



SECCIÓN X. DESAFÍOS PARA EL CULTIVO DEL ARROZ EN CHILE PARA LA PRÓXIMA DÉCADA

Desafíos para el cultivo del arroz en Chile para la próxima década

Mario Paredes C., Viviana Becerra V., Gabriel Donoso Ñ.

El incremento en la productividad del arroz requerirá de un esfuerzo importante en investigación, desarrollo e innovación, para alcanzar nuevas formas de producción y productos con mayor valor agregado que permitan abastecer la demanda de los consumidores. En este sentido, el enfoque tradicional de I+D, tendiente a buscar una mayor producción y calidad, ya no es suficiente, por lo que resulta necesario incluir, también, las nuevas demandas surgidas desde los productores y consumidores. Este tipo de demanda está relacionada con aspectos tales como nutrición, inocuidad, respeto por el medio ambiente, transparencia de los mercados y una justa retribución de los beneficios a todos los actores de la cadena productiva. Además de esta nueva problemática, se deben enfrentar, al mismo tiempo, los desafíos del cambio climático y el mercado del trabajo.

Los principales temas a abordar en la próxima década son:

1. Sustentabilidad

La sustentabilidad es un tema que ha adquirido gran importancia, en la última década. Así, las empresas arroceras han definido políticas de sustentabilidad integrales que incluyen a todos sus procesos productivos, los que, influyen en los sistemas productivos de los agricultores. Afortunadamente, estas nuevas políticas están siendo difundidas periódicamente a los agricultores, para coordinar y tomar las medidas que correspondan. Por otro lado, el Ministerio de Agricultura diseñó una política de sustentabilidad, que incluye 10 principios y criterios que definen una agricultura sustentable, de la cual se derivan la aplicación de buenas prácticas al sector, cuya implementación se promueve a través de la Comisión Nacional del Arroz. Los principios incluidos en el protocolo de sustentabilidad son: monitoreo y uso del recurso hídrico, respeto de los derechos humanos, condiciones de trabajo y protección social, manejo de residuos, manejo y aplicación de agroquímicos, gestión de la inocuidad y trazabilidad, relación con las comunidades locales, gestión de la biodiversidad y servicios ecosistémicos, gestión energética, manejo y conservación de suelo, y aseguramiento de la sanidad y bienestar animal.

Desde el punto de vista productivo, se requiere aumentar y/o mantener el potencial del rendimiento, produciendo variedades resistentes a los estreses bióticos y abióticos, en un escenario de cambio climático. Para ello, resulta necesario utilizar nuevos métodos de mejoramiento y tecnologías disponibles, para acelerar la ganancia genética y producir un arroz que se adapte a los nuevos cambios climáticos y posea una alta calidad que satisfaga las necesidades de la población y con respeto al medio ambiente.

Adaptación al cambio climático. Chile es un país social, económica y ambientalmente vulnerable al cambio climático, ya que cumple con siete de las nueve características de vulnerabilidad, mientras que el sector silvoagropecuario se encuentra entre los sectores económicos más sensibles. Los estudios de prospectiva climática realizados en el país, han concluido que la mayor parte de las Regiones agrícolas (Atacama a Los Lagos) sufrirán una desertificación, como consecuencia de una menor pluviometría. Específicamente, se informa que habrá una reducción de las precipitaciones cercana al 30 %, a finales de siglo, en la zona central entre los paralelos 30 ° y 42 ° Sur, esto es, entre las regiones de Coquimbo a Los Lagos. Aunque, la lluvia no es un elemento clave en el suministro de agua al cultivo del arroz, el cambio climático también

afectará las reservas de nieve, lo que sí puede tener un gran impacto en el suministro de agua para el cultivo. Otro factor involucrado en el cambio climático, es el de las altas temperaturas, hasta ahora no consideradas como un factor limitante en la producción de arroz en el país. A pesar de esta situación, las bajas temperaturas continuarán siendo un factor limitante para el cultivo.

Gases efecto invernadero (GEI). En el año 2017 Chile ratificó los compromisos del Acuerdo de París, primer tratado vinculante mundial respecto del clima. Nuestro país comprometió realizar contribuciones tendientes a mitigar los impactos del cambio climático. Éstas apuntaban a reducir en 30 % las emisiones del CO₂ por unidad de PIB al 2030, respecto a 2007. Se estima que Chile genera, a 2020, el 0,26 % de las emisiones de GEI del mundo. De ellas, el 21,4 % proviene del sector silvoagropecuario y su proyección es al alza si no se generan medidas de adaptación y mitigación. En este aspecto, es necesario investigar y promover la adopción de tecnologías que aumenten la productividad y, a su vez, secuestren carbono, mejoren las condiciones de los suelos y reduzcan la intensidad de las emisiones.

En el año 2012 se iniciaron trabajos tendientes a adaptar y validar un protocolo de evaluación de la emisión de metano y óxido nitroso en el cultivo de arroz, e iniciar con las primeras evaluaciones bajo diferentes condiciones del cultivo, como fertilización y manejo de rastrojo. Esos trabajos permitieron obtener los primeros datos empíricos de emisión de metano y óxido nitroso en el arroz bajo condiciones inundadas. Adicionalmente, en 2020 se trabajaba en varios sistemas de manejo de agua, información que vendrá a complementar la ya obtenida. En los próximos estudios, se abordarán otros sistemas de producción y se escalará las evaluaciones en condiciones de agricultor y en las diferentes zonas productivas, para tener información que represente lo que ocurre en la zona arrocería del país. Esta información permitirá tomar las medidas de mitigación correspondientes, definir sistemas de producción sustentables y cumplir con los compromisos nacionales e internacionales que ayuden a reducir el calentamiento global.

Inocuidad. Uno de los aspectos importantes de la inocuidad de los alimentos es la ausencia de elementos que puedan dañar la salud y poseer un buen sistema de trazabilidad para poder identificar el origen de posibles problemas. En el año 2016, se empezó un trabajo tendiente a prospectar los niveles de arsénico presentes en el agua, suelo y grano en la zona arrocería del país e identificar algunas prácticas agronómicas que permitieran reducir su presencia en el grano. Los resultados obtenidos indican que los niveles de arsénico encontrados en el suelo, agua y grano del arroz producido en el país, están bajo las normas nacionales e internacionales, por lo cual es inocuo para la salud. Esta información ha permitido que, en las próximas temporadas, se evalúen sistemas de producción tendientes a reducir, aún más, los bajos niveles detectados. Esta situación, unida a la ausencia de aplicaciones de fungicidas e insecticidas hacen al arroz un producto inocuo y limpio, lo cual debe ser difundido y destacado en su proceso de comercialización.

2. Incremento de la productividad

El aumento de la productividad del cultivo del arroz debe considerar los siguientes aspectos.

Relación clima-productividad. La producción chilena de arroz está ubicada en la zona más austral del mundo, por lo cual el clima juega un rol muy importante. Desde 2012, ha habido un avance significativo en la obtención de información climática en la zona arrocería, con la instalación de cuatro estaciones meteorológicas, producto de la colaboración público-privada, en diferentes localidades, lo cual ha permitido coleccionar, procesar y analizar los principales parámetros climáticos, para evaluar su relación con la producción del arroz en el país. En este sentido, es necesario instalar nuevas estaciones meteorológicas en el sector norte de Parral y en localidades aledañas, para tener un conocimiento climático más acabado de la zona, considerando que ahí se concentra el 80 % de la producción de este cereal.

Actualmente, existen escasos estudios que permitan comprender cómo influirá el clima en la producción y calidad del arroz producido en la zona. La ubicación austral de la producción arroceras, los cambios en las temperaturas y en la disponibilidad de agua que se continuarán agudizando en el futuro, hacen imprescindible reforzar el trabajo tendiente a determinar el efecto de los parámetros climáticos y de las prácticas agronómicas sobre el crecimiento y desarrollo de la planta, y sus aspectos productivos y de calidad. Las temperaturas y la disponibilidad del agua continuarán siendo factores que afectarán la producción y calidad del arroz.

En la actualidad, las bajas temperaturas afectan negativamente la germinación, estado de plántula e inicio de la formación de las estructuras reproductivas (polen y/o óvulo), además de afectar los estados fenológicos del cultivo. Por otro lado, debido al aumento de las temperaturas producto del cambio climático, es necesario iniciar estudios para evaluar sus efectos, especialmente durante la fase reproductiva de la planta. Se debe tener en cuenta que el diferencial de temperatura entre la mínima y la máxima es alto y puede llegar, en algunos casos, a 20 °C en un contexto de alta radiación, escasa o nulas precipitaciones, baja humedad relativa del aire y un largo fotoperiodo. Esta información permitirá profundizar en la zonificación en el área productiva y el modelamiento fenológico de variedades, para optimizar los recursos genéticos (variedades) y las condiciones agroecológicas de la zona.

Rotaciones. La producción de arroz se desarrolla en un sistema de producción intensiva y poco diversa, donde impera el monocultivo del arroz o una rotación corta de arroz-pradera natural-arroz, con la incorporación de algún otro cultivo en vez de pradera natural. Esta situación fragiliza el sistema de producción en el mediano y largo plazo, ya que contribuye a disminuir la fertilidad del suelo y a aumentar la infestación de malezas, por lo cual resulta necesario, estudiar la posibilidad de incorporar nuevos cultivos y/o praderas en la rotación, para no seguir agudizando esta situación. Este tema, unido a la creciente escasez hídrica, necesita ser abordado próximamente, tomando en cuenta las posibles alternativas de producción para la zona, como una manera de contribuir a mejorar la sustentabilidad del cultivo.

Sistema de siembra. El principal sistema de producción de arroz es el inundado, que utiliza semilla pregerminada. Durante la última década, este sistema de producción ha sufrido un mejoramiento importante en algunos aspectos, como la nivelación de los suelos, que ha impactado positivamente en diferentes prácticas agronómicas, manejo del agua, control de malezas, reducción del número de pretilas, manejo del agua y el uso de mecanización. Sin embargo, todavía existen algunos problemas a mejorar, como el uso de mayor mecanización en algunas prácticas agronómicas.

El otro sistema de producción utilizado es la siembra directa, que se ha ido incorporado lentamente, y que presenta varias ventajas, como el menor uso de agua en los primeros estados de desarrollo del cultivo y la mayor mecanización de ciertas labores agronómicas, en relación al sistema inundado. No obstante, para que este sistema se masifique, se necesita una mayor disponibilidad de maquinarias y conocer el efecto de algunos aspectos agronómicos como la densidad de plantas, fertilización, control de malezas, y manejo de agua, entre otras, en las diferentes localidades arroceras de la zona. Dados los avances en los sistemas de siembra, es posible iniciar trabajos relacionados con la agricultura de precisión, como mapeo sitio específico del suelo, monitoreo de rendimientos, aplicaciones variables de insumos, entre otros.

Variedades. El arroz producido en el país es del tipo *japonica* templado, que se caracteriza por poseer una altura de planta de entre 90 y 100 cm, resistente a la tendadura, buena respuesta a los fertilizantes y un período de siembra a cosecha de 155 a 160 d. Desde el punto de vista de calidad, las variedades poseen un grano largo ancho, bajo contenido de panza blanca, un contenido de amilosa y un tiempo de gelatinización intermedio, por lo cual no son pegajosos después de la cocción. Las variedades comerciales actuales son 'Zafiro-INIA', 'Cuarzo-INIA' y 'Digua CI'. Esta última es la primera variedad Clearfield, que posee características similares a 'Zafiro-INIA'.

Además de estas variedades, existen otras destinadas a ocupar nichos específicos, como 'Ámbar-INIA', variedad de grano pequeño y glutinoso, y la variedad 'Platino INIA', de grano medio, translúcido y con un bajo porcentaje de panza blanca, apta para sushi y paellas, entre otras preparaciones. La creación de nuevas variedades es una necesidad permanente para mantener la competitividad de los sistemas productivos.

Alimentación y nutrición humana. El arroz es un producto rico en carbohidratos, mediano en proteínas, grasas, vitaminas del complejo B, como niacina, riboflavina y tiamina, macro nutrientes tales como calcio, magnesio y fósforo, micronutrientes como cobre, hierro, manganeso y zinc, y otros componentes ubicados en diferentes partes del grano, como en el pericarpio, germen y endospermo, todos con actividad biológica. Los componentes bioactivos presentes en el arroz han mostrado protección contra algunas enfermedades y un impacto positivo en el sistema inmune del cuerpo. En el caso de los arroces de colores, que han adquirido un mayor interés y estimulado su uso en nutracéuticos y han participado en la industria de los alimentos, poseen una alta actividad biológica y un positivo impacto en la salud humana. Esta área de investigación es muy activa en la búsqueda del rol de sus diferentes componentes en diferentes enfermedades y en el mayor valor agregado en su uso y que se puede explorar en el país.

Manejo de agua. En el año 2010 Chile empezó a ser afectado por una aguda y sostenida sequía, sin precedentes en los registros históricos, esperándose que episodios similares tiendan a ser más frecuentes en el futuro. El recurso agua es y continuará siendo un factor limitante para el desarrollo del cultivo en los sistemas de producción actualmente en uso, es decir, sistema inundado y siembra directa. Durante 2014 se inició la evaluación de variedades ante un uso restringido de agua, los resultados indicaron que, es importante desarrollar nuevas variedades, más eficientes en el uso del agua, especialmente durante el período reproductivo, donde se utilizan los mayores volúmenes. Otra estrategia es producir variedades más precoces que puedan escapar de los meses de menor disponibilidad de agua. Una estrategia complementaria es el estudio y la implementación de nuevos sistemas de manejo de agua y estructuras de riego más eficientes que permitan un mejor aprovechamiento del recurso, dentro y fuera del predio.

Control de malezas. Las malezas son uno de los factores agronómicos más importantes que limitan la producción eficiente del arroz. Evaluaciones realizadas en la zona han determinado pérdidas de rendimientos promedios de un 30 %, debido a un control deficiente de malezas. En este sentido, se han registrado pérdidas de rendimiento entre 26 % y 49 %, producto de la presencia de bajas poblaciones de *Echinochloa* spp., y de un 15 % a 45 % por un mal control de ciperáceas. Dada la complejidad de este problema, se debe adoptar un sistema de control integrado que incluya prácticas culturales, como la preparación de suelos, uso de semilla certificada, aplicaciones de fertilizantes y manejo de agua, entre otros. Se debe continuar el esfuerzo de reemplazar el uso de equipos manuales por equipos mecanizados de aplicación de productos químicos, que contribuyan a tomar mejores decisiones en relación a la época y dosis de aplicación de productos. Es preciso realizar estudios de ecología de las malezas, presencia de malezas resistentes a herbicidas y utilizar estrategias de control químico que reduzcan la posibilidad de que las malezas continúen desarrollando resistencia a los herbicidas utilizados.

Otro aspecto a considerar es el monitoreo del manejo de residuos y de los envases que quedan después de las aplicaciones. En el caso de los envases, se podría promover un plan de reciclaje de envases dejados en los diferentes procesos agrícolas.

Fertilización. En la actualidad, la aplicación de nutrientes involucra, principalmente, el nitrógeno, fósforo y potasio. En este aspecto, es importante continuar promoviendo el uso del análisis de suelos que apoya la aplicación de una dosis adecuada y particular a la condición de cada agricultor. Por otro lado, es importante monitorear la respuesta de los diferentes nutrientes asociados a las variedades comerciales y sistemas de cultivo (inundado o siembra directa), como también evaluar la respuesta al encalado y micronutrientes que podrían contribuir a aumentar la producción.

Enfermedades y plagas. El cultivo del arroz en Chile no presenta una infestación por plagas y enfermedades. Sin embargo, dada las nuevas condiciones impuestas por el cambio climático, hay que monitorear constantemente cualquier posible aparición de síntomas de enfermedades y plagas. En este sentido, es muy importante revisar los requisitos sanitarios para la importación de arroz paddy y, en lo posible, establecer una estación de cuarentena preventiva, para evaluar el germoplasma introducido al país con fines de investigación.

Mecanización. A pesar de los avances logrados, es importante promover y difundir la presencia de una mayor mecanización del cultivo convencional, e introducir nuevas tecnologías como la agricultura de precisión. Se debe considerar que un alto porcentaje de los agricultores manejan pequeñas y medianas superficies de siembra, por lo cual el uso de la maquinaria debería ser compatible con esta situación. De ahí la necesidad de promocionar, a través de ferias, giras tecnológicas u otros medios, maquinaria que cumpla con estas características. Por otro lado, es importante formar capacidades humanas que sean capaces de hacer un uso eficiente de ellas y realizar la mantención de estos recursos.

Cambios en el mercado del trabajo. La estrechez de la oferta de mano de obra en el sector arrocero es un cambio estructural que se acelera cada vez con más fuerza y que se manifiesta, al menos, de dos formas: a) como una menor disposición de los trabajadores a desempeñarse en algunas actividades, producto de los mayores incentivos y expectativas que ofrecen otros sectores agrícolas y/o no agrícolas, y b) como un déficit de personal calificado en nuevas tecnologías, producto del desarrollo de la agricultura. Una manera de abordar este problema podría ser el establecimiento de programas de capacitación certificado para los trabajadores, en nuevos procesos, tecnologías y sistemas de gestión de los recursos que les permitan mejorar la productividad y sus expectativas salariales.

3. Transferencia y difusión de la tecnología

Uno de los principales productos a transferir son las variedades generadas y el uso de semilla certificada. En este sentido, es importante reconocer la rápida adopción de las variedades 'Zafiro-INIA' y 'Cuarzo-INIA' por parte de los agricultores, en reemplazo de las variedades 'Diamante-INIA' y 'Brillante-INIA'. Un caso similar es el uso de 'Platino-INIA' que reemplazó, rápidamente, a la variedad 'Oro', dentro de un nicho específico. 'Platino-INIA' es la primera variedad en ser identificada en los envases de comercialización de la industria, como variedad generada por INIA, lo que marca un hito en la relación público-privada. En este sentido, el futuro desafío es transferir y adoptar la tecnología involucrada en el Sistema de Producción de Arroz Clearfield, que incluye a la variedad 'Digua CI', resistente a los herbicidas de la familia de las imidazolinonas. Este nuevo sistema permite contar con un sistema alternativo y complementario al sistema actual de producción nacional.

Otro aspecto importante a considerar, y que está íntimamente relacionado con las variedades, es el uso de semilla certificada. Se estima que un 50 % de los agricultores usa semilla certificada, lo que representa un aumento importante en la última década, incremento que se debe a la actividad de los programas de fomento de INIA, INDAP y empresas molineras. A pesar de ello, se debe continuar fomentando el uso de este insumo, indispensable para lograr mayores rendimientos, mejor calidad y rentabilidad del cultivo del arroz. En este sentido, es necesario adaptar un sistema de evaluación del impacto logrado por la adopción de la tecnología.

Adicionalmente, es importante considerar la difusión de las tecnologías y prácticas agronómicas relacionadas con la producción. Los estudios experimentales y de validación de la tecnología disponible permiten estimar que el potencial de rendimiento de las variedades en uso, es superior a las 12 t ha⁻¹. Si se considera que el rendimiento promedio de los agricultores que usan la tecnología recomendada oscila entre 8 y 9 t ha⁻¹ y que el promedio nacional está en las 6,5 t ha⁻¹, se puede concluir que existe un desafío a abordar para reducir estas brechas, uti-

lizando la tecnología disponible. Una manera de enfrentar esta situación considera: a) realizar un diagnóstico que permita conocer las causas del escaso uso de la tecnología por parte de algún sector de los agricultores arroceros; b) una vez conocidas las causas, reforzar la extensión y difusión de tecnologías específicas en estos sectores, posiblemente con programas especiales, para poder mejorar la productividad del sector. Hoy día, las empresas molineras poseen la información suficiente de sus usuarios, en cuanto a volumen y calidad del producto, que podría servir como base para permitir la focalización y, de esta forma, lograr la generación de un plan de acción priorizado. Este trabajo debe ser abordado en forma conjunta entre las autoridades políticas y tecnológicas, incluidas las instituciones de investigación, de desarrollo agrícola, de financiamiento, transferencia de tecnología, empresas molineras y de venta de insumos.

Otro aspecto a considerar en las actividades de difusión, es la capacitación en nuevas tecnologías, por ejemplo, manejo de riesgo agroclimático, manejo eficiente de los recursos hídricos, mecanización, teledetección satelital, sistemas de información geográfica y el acceso general al uso de la tecnológica digital disponible que puede ayudar a obtener la información técnica-económica, inserción en el mercado, normas ambientales necesarias para mejorar la eficiencia productiva. Es posible que un alto porcentaje de los agricultores arroceros no tengan los conocimientos básicos para utilizar un computador y acceder a la información disponible, no sólo tecnológica sino también financiera. Paralelamente, es importante considerar, también, programas tendientes a entregar información sobre gestión productiva y conceptos básicos de contabilidad, que ayuden a la planificación de flujos de caja y a tener un mayor control de los costos de producción.

4. Organización

El sector arrocero nacional tiene una buena organización que le permite presentar y discutir los principales problemas que afectan al sector en La Comisión Nacional del Arroz, entidad que coordina el Ministerio de Agricultura. Esta Comisión posee dos subcomisiones que consideran los procesos de innovación y comercialización, donde están representados todos los actores de la cadena productiva. Esta organización es la más adecuada para realizar un plan estratégico que permita priorizar, desarrollar y contribuir a financiar una agenda de innovación para el sector. En este sentido, existen ejemplos de diferentes tipos de organizaciones en Colombia, Uruguay, Australia y U.S.A., entre otros países, donde los agricultores, la industria, las instituciones de investigación y de extensión trabajan coordinadamente, tras objetivos comunes.

Finalmente, consideramos que a pesar de haber logrado reunir y sistematizar la información disponible durante los 100 años del cultivo del arroz en Chile. Sin embargo, creemos que es posible continuar complementando la información presentada en estos dos tomos. Por este motivo, invitamos a quienes posean información adicional, la puedan compartir para realizar nuevas ediciones, que nos permita actualizar el conocimiento de este cultivo en nuestro país.