribbean, 1971 to 1989. Crop Sci. 32: 1054-1059.

Dayun, T. F.; Hu, Y.; Yang, P.; Xu, S.; Li, J. 2000. Yunnan, China: Mejoramiento poblacional del arroz para rendimiento de granos, resistencia a *Piricularia*, tolerancia a frío y calidad de grano. (pp.145-154). In: Gimaraes, E. (ed.). Avances en el mejoramiento poblacional en arroz. EMBRAPA Arroz e Fajiao. San Antonio, Goias, GO, Brasil. 311p.

Dilday, R.H. 1990. Contribution of ancestral lines in the development of new varieties of rice. Crop Sci. 30:905-911.

Herrera, T.; Duque, D.; Almeida, I.; Nuñez, G.; Pieters, A.; Martínez, C.; Tohme, J. 2008. Assessment of genetic diversity in Venezuelan rice varieties using simple sequence repeats markers. Electronic J. Biotech.11:1-14.

Jun-Ichi, Y.; Yamamoto, T.; Ebana, K.; Yamamoto, E.; Nagasaki, H.; Shibaya, T.; Yano, M. 2012. Genome-wide haplotype changes produced by artificial selection during modern rice breeding in Japan. *PLoS One* 7: e32982 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3302797/pdf>

Lu, H.; Redus, M.A.; Cobrun, J.R.; Rutger, J.N.; McCouch, S.; Tai, T.H. 2005. Population structure and breeding patterns of 145 US rice cultivars based on SSR markers analysis. *Crop Sci.* 45:66-76.

Rangel, P.; Zimmermann, F.; Fagundes, P. 2000. Mejoramiento poblacional de arroz de riego en Brasil. pp. 65-85. In: Gimaraes, E. (ed.). *Avances en el mejoramiento poblacional en arroz.* EMBRAPA Arroz e Fajiao. San Antonio, Goias, GO, Brasil. 311p.

Xu, X.; Liu, X.; Ge, S. et al. 2012. Resequencing 50 accessions of cultivated and wild rice yields markers for identifying agronomically important genes. *Nature Biotechnology* 30: doi: 10.1038/nbt.2050.

Zhao, K.; Wright, M.; Kovach, M.; Reynolds, A.; Tyagi, W.; Kimball, J.; Eizenga, G.; McClung, A.; Ali, M. L.; Bustamante, C. D.; McCouch, S. 2010. Genomic diversity and introgression in *O. sativa* revealed impact of domestication and breeding on rice genome. *PLoS ONE* 5:E10780 10.1371/journal. Doi:10.1371/journal.pone.0010780.

Estrategias de control de malezas.

Pedrerros, A.; Kramm, V. 2007. Manejo de las malezas en el cultivo de arroz. En *Arroz manejo tecnológico.* Ed. Alvarado, R. Serie Quilamapu N° 162. pp. 107-111. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación, Quilamapu, Chillán.

Ormeño, J.; Grau, P. 1988. Las principales malezas de importancia económica en el cultivo de arroz en Chile. *Boletín Agrícola Shell.* 48:6-11.

Pedrerros, A; Ormeño, J.; Alvarado, R. 1992. Control de malezas de hoja ancha en arroz. *Investigación y progreso agropecuario Quilamapu.* 52: 36-39.

Manejo de agua: Alcances y desafíos.

Hernaiz, S.; Alvarado, R. 2007. Manejo del Agua en el Arrozal. (p. 49-57). En: R. Alvarado (ed.) *Arroz Manejo Tecnológico.* Boletín INIA N°162. 180 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Centro Regional de Investigación, Chillán, Chile.

Anexo: Actividades de Difusión. 2011-2014.

PUBLICACIONES CIENTÍFICAS

1. Becerra, V.; Paredes, M.; Ferreira, M.; Gutiérrez, E. 2014. Genetic diversity of temperate japonica rice (*Oryza sativa* L.) germplasm in Chile. *GMB (Enviada)*.
2. Becerra, V.; Paredes, M.; Identificación y certificación genética de variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) mediante marcadores moleculares. *Chilean JAR (enviada)*.
3. Cabas, P.; Donoso, G.; Paredes, M.; Becerra, V.; Balzarini, M. 2013. Cold tolerance of Chilean rice (*Oryza sativa* L.) genotypes at the seedling stage. *Gayana Bot. (Aceptada)*.
4. Donoso, G.; Leyton, M.; Paredes, M.; Becerra, V. 2014. Relative expression of genes related with cold tolerance in temperate rice at the seedling stage. *African J. Biotech.* 13: 2506-2512.
5. Donoso, G.; Paredes, M.; Arbiza, O.; Becerra, V. 2013. Cold tolerance evaluation of Chilean rice genotypes at germination stage. *Chilean JAR.* 73: 3-8.
6. Hirzel, J.; K. Cordero. 2011. Fertilización del cultivo de Arroz. *Fertilización de Cultivos en Chile.* Hirzel, J. (Editor). Colección Libros INIA N°28, Chillán, Chile. 2011. 434 p.

7. Hirzel, J.; Cordero, K.; Fernández, C.; Acuña, J.; Sandoval, M.; Zagal, E. 2012. Soil potentially mineralizable nitrogen and its relation to rice production and nitrogen needs in two paddy rice soils of Chile. *J. Plant Nut (Japan)* 35:396-412.
8. Hirzel, J.; Pedrerros, A.; Cordero, K. 2011. Effect of nitrogen rates and split nitrogen fertilization on grain yield and its components in flooded rice. *Chilean JAR.* 71:437-444.
9. Hirzel, J.; Rodríguez, F. 2013. Increasing nitrogen rates in rice and its effect on plant nutrient composition and nitrogen apparent recovery. *Chilean JAR.* 73(4):385-390.

PUBLICACIONES DIVULGATIVAS

1. Becerra, V.; Paredes, M.; Donoso, G.; Gutiérrez, E. 2013. Nuevas tecnologías para el desarrollo de variedades de arroz tolerantes a frío. *Tierra Adentro. Edición Especial Programa de Arroz INIA: Transfiriendo Ciencia y Tecnología para fortalecer la competitividad del sector* N°104:55-59.

2. Chilian, J.; Salvo, H.; Paredes, M. 2013. Arroz Clearfield: un nuevo desafío para la agricultura chilena. Tierra Adentro. Edición Especial Programa de Arroz INIA: Transfiriendo Ciencia y Tecnología para fortalecer la competitividad del sector N°104: 60-62.
 3. Chilian, J.; Parada, J.; Saavedra, F. 2013. Control de malezas en el cultivo del arroz. Tierra Adentro. Edición Especial Programa de Arroz INIA: Transfiriendo Ciencia y Tecnología para fortalecer la competitividad del sector N°104:27-30.
 4. Donoso, G.; Paredes, M. 2013. Efecto del clima en el rendimiento del arroz. Tierra Adentro. Edición Especial Programa de Arroz INIA: Transfiriendo Ciencia y Tecnología para fortalecer la competitividad del sector N°104:7-10.
 5. González, J.; Parada, J. 2013. Zafiro-INIA bajo tres sistemas de manejo agronómico: Comportamiento económico de la nueva variedad de grano largo-ancho. Tierra Adentro. Edición Especial Programa de Arroz INIA: Transfiriendo Ciencia y Tecnología para fortalecer la competitividad del sector N°104:63-67.
 6. Parada, J.; Paredes, M. 2014. El Cultivo del Arroz en Chile: Antecedentes para el Primer Concurso Nacional. Informativo Agropecuario Bioleche-INIA 27:52-53.
 7. Parada, J.; Riquelme, J.; Paredes, M. 2013. Siembra de arroz en seco: Manejo agronómico general. Tierra Adentro. Edición Especial Programa de Arroz INIA: Transfiriendo Ciencia y Tecnología para fortalecer la competitividad del sector N°104:13-16.
 8. Parada, J.; Paredes, M. 2014. Agricultores arroceros obtienen rendimiento récord en Chile en Concurso Nacional de Producción. Tierra Adentro. 107: 19-21.
 9. Parada, J.; Paredes, M.; Becerra, V.; Donoso, G.; Chilian, J.; Saavedra, F. 2013. Actividades de divulgación: Transfiriendo ciencia y tecnología al sector arrocero del país. Tierra Adentro. Edición Especial Programa de Arroz INIA: Transfiriendo Ciencia y Tecnología para fortalecer la competitividad del sector N°104:43-48.
 10. Paredes, M. 2013. Nuevo Campo Experimental de INIA: Arroz Clima templado. Tierra Adentro. Edición Especial Programa de Arroz INIA: Transfiriendo Ciencia y Tecnología para fortalecer la competitividad del sector N°104:4-6.
 11. Paredes, M. y otros. 2014. Zafiro-INIA Clearfield: Una variedad con tecnología de punta. Algrano 1: 10-11.
 12. Paredes, M.; Becerra, V.; Donoso, G.; Chilian, J.; Parada, J.; Saavedra, F. 2012. Programa de mejoramiento genético del INIA: Variedades de arroz "made in Chile". Nuestra Tierra 275: 28-230.
 13. Paredes, M.; Becerra, V.; Saavedra, F. 2013. Variedades de arroz INIA. Tierra Adentro. Edición Especial Programa de Arroz INIA: Transfiriendo Ciencia y Tecnología para fortalecer la competitividad del sector N°104:17-21.
 14. Paredes, M.; Becerra, V.; Donoso, G.; Parada, J.; Chilian, J.; Saavedra, F. 2013. Programa de arroz: Aporte a la producción Nacional. Tierra Adentro. Edición Especial Programa de Arroz INIA: Transfiriendo Ciencia y Tecnología para fortalecer la competitividad del sector N°104: 35-42.
 15. Paredes, M.; Parada, J.; Donoso, G.; Becerra, V.; Saavedra, F. 2013. Balance de especialistas del INIA Quilimapu: Destacan aumento del rendimiento en el cultivo de arroz. Nuestra Tierra 284: 33-35.
- ### Cartillas Divulgativas
1. Becerra, V.; Paredes, M. 2012. Variedades de Arroz. INIA Quilimapu.
 2. Donoso, G. 2012. Efecto del clima en el rendimiento del arroz. Serie de cartillas manejo agronómico del arroz. INIA Quilimapu.
 3. Hirzel, J. 2012. Fertilización del cultivo de arroz. Serie de cartillas manejo agronómico del arroz. INIA Quilimapu.
 4. Parada, J.; Chilian, J. 2012. Control de malezas. Serie de cartillas manejo agronómico del arroz. INIA Quilimapu.
 5. Parada, J.; Riquelme, J. 2012. Siembra de arroz en seco con mínima labranza. Serie de cartillas manejo agronómico del arroz. INIA Quilimapu.
 6. Riquelme, J.; Saavedra, F.; Parada, J. 2012. Recomendaciones para el manejo de suelo en el sistema convencional de establecimiento de arroz. Serie de cartillas manejo agronómico del arroz. INIA Quilimapu.
 7. Riquelme, J. 2012. Recomendaciones para la cosecha mecanizada de arroz. Serie de cartillas manejo agronómico del arroz. INIA Quilimapu.
- ### Presentación Trabajos a Congresos Científicos.
1. Barrera, C.; Lisboa, K.; Valderrama, F.; Pardo, F.; Parada, J.; Chilian, J.; Paredes, M. 2014. Utilización de herbicidas pre-emergentes en el cultivo del arroz. 65° Congreso de la Sociedad Agronómica de Chile, Santiago.
 2. Becerra, V.; Paredes, M.; Rojo, C.; Gutiérrez, E. 2012. Marcadores microsatélites para la identificación de variedades en *Oryza sativa* L. 63° Congreso Agronómico de Chile, Temuco.
 3. Becerra, V.; Paredes, M.; Gutiérrez, E.; Alarcón, C.; Ale, J. 2013. Genetic characterization of Chilean germplasm of *Oryza sativa* (L.). 7th International Rice Genetics Symposium, Manila, Filipinas.
 4. Becerra, V.; Paredes, M.; Gutiérrez, E.; Rojo, C. 2014. Diversidad genética del germoplasma de arroz japónica

- templado cultivado en Chile. 65° Congreso de la Sociedad Agronómica de Chile, Santiago, Chile.
5. Cabas, P.; Paredes, M.; Becerra, V.; Donoso, G. 2012. Phenotypic selection for cold tolerance in rice at seedling stage. VII Reunión de Biología Vegetal, Pucón, Chile.
 6. Chilian, J.; Lisboa, K.; Paredes, M. 2014. Evaluación del herbicida Eurolighting para un sistema de arroz Clearfield. 65° Congreso de la Sociedad Agronómica de Chile, Santiago.
 7. Donoso, G.; Arrepol, C.; Paredes, M.; Becerra, V. 2014. A simple method for evaluation of cold tolerance in temperate rice (*Oryza sativa* L.) at seedling stage. IX Reunión anual de la Sociedad de Biología Vegetal, La Serena, Chile.
 8. Donoso, G.; Leyton, M.; Paredes, M.; Becerra, V. 2013. Relative expression of genes related with cold tolerance at the seedling stage in temperate Rice. VIII Reunión anual de la Sociedad de Biología Vegetal, Pucón, Chile.
 9. Donoso, G.; Paredes, M.; Becerra, V. 2013. Study of pollen development in rice under growth controlled conditions. VIII Reunión anual de la Sociedad de Biología Vegetal. Pucón, Chile.
 10. Donoso, G.; Arrepol, C.; Paredes, M.; Becerra, V. 2014. A simple method for evaluation of cold tolerance in temperate rice (*Oryza sativa* L.) at seedling stage. IX Reunión anual de la Sociedad de Biología Vegetal, La Serena.
 11. Donoso, G.; Paredes, M.; Becerra, V. 2014. Cold tolerance evaluation at microporogénesis stage in temperate rice (*Oryza sativa* L.). IX Reunión anual de la Sociedad de Biología Vegetal, La Serena, Chile.
 12. González, J.; Aceituno, U.; Paredes, M.; Becerra, V.; Jorrín, J.; Donoso, G. 2013. Study of cold tolerance in temperate rice at germination stage (*Oryza sativa* L.) using proteomic tools. VIII Reunión anual de la Sociedad de Biología Vegetal, Pucón, Chile.
 13. González, J.; Parada, J.; Paredes, M. 2013. Arroz Zafiro-INIA la última variedad de grano largo ancho, bajo tres sistemas de manejo agronómico. II. Sensibilización económica de Hertz. XVIII Congreso de Economistas Agrarios de Chile "Innovación y Productividad en el Sector Agroalimentario". Chillán. Chile.
 14. González, J.; Parada, J.; Paredes, M. 2014. Concurso Nacional de Arroz. Parte II. Análisis económico con indicadores de riqueza, eficiencia y competitividad en agricultores pequeños-medianos y grandes. 65° Congreso de la Sociedad Agronómica de Chile, Santiago.
 15. Hirzel, J. 2012. Respuesta a la fertilización nitrogenada en el cultivo de arroz en función del potencial de Nitrógeno mineralizable del suelo. 63 Congreso Agronómico de Chile. Temuco, Chile.
 16. Hirzel, J. 2012. Evaluación de dos enmiendas orgánicas como fuentes alternativas de fertilización en el cultivo de arroz. 63 Congreso Agronómico de Chile. Temuco, Chile.
 17. Hube, S.; Alfaro, M.; Donoso, G.; Paredes, M. 2014. Methane emissions from paddy rice fields in Chile. Paddy Rice Research Group Meeting. Global Research Alliance on Agricultural Greenhouse Gases. 5-8-mayo. CIAT, Cali, Colombia.
 18. Parada, J.; González, J.; Paredes, M. 2013. Arroz Zafiro-INIA la última variedad de grano largo ancho, bajo tres sistemas de manejo agronómico. I. Rentabilidad y eficiencia económica. XVIII Congreso de Economistas Agrarios de Chile "Innovación y Productividad en el Sector Agroalimentario". Chillán. Chile.
 19. Parada, J.; González, J.; Paredes, M. 2014. Concurso Nacional de producción de arroz. Parte II. Análisis comparativo de productividad y costos en agricultores pequeños-medianos y grandes. 65° Congreso de la Sociedad Agronómica de Chile, Santiago.
 20. Parada, J.; Hirzel, J.; Riquelme, J.; Donoso, G.; Paredes, M. 2014. Interacción dosis de semilla x fertilizantes en siembras de arroz en seco. 65° Congreso de la Sociedad Agronómica de Chile, Santiago. 65° Congreso de la Sociedad Agronómica de Chile, Santiago.
 21. Paredes, C. 2013. Seminario-Taller. "Medición de Gases Efecto Invernadero en arroz". Global Research Alliance (GRA), PROCISUR, INIA Uruguay. Montevideo, Uruguay.
 22. Paredes, M.; Becerra, V.; Parada, J.; Donoso, G. 2014. Selección germoplasma FLAR en INIA. Comité Técnico FLAR. Treinta y Tres, Uruguay. Video Conferencia.
 23. Vásquez González, B.; Cabas Monje, J.; Paredes Cárcamo, M.; González Urbina, J.; Parada Soto, J. 2013. Caracterización de los productores de arroz en Chile. XVIII Congreso de Economistas Agrarios de Chile "Innovación y Productividad en el Sector Agroalimentario". Chillán. Chile.

FORMACIÓN DE CAPACIDADES HUMANAS

Pasantías y visitas a programas de Investigación

- Mario Paredes: Visita CIAT-FLAR, Taller GRISP, Comité Técnico FLAR, Curso estadística (II); EMBRAPA-Brasil (EMBRAPA Arroz-Frejol, CENARGEN, EMBRAPA Clima Templado).
- Viviana Becerra: Visita CIAT-FLAR, Reunión Fontagro-FLAR Marcadores Moleculares, Comité Técnico FLAR, Curso Estadística (I y II); EMBRAPA-Brasil (EMBRAPA Arroz-Frejol, CENARGEN, EMBRAPA Clima Templado).
- Gabriel Donoso: Visita CIAT-FLAR, Comité Técnico FLAR, Curso Oryza 2000, Curso estadística (I y II).

- Javier Chilian: Visita IRGA, Brasil; INIA Uruguay (BPA), Comité Técnico FLAR, Curso estadística (I y II).
- Julieta Parada: Visita CIAT, Comité Técnico FLAR (Mejoramiento), Curso estadística (I y II).
- Uberlinda Luengo: Visita CIAT (Cultivo de anteras y cruza- mientos).
- Isaac Maldonado: Visita CIAT (Cambio climático).
- Fernando Saavedra: Comité Técnico FLAR-Chile, Curso estadística (I y II), pasantía CIAT-FLAR: Manejo de datos programa de mejoramiento de arroz.
- Hamil Uribe: Visita INIA Uruguay (Sistemas de riego), Financiamiento parcial.
- Estudiantes y ayudantes de investigación: Curso estadís- tica (I y II).

Capacitación en el uso de maquinaria agrícola

- Operarios de Arroz. Manejo de Tractores e Implementos Agrícolas. Prof. INIA. J. Riquelme, Julieta Parada.
- Beneficiarios INDAP, SAT San Carlos. Nelso Badilla. Prof. INIA. J. Riquelme.

Visita de científicos internacionales:

1. César Martínez, Líder Programa de Mejoramiento gené- tico de Arroz, CIAT. Líder Programa GRiSP para América Latina y el Caribe. (Proyectos INIA)
2. Pércles Neves, Fitomejorador de Arroz de Riego, Embrapa, Brasil. (Proyectos INIA)
3. Alfredo Marín; Mejorador INTA-Corrientes, Argentina. (INTA)
4. María Inés Pachecoy, Mejoradora, INTA-Corrientes, Argentina. (INTA)
5. Belén Moulin, Mejorador INTA-Corrientes, Argentina. (INTA)
6. Sergio López, Director de Investigación IRGA Brasil. (IRGA)
7. Mara López, Mejoradora, IRGA Brasil. (IRGA)
8. Gabriela da Fonseca, Mejoradora IRGA Brasil. (IRGA)
9. Edgar Corredor, Fitomejorador, FLAR. (FLAR)
10. Gonzalo Zorrilla, Director Ejecutivo FLAR. (FLAR)

11. Marcio Ferreira, Genetista Cenargen, EMBRAPA, Brasil.
12. Manabu Ishitani, Biólogo Molecular, CIAT.
13. Jesús Jorrín, Proteómica, Universidad de Córdoba, España.
14. Maribel Cruz, Evaluación fenotípica de germoplasma a frío, FLAR.
15. Néstor Saldain, Investigador Malherbología, INIA Treinta y Tres, Uruguay.
16. Randall Mutter, Profesor Universidad de California, Davis (Fundación Chile).
17. Luciano Carmona, Agrónomo FLAR.
18. Mónica Balzarini, Estadística, Universidad de Córdoba, Argentina.
19. Camilo Barrios, DSSAT-Oryza, CIAT.
20. Patricia Moreno, DSSAT-Oryza, CIAT.
21. Tae KyuAhn, Profesor Universidad Sungkyunkwan, Corea.
22. Heewon Shii, Profesor Universidad Sungkyunkwan, Corea.
23. Paula Pereira, Mejoradora Arroz, EMBRAPA Arroz-Frejol, Goiania, Brasil
24. Eduardo Blumwald, Prof., Departamento de Producción Vegetal, Universidad de California, Davis, USA.
25. José María Parfitt, Investigador en riego-arroz, EMBRAPA Clima Templado, Pelotas, Brasil.
26. Karina Casellas, INTA Argentina.
27. Halil Sürek, Head of Rice Department, Trakya Agricul- tural Research Institute, Turquía.
28. Sang-bok Lee, Rural Development Administration (RDA) of the Republic of Korea.
29. Carlos Campos, Representante BASF-Colombia.

Participación en Comités Técnicos.

- Comité Técnico de FLAR Clima Templado en INIA-Uru- guay. Representantes de Argentina, Brasil, FLAR y Chile.
- Comité Técnico de FLAR Clima Templado en INIA- Quilamapu. Representantes de Argentina, Brasil, FLAR y Chile. La realización del Comité Técnico del FLAR en Chile fue organizado por INIA y FEDEARROZ y se realizó en la ciudad de Chillán.



Empaquetamiento tecnológico (solicitado por MINAGRI)

- Variedades
- Fertilización
- Siembra directa
- Economía y gestión

Tesis de grado terminadas

- Cabas, P. 2012. Tolerancia al frío en genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) al estado de plántula. Escuela de Agronomía. Universidad de Concepción de Chillán. 30 p. Financiamiento Fondecyt.
- Leyton, M. J. 2012. Expresión relativa de genes relacionados con la tolerancia al frío en plántulas de arroz de clima templado. Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción de Chillán. 32 p. Financiamiento Fondecyt.
- Ale, J. 2014. Certificación genética de variedades de arroz. Facultad de Agronegocios. Escuela de Agronomía. Universidad Adventista de Chile. Financiamiento Fondef.
- Alarcón, C. 2014. Diversidad genética de germoplasma de arroz (*Oryza sativa* L.) japonico templado usado en Chile. Facultad de Agronegocios. Escuela de Agronomía. Universidad Adventista de Chile. Financiamiento Fondecyt.

Tesis de grado en desarrollo año 2014

- Arrepol, C. 2014. Evaluación de genotipos de arroz (*Oryza sativa* L.) de clima templado tolerantes a frío en la etapa de plántula. Facultad de Agronomía. Universidad de Concepción. Financiamiento Fondecyt 2011-2014.
- Barrera, C. 2013. Evaluación de herbicidas pre-emergentes en el cultivo de arroz. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Escuela de Agronomía, Universidad Católica del Maule, Talca. Financiamiento Proyecto Fondef.
- González, J. 2013-2014. Estudio proteómico del estrés en frío en la etapa de germinación en arroz (*Oryza sativa* L.). Facultad de Agronomía. Universidad de Concepción. Financiamiento Proyecto Fondecyt 2011-2014.

Tesis de Magister

- Parada, J. 2014. Avance genético en el desarrollo de germoplasma en el Programa de Mejoramiento Genético de Arroz de INIA. Escuela Posgraduados Universidad de Concepción.

- Villaseñor, D. 2013. Metodología de incubación de suelos para determinar el efecto residual de la fertilización nitrogenada en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Tesis de Magister en Ciencias Agronómicas, Universidad de Concepción. 49 p.

Alumnos en práctica durante el desarrollo del proyecto:

- a) Alex Patricio Pérez Yáñez, Biotecnología Industrial en INACAP, Concepción.
- b) Gastón Adolfo Valladares González, Liceo Politécnico Víctor Jara, Quiriquina.
- c) Daniel Elías Villagra Muñoz, Biotecnología Vegetal en INACAP, Concepción.
- d) Uri Israel Aceituno Valenzuela, Ingeniería en Biotecnología Vegetal, U. de Concepción, Los Ángeles.
- e) William Garcés V., Liceo Agrícola, Chillán.
- f) Wladimir Garcés V., Liceo Agrícola, Chillán.
- g) Camila Andrea Arrepol Concha. Facultad de Agronomía, U. de Concepción.
- h) Nicolás Domke V., Ingeniería en Biotecnología Vegetal. U. de Concepción, Concepción.
- i) Marta Iturra G., Ingeniería en Biotecnología Vegetal. U. de Concepción, Los Ángeles.
- j) Gustavo Valdés González, Tecnología Agrícola de INACAP, Chillán.

OTRAS ACTIVIDADES

- Desde el año 2012 a la fecha, INIA ha realizado 18 días de campo en las comunas de Linares, Longaví, Parral, Niquén y San Carlos.
- En 2013, llevé a cabo un taller para extensionistas, abarcando temas como: malezas, arroz Clearfield, variedades, efecto del frío, siembra mecanizada, fertilidad y riego.
- En 2012, se realizó un Seminario Internacional de Lanzamiento del Proyecto FONDEF, sobre mejoramiento genético y tolerancia a frío, y un seminario de control de malezas. En 2013, se efectuó un nuevo seminario acerca de tolerancia a frío y Seguro Agrícola para el cultivo del arroz.
- En 2011-2012 se desarrolló el sitio web: www.chileArroz.cl, con el objetivo de recopilar y dejar a disposición de los usuarios la mayor cantidad de información que se ha generado en arroz.



FONDEF
Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico



Tu familia, nuestra familia

■ BASF
The Chemical Company