

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

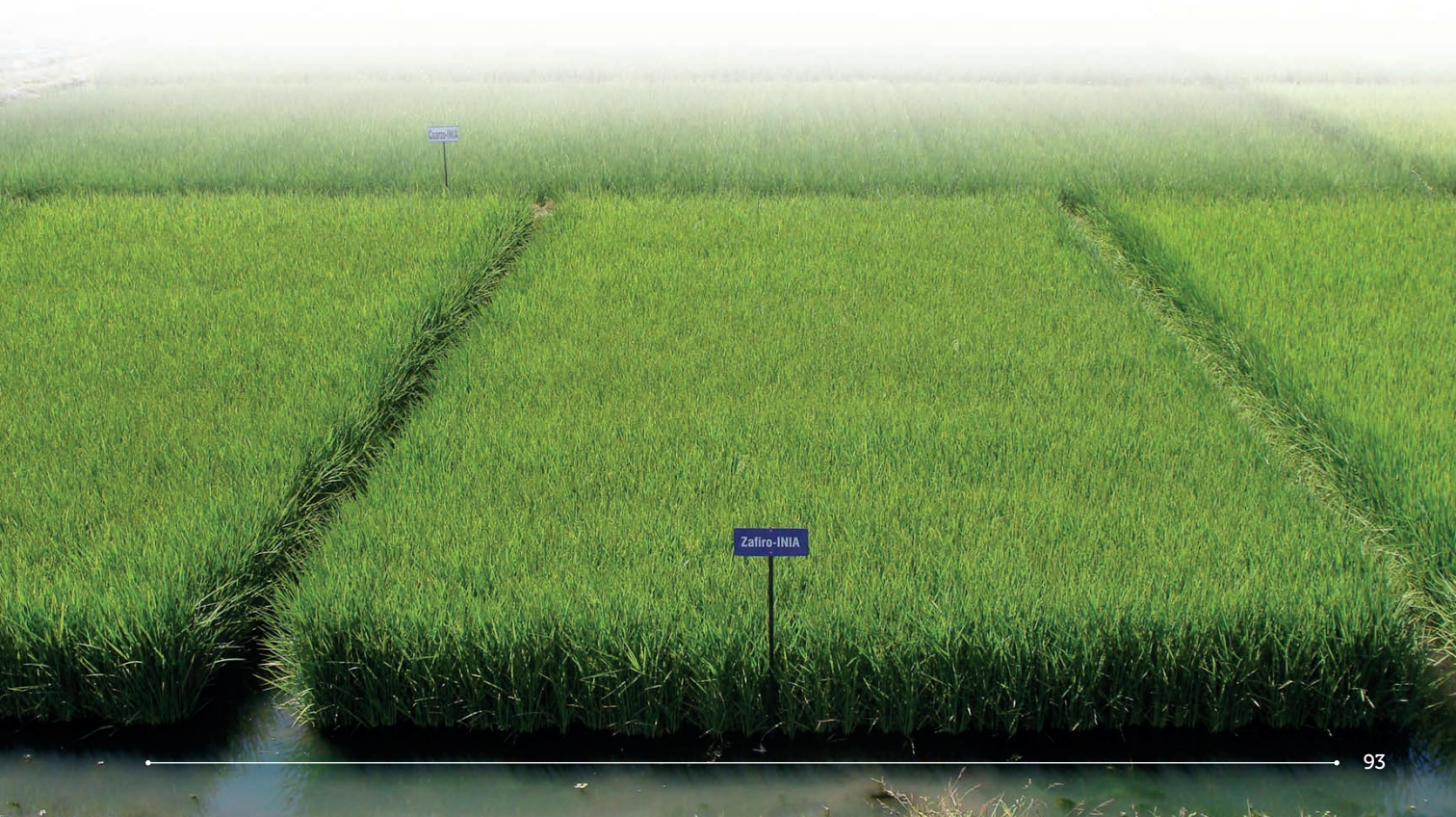
este proceso modernizador iniciado en el cultivo. Por ejemplo, la introducción de la siembra directa.

- 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 estadística (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 genético 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 Agricultural 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-Uruguay. 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.