



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.

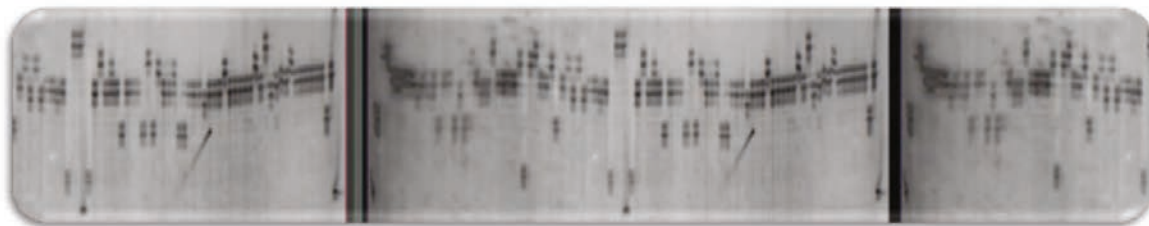


Figura 1. Patrones de bandas obtenidos sobre *Oryza sativa* L. con el SSR RM525. (H=heterocigoto; L= Ladder).

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.

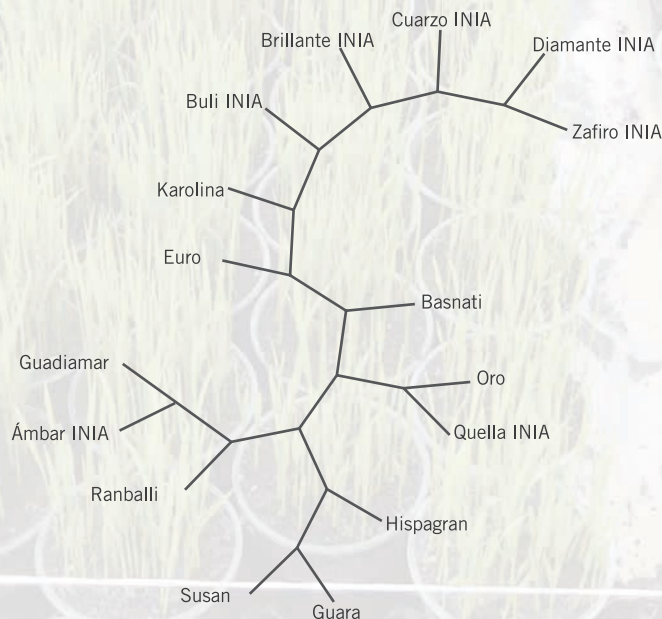


Figura 2. Relaciones genéticas entre variedades comerciales de *Oryza sativa* L. Distancia de Nei.