

# SELECCIÓN DE LÍNEAS PROMISORIAS DE ARROZ A PARTIR DE GENERACIONES AVANZADAS

José Roberto Camacho Montero<sup>1</sup>, José Steven Navarro Ovares<sup>2</sup>

## RESUMEN

**Selección de líneas promisorias de arroz a partir de generaciones avanzadas.** Durante la estación lluviosa del 2018, se evaluaron en Cañas, Guanacaste, 78 líneas avanzadas de arroz originarias del CIAT, Colombia y los testigos Lazzarroz FL, Palmar 18, Puitá INTA CL, INTA CR-1508 y CR-5272. Se usó un diseño experimental de Bloques Aumentados de Federer con seis repeticiones. Las condiciones experimentales permitieron la selección para variables como aceptabilidad fenotípica, rendimiento de campo, grano entero y grano yesoso, entre otras. Estas cuatro primeras variables se incorporaron en un índice para facilitar la selección de los genotipos. En total, se seleccionaron 44 líneas con índices de selección de entre 0,86 y 0,66, mientras que el rango de los testigos fue de 0,85 (CR-5272) y 0,65 (INTA CR-1508). Entre estas 44 líneas se presentaron valores máximos para rendimiento de campo de 6291,8 kg ha<sup>-1</sup> y para rendimiento de grano entero de 62,8 g; mientras que los testigos tuvieron valores máximos de 5925 kg ha<sup>-1</sup> (CR-5272) y 62,1 g (Puitá INTA CL). Las líneas A-1875, A-1693, A-2019, A-1670, A-1686, A-1667, A-2068, A-1668, A-2032 y A-2110 son ejemplos de materiales promisorios por sus altos valores para el índice de selección y que presentaron niveles entre altos y aceptables para sus componentes individuales. La evaluación posterior de estas 44 líneas, permitirá identificar con mayor certeza genotipos élite que continuarán en el proceso de desarrollo de variedades comerciales de arroz.

**Palabras Clave:** Fitomejoramiento, aceptabilidad fenotípica, rendimiento de grano, grano entero, grano yesoso, índice de selección.

## ABSTRACT

**Promising Rice Lines Selection from Advanced Generations.** During the rainy season of 2018, 78 advanced rice lines from CIAT, Colombia and checks Lazzarroz FL, Palmar 18, Puita INTA CL, INTA CR-1508 and CR-5272 were evaluated in Canas, Guanacaste. A Federer Augmented Randomized Complete Block Design with six repetitions was used. Experimental conditions favored selection for variables such as phenotypic acceptability, grain yield, head rice yield, grain chalkiness, among others. These first four variables were incorporated in an index to facilitate selection of genotypes. In total, the 44 selected lines presented indexes between 0,86 and 0,66, while the checks ranged from 0,85 (CR-5272) to 0,65 (INTA CR-1508). Among these 44 lines, the maximum value for grain yield was 6291,8 kg ha<sup>-1</sup> and 62,8 g for head rice yield; while checks had maximum values of 5925 kg ha<sup>-1</sup> (CR-5272) and 62,1 g (Puita INTA CL). Lines A-1875, A-1693, A-2019, A-1670, A-1686, A-1667, A-2068, A-1668, A-2032 and A-2110 are examples of promising materials because of their high selection indexes and with levels between high and acceptable for the individual components. Subsequent evaluation of these 44 lines will help to identify elite genotypes with greater confidence, which will continue in the development process of new commercial rice varieties.

**Keywords:** Plant breeding, phenotypic acceptability, grain yield, head rice, chalky grain, selection index.

<sup>1</sup> Autor para correspondencia. Investigador del Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), San José, Costa Rica. rcamacho@inta.go.cr

<sup>2</sup> Estudiante de Licenciatura en Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica Nacional (UTN), Guanacaste, Costa Rica. jnavarro@est.utn.ac.cr

Recepción: 01.07.2019. Aceptación: 26.11.2019.

## INTRODUCCIÓN

El arroz es alimento básico más importante para la humanidad, debido a que más de la mitad de la población mundial depende de este como la principal fuente calórica (FAO 2012). El cultivo del arroz es también una actividad económica muy importante en Costa Rica y su grano es el componente principal de la dieta de los costarricenses. Durante el periodo 2017-2018, en el país se sembraron 37560 ha y se produjeron 157930 TM del grano, suficientes para abastecer el 43% del consumo nacional. Durante ese periodo, el rendimiento promedio en Costa Rica fue 4,2 TM ha<sup>-1</sup>, con el 53% del área cultivada en seco y el 47% bajo riego (Conarroz 2018).

La producción moderna de arroz en Costa Rica fue impulsada inicialmente por el desarrollo de variedades semi-enanas como CR-1113, CR-1821 y CR-5272, originarias del *International Rice Research Institute* (IRRI), del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y liberadas por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) entre las décadas de los 70's y 80's (León y Arroyo 2011 Tinoco y Acuña 2008). Estas tres variedades tenían en común su porte bajo de 85 - 89 cm al nudo ciliar; sin embargo, CR-1113 y CR-1821 eran de ciclo tardío (90-100 días a floración) y alto potencial de rendimiento (8,0 - 8,5 TM ha<sup>-1</sup>); mientras CR-5272 era de ciclo más precoz y de un menor potencial de rendimiento (Valdés *et al.* 1992).

Durante los últimos 20 años variedades liberadas por la empresa privada se han posicionado en la producción nacional. En la actualidad las principales variedades de arroz en el país son Lazarroz FL (13,514 ha), Palmar 18 (10,235 ha), Puitá INTA CL (4,543 ha), Nayuribe B FL (2,022 ha), Nayudel FL

(1,717 ha) y Sierpe FL 250 (1,639 ha) (Conarroz, 2018). El origen de la mayor parte de estas variedades es el Fondo Latinoamericano del Arroz de Riego (FLAR) (ONS 2019), siendo la única excepción la variedad resistente a las imidazolinonas Puitá INTA CL, desarrollada por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria de Argentina (PROARROZ 2015).

En la actualidad, los esfuerzos de mejora genética en el país se mantienen tanto a nivel público, como privado debido a la necesidad de aumentar el potencial de rendimiento de las variedades comerciales, así como para mantener niveles adecuados de resistencia a las principales plagas y enfermedades del cultivo, entre otros objetivos (Dingkuhn *et al.* 2015, Jennings 1979, Peng *et al.* 1999). Lo anterior resulta especialmente importante ante el escenario actual de cambio en los patrones climáticos, en la dinámica de plagas y enfermedades y la incertidumbre que esto causa sobre la seguridad alimentaria global (Peng *et al.* 2015).

Las líneas evaluadas en la presente investigación fueron desarrolladas por el Programa de Arroz del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia y fueron introducidas a Costa Rica por el INTA. Este estudio tuvo por objetivo evaluar preliminarmente la adaptación, rendimiento y calidad del grano de estos genotipos bajo las condiciones edafoclimáticas características de la producción de arroz en Costa Rica, para la selección de aquellos con mayor potencial para continuar su proceso de selección en diferentes localidades y épocas de siembra.

<sup>1</sup> Autor para correspondencia. Investigador del Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), San José, Costa Rica. rcamacho@inta.go.cr

<sup>2</sup> Estudiante de Licenciatura en Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica Nacional (UTN), Guanacaste, Costa Rica. jnavarro@est.utn.ac.cr

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción de las Condiciones Experimentales

El presente estudio se desarrolló en la Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez (EEEJN), Cañas, Guanacaste, Costa Rica, propiedad del Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). La EEEJN tiene una altitud media de 12 msnm, cuenta con suelos inceptisoles/molisoles y riego proveniente del Distrito de Riego Arenal - Tempisque (DRAT); esta se encuentra dentro del Corredor Seco Mesoamericano, caracterizado por poseer vegetación nativa del tipo Bosque Seco Tropical, con precipitaciones promedio de 1700 mm y temperaturas promedio de 28° C. La estación lluviosa en esta región se desarrolla de mediados de mayo a mediados de noviembre y la seca de mediados de noviembre a mediados de mayo.

El experimento fue establecido el 11 de julio del 2018 bajo condiciones típicas de la época lluviosa. El riego se aplicó de forma intermitente debido a la dificultad de mantener inundación permanente en el terreno utilizado. La densidad de siembra fue de 100 kg ha<sup>-1</sup> para todos los tratamientos. La nutrición se suplió con 140 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno ureico de forma fraccionada, 80 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O y 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Se utilizaron insecticidas para el control de plagas como el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y el chinche del arroz (*Oebalus insularis*), pero se evitó el uso de fungicidas y bactericidas.

Los tratamientos evaluados fueron 78 líneas avanzadas provenientes del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), mientras que las variedades comerciales Lazarroz FL, Palmar 18, Puitá INTA CL, INTA CR-1508 y CR-5272 sirvieron como testigos. El diseño experimental empleado fue de Bloques Aumentados de Federer. Este diseño fue presentado por Federer (1961) para facilitar la evaluación de mayor cantidad de genotipos en los programas de selección varietal y en general acelerar el proceso de mejora genética; en este diseño solamente son replicados los tratamientos testigo y por lo tanto el análisis estadístico se realiza con los mismos (Rojas 2005).

En este experimento los testigos contaron con seis repeticiones, mientras que las líneas con una única observación. En total el experimento contó

con seis bloques, que incluían los cinco testigos replicados y trece líneas experimentales. La unidad experimental fue de 7,5 m<sup>2</sup>, con 5 m de longitud, 1,5 m de ancho y un total por parcela de 6 surcos distanciados 25 cm.

### Variables Agronómicas y Rendimiento de Campo

Las variables agronómicas como días a floración, aceptabilidad fenotípica, altura y volcamiento emplearon el Sistema de Evaluación Estándar de Arroz (SES, por siglas en inglés; CIAT 1983). El rendimiento de campo se registró en gramos por parcela total, igualmente se evaluaron los porcentajes de humedad e impurezas por parcela. El rendimiento de campo fue extrapolado a kg ha<sup>-1</sup>, a 13% de humedad y 1,5% de impurezas. El rendimiento de campo de las líneas fue ajustado para el efecto bloque, utilizando el programa para SAS 9.4., diseñado por Parsad *et al.* (2011).

Los días a floración se registraron desde la emergencia hasta el 50% de floración en la parcela y la aceptabilidad fenotípica según el SES se clasificó como excelente: 1, buena: 3, regular: 5; pobre: 7; e inaceptable: 9. La altura se registró en centímetros desde la base del tallo hasta el extremo de la panícula más alta para un total de tres plantas por parcela y el volcamiento o acame según el SES se clasificó como tallos fuertes: 1, tallos moderadamente fuertes: 3, tallos moderadamente débiles: 5, tallos débiles: 7 y tallos muy débiles: 9.

### Calidad de Molienda, Grano Yesoso y Contenido de Amilosa

La calidad de molienda se determinó con el pulidor de laboratorio de PAZ 1DTA, marca Zaccaria, en el Laboratorio de Granos y Semillas de la EEEJN. Con este equipo se procedió inicialmente al descascarado y pulido de una muestra de 100 g para estimar el rendimiento de arroz integral y arroz blanco, respectivamente. Posteriormente, el arroz blanco fue separado en las fracciones de grano entero, grano quebrado grueso y puntilla, utilizando tambores de alveolos de 5,5, 4,5 y 3,5 mm. El rendimiento de pilada y de grano entero de las líneas fue ajustado para el efecto bloque, utilizando el programa estadístico diseñado por Parsad *et al.* (2011).

Para la evaluación del grano yesoso se diseñó una escala visual siguiendo como modelo la escala general del SES, esta incluye en una sola categoría la condición de panza, espalda o centro blanco, así como los granos yesosos. Diez gramos de arroz entero fueron colocados en una caja *Petri* de 9 cm con fondo negro. Se utilizó la siguiente escala de evaluación: excelente o 1: de 0% a 1% de granos yesosos; buena o 3: de 1% a 5% de granos yesosos; regular o 5: de 5% a 10% de granos yesosos; pobre o 7: de 10% a 50% de granos yesosos; e inaceptable o 9: de 50% a 100% de granos yesosos. Como último componente de la evaluación de calidad, el contenido aparente de amilosa de los testigos y 44 materiales seleccionados fue estimado por el Laboratorio de Micotoxinas del Centro de Investigación en Granos y Semillas de la Universidad de Costa Rica (CIGRAS-UCR).

## Índice de Selección

Para facilitar la selección de genotipos se diseñó un índice que asignó el mismo peso específico a las variables aceptabilidad fenotípica (0.25), rendimiento de campo (0.25), rendimiento de grano entero (0.25) y evaluación visual de grano yesoso (0.25). En el caso de la aceptabilidad fenotípica y la evaluación visual de grano yesoso, las escalas de evaluación respectivas fueron interpretadas de la siguiente manera: excelente o 1 es igual 0.25 en el componente del índice; bueno o 3 es igual a 0.20; regular o 5 es igual a 0.15; pobre o 7 es igual a 0.10 e inaceptable o 9 es igual a 0.05. Para las variables continuas rendimiento de campo y rendimiento de grano entero, la calificación de un genotipo con valores de entre 0 y 0.25 depende de su desempeño del mismo con respecto al testigo o línea que obtuvo los mejores valores para cada variable.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Variables Agronómicas y Rendimiento de Campo

Tomando como base el comportamiento de los testigos CR-5272, Lazarroz FL, Palmar 18, INTA Puita CL e INTA CR-1508, este experimento se identificó como adecuado para discriminar entre genotipos y seleccionar con respecto a las principales variables agronómicas y rendimiento de campo. Los datos de volcamiento no son reportados porque este experimento no resultó adecuado para discriminar con respecto a este factor.

En promedio las líneas florecieron a los  $82 \pm 4$  días después de la emergencia y los testigos a los  $78 \pm 4$  días; aunque se presentaron diferencias visibles entre las líneas con respecto al ciclo, este no fue un factor incluido en el índice de selección dado que ningún genotipo fue descartado por ser excesivamente precoz o tardío. De forma similar, la altura promedio de las líneas fue de  $107 \pm 8$  cm y la de los testigos  $108 \pm 6$  cm; y aunque se presentaron diferencias medibles en altura, ningún genotipo fue descartado por ser extremadamente enano o alto y este rubro no fue considerado en el índice de selección (Cuadro 1).

Para aceptabilidad fenotípica y el rendimiento de campo, se obtuvieron diferencias importantes que permitieron categorizar los

genotipos e incorporar dichas variables en un índice de selección. La aceptabilidad fenotípica está asociada con el ideotipo o tipo de planta ideal y por ende con el valor agronómico y potencial de rendimiento estimado por los fitomejoradores (Cassman 1994; Peng *et al.* 2004) El valor más común de aceptabilidad fenotípica para las líneas en este experimento fue cinco o regular, mientras que el de los testigos fue tres o bueno. Dado que múltiples líneas presentaron también valores de uno o tres, el experimento ofreció condiciones ideales para realizar selección positiva con respecto a este parámetro (Cuadro 1).

La variable rendimiento de campo mostró diferencias significativas entre testigos, entre líneas y entre testigos versus líneas ( $p < 0.01$ ), lo que muestra la utilidad de este experimento para seleccionar para este factor (Cuadro 1). Las líneas A-2032, A-2068 y A-2110 no mostraron diferencias con respecto al testigo CR-5272, mientras que las líneas A-2019, A-1667 y A-1670 no mostraron diferencias con respecto a los testigos Lazarroz FL y Palmar 18 (prueba LSD, resultados no mostrados).

A pesar de lo anteriormente expuesto, debe considerarse que el rendimiento de campo es una característica poligénica altamente influenciada por las condiciones ambientales y por ende un

único ambiente no resulta adecuado para tomar decisiones de selección con respecto a esta variable (Fehr 1991; Simmonds 1979). Esta fue una de las razones por las que se tomó la decisión de diseñar y

utilizar un índice de selección de variables múltiples para categorizar los genotipos y tomar decisiones sobre su avance en la línea de mejoramiento.

**Cuadro 1.** Días a floración, aceptabilidad fenotípica, altura y rendimiento de campo ajustado de testigos y una muestra de las líneas seleccionadas en el experimento de parcelas de observación de arroz. Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez, Cañas, Guanacaste, Costa Rica. Julio, 2018.

Tratamientos	Días a Floración**	Aceptabilidad Fenotípica**	Altura (cm)**	Rendimiento de Campo Ajustado kg ha <sup>-1</sup> ***
<b>Testigos*</b>				
CR-5272	66	3	105	5925
Lazarroz FL	86	1	117	5238
Palmar 18	78	3	112	4899
Puitá INTA CL	76	5	102	3781
INTA CR-1508	86	5	104	3123
<b>Líneas Seleccionadas*</b>				
A-2032	74	5	105	6292
A-2068	74	5	107	5315
A-2110	78	3	106	5132
A-2019	83	1	121	4934
A-1667	82	3	113	4799
A-1670	80	3	113,	4738
A-1875	83	3	101	4381
A-1693	87	3	116	4375
A-1686	84	1	104	4371
A-1668	80	1	102	4014

\* Datos de los testigos provienen del promedio de seis repeticiones, para las líneas se contó con una sola observación. En ambos casos para altura se registraron tres mediciones por repetición. Se presenta un subgrupo de diez líneas destacadas, en total 44 líneas fueron seleccionadas en este experimento para continuar el proceso de evaluación a nivel de pruebas multi-ambientales en el año 2019.

\*\* Días a floración de emergencia a 50% de floración; aceptabilidad fenotípica según el Sistema de Evaluación Estándar de Arroz (SES, por sus siglas en inglés), excelente: 1, buena: 3, regular: 5; pobre: 7; inaceptable: 9; altura en centímetros desde la base del tallo hasta el extremo de la panícula más alta. Para la aceptabilidad, los datos de los testigos corresponden a la moda.

\*\*\* Rendimiento de campo de los testigos es el promedio de seis repeticiones, para las líneas se contó con una sola observación. El dato reportado para las líneas fue ajustado para el efecto bloque según procedimientos estándares para el diseño de bloques aumentados de Federer, programa SAS 9.4. Diferencias estadísticamente significativas entre testigos, líneas y testigos vs. líneas ( $p < 0.01$ ).



**Figura 1.** Línea seleccionada A-1670 (Fotografía corresponde al ensayo de parcelas de observación, Finca La Ligia, Parrita, Mayo 2019).



**Figura 2.** Línea seleccionada A-2068 (Fotografía corresponde al ensayo de parcelas de observación, Finca La Ligia, Parrita, Mayo 2019).

### Calidad de Molienda, Grano Yesoso y Contenido de Amilosa

Este experimento resultó adecuado para la evaluación y selección de líneas por sus parámetros de calidad de molienda. Para el rendimiento de grano entero se encontraron diferencias entre testigos, entre líneas y entre testigos versus líneas ( $p < 0.01$ , Cuadro 2). Las líneas A-1670, A-1875 y A-1686 no mostraron diferencias con los testigos Puitá INTA CL, CR-5272 y INTA CR-1508; mientras que las líneas A-2068, A-1693, A-1668, A-2032, A-2019 y A-1667 no mostraron diferencias con respecto a los testigos Lazarroz FL y Palmar 18 (prueba LSD, resultados no mostrados).

Para el rendimiento de pilada no se encontraron diferencias entre testigos, pero si se encontraron entre líneas, y en la comparación entre testigos y líneas ( $p < 0.01$ , Cuadro 2). Las líneas A-1670, A-2068 y A-1686 presentaron niveles estadísticamente comparables con las variedades CR-5272, INTA CR-1508 e Puitá INTA CL, mientras que las líneas A-2032, A-2019, A-1693, A-1875, A-1668 y A-1667 presentaron rendimientos de pilada comparables con las variedades comerciales Lazarroz FL y Palmar 18 (prueba LSD, resultados no mostrados).

Los testigos Puitá INTA CL, CR-5272 y Palmar 18 fueron los que presentaron los mejores valores con respecto a grano yesoso, con valores de 1, 3 y 3, respectivamente (Cuadro 2). Considerando lo anterior y el desempeño de las líneas, este experimento resultó valioso para realizar selección entre los materiales con respecto al grano yesoso. Resulta destacable que alrededor del 50% de las líneas obtuvieron calificaciones de excelente a bueno para la evaluación visual de grano yesoso, con nueve líneas calificadas con uno y 29 clasificadas como tres, respectivamente. Sin embargo, la selección para esta variable y su inclusión en el índice fue factible debido a que al menos una línea obtuvo un valor de nueve o inaceptable, 13 líneas valores de siete o pobre y 26 líneas valores de cinco o regular.

Respecto al contenido de amilosa, todos los testigos y líneas evaluadas presentaron perfiles típicos para las variedades de grano largo tipo *indica* disponibles en el mercado costarricense. El contenido de amilosa promedio de las variedades comerciales Puitá INTA CL, CR-5272, INTA CR-1508, Lazarroz FL y Palmar 18 fue de  $34,5 \pm 1,2\%$ , mientras que el promedio de las líneas seleccionadas fue  $34,0 \pm 1,5\%$  (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Rendimiento de grano pilado, rendimiento de grano entero, evaluación visual de grano yesoso y contenido de amilosa de testigos y una muestra de las líneas seleccionadas en el experimento de parcelas de observación de arroz. Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez, Cañas, Guanacaste, Costa Rica. Julio, 2018.

Tratamientos	Rendimiento de Grano Pilado (g)**	Rendimiento de Grano Entero (g)**	Grano Yesoso***	Contenido de Amilosa (%) ****
<b>Testigos*</b>				
Puitá INTA CL	67,3	62,1	1	32,9
CR-5272	68,2	59,2	3	34,9
INTA CR-1508	67,9	59,0	5	33,8
Lazarroz FL	66,9	55,6	5	35,1
Palmar 18	66,9	53,6	3	35,8
<b>Líneas Seleccionadas*</b>				
A-1670	67,8	61,5	3	31,6
A-1875	65,5	59,9	1	32,4
A-1686	67,0	57,6	5	35,5
A-2068	67,2	56,2	3	33,3
A-1693	66,1	54,5	1	34,3
A-1668	65,4	53,2	5	32,3
A-2032	66,8	52,4	5	34,7
A-2019	66,3	51,6	3	33,9
A-1667	65,1	50,6	3	33,4
A-2110	64,4	48,5	5	35,1

\* Datos de los testigos provienen del promedio de seis repeticiones, para las líneas se contó con una sola observación. Se presenta un subgrupo de diez líneas destacadas, en total 44 líneas fueron seleccionadas en este experimento para continuar el proceso de evaluación a nivel de prueba multi-ambientales en el año 2019.

\*\* Rendimiento de grano pilado y rendimiento de grano entero se estimaron sobre una muestra de 100 g de arroz en granza seco y limpio (13% de humedad, 1,5% de impurezas), utilizando el pulidor de laboratorio Zaccaria PAZ-1/DTA. Los datos reportados para las líneas fueron ajustados para el efecto bloque según procedimientos estándares para Bloques Aumentados de Federer, programa SAS 9.4. Rendimiento de pilada: No hay diferencias estadísticamente significativas entre testigos, diferencias estadísticamente significativas entre líneas y testigos vs. líneas ( $p < 0.01$ ). Rendimiento de grano entero: Diferencias estadísticamente significativas entre testigos, líneas y testigos vs. líneas ( $p < 0.01$ ).

\*\*\*La evaluación de grano yesoso utilizó escala visual modificada por el Laboratorio de Granos y Semillas del INTA siguiendo el patrón general del Sistema de Evaluación Estándar de Arroz, (SES, por sus siglas en inglés), excelente: 1, buena: 3, regular: 5; pobre: 7 e inaceptable: 9. Los datos de los testigos corresponden a la moda.

\*\*\*\* El contenido aparente de amilosa (%) fue evaluado por el Laboratorio de Análisis de Micotoxinas del Centro de Investigación en Granos y Semillas de la Universidad de Costa Rica (CIGRAS-UCR).

## Índice de Selección

Para facilitar la selección a nivel de campo y laboratorio se implementó un índice que asignó igual peso específico a las variables aceptabilidad fenotípica, rendimiento de campo, rendimiento de grano entero y evaluación visual de grano yesoso. La utilidad práctica del índice se evidencia por los valores obtenidos por las variedades testigo, CR-5272, Lazarroz FL y Palmar 18 con calificaciones de 0,85, 0,81 y 0,79 respectivamente, que se encontraron en la parte superior de la categorización (Cuadro 3). La representación gráfica del índice de selección para los testigos muestra un desempeño ideal para los tres testigos mencionados anteriormente, en el que tanto el índice como sus componentes, se encuentran agrupados en el perímetro del gráfico radial en el área de mejor calificación para cada uno de ellos. Materiales como INTA CR-1508 e Puitá INTA CL muestran una

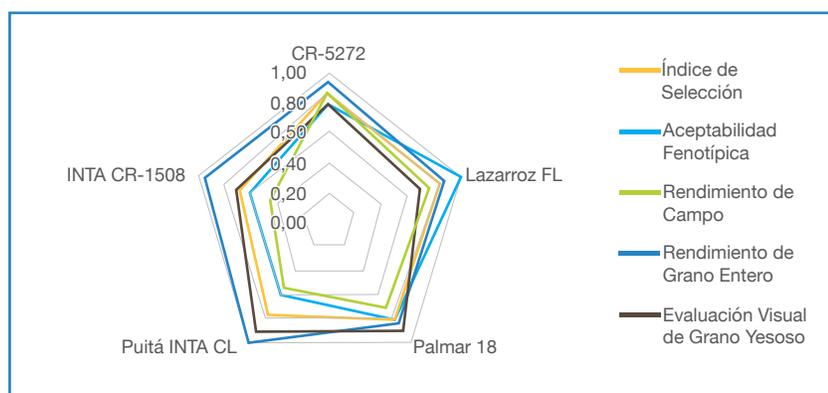
distribución dispersa, situación no ideal para fines de selección (Figura 3).

El desempeño de las líneas con respecto a este índice fue considerablemente más variable. El promedio de estas fue  $0,69 \pm 0,09$ , un valor máximo de 0,86 y un mínimo de 0,49; por lo que el mismo se consideró de utilidad para realizar selección. Para avanzar en el proceso de evaluación se identificaron 44 materiales con índices de selección entre 0,86 y 0,66, que corresponde al rango obtenido entre los testigos CR-5272 (0,85) e INTA CR-1508 (0,65). En la Figura 4 se muestra el desempeño de diez de las líneas seleccionadas para el índice de selección y sus componentes, de forma similar al análisis de los testigos, se observan algunos materiales con distribuciones más concentradas hacia la periferia del gráfico radial (A-1667) y potencialmente de mayor valor, mientras que otros materiales presentan distribuciones más dispersas (A-2110; Figura 4).

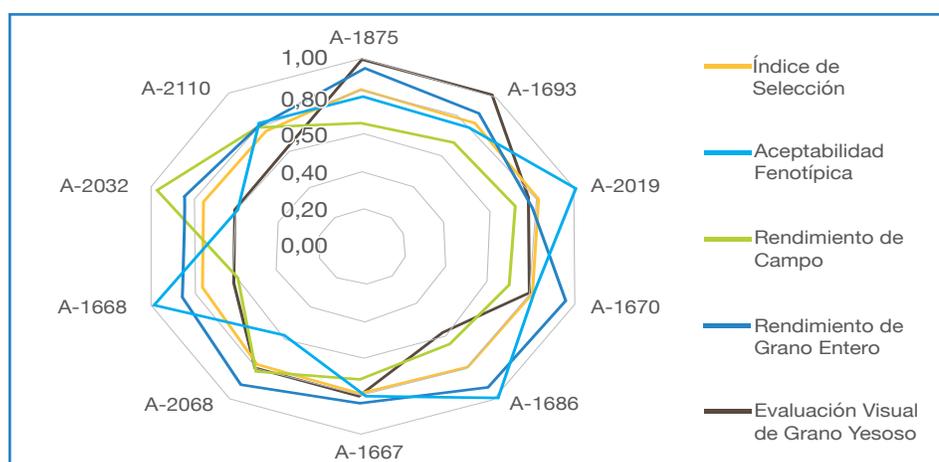
**Cuadro 3.** Índice de selección y sus componentes, aceptabilidad fenotípica, rendimiento de campo, rendimiento de grano entero y evaluación visual de grano yesoso, de testigos y una muestra de las líneas seleccionadas en el experimento de parcelas de observación de arroz. Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez, Cañas, Guanacaste, Costa Rica. Julio, 2018.

Tratamientos	Componente**				Índice de Selección
	Aceptabilidad Fenotípica	Rendimiento de Campo	Rendimiento Grano Entero	Grano Yesoso	
<b>Testigos</b>					
CR-5272	0,20	0,22	0,24	0,20	0,85
Lazarroz FL	0,25	0,19	0,22	0,15	0,81
Palmar 18	0,20	0,18	0,21	0,20	0,79
Puitá INTA CL	0,15	0,14	0,25	0,25	0,79
INTA CR-1508	0,15	0,11	0,24	0,15	0,65
<b>Líneas Seleccionadas*</b>					
A-1875	0,20	0,16	0,24	0,25	0,85
A-2019	0,25	0,18	0,21	0,20	0,84
A-1693	0,20	0,16	0,22	0,25	0,83
A-1670	0,20	0,17	0,25	0,20	0,82
A-1686	0,25	0,16	0,23	0,15	0,79
A-1667	0,20	0,18	0,20	0,20	0,78
A-2068	0,15	0,19	0,22	0,20	0,77
A-1668	0,25	0,15	0,21	0,15	0,76
A-2032	0,15	0,23	0,21	0,15	0,74
A-2110	0,20	0,19	0,19	0,15	0,73

\* Datos de los testigos provienen del promedio de seis repeticiones, para las líneas se contó con una sola observación. Se presenta un subgrupo de diez líneas destacadas, en total 44 líneas fueron seleccionadas en este experimento para continuar el proceso de evaluación a nivel de prueba multi-ambientales en el año 2019. \*\* Valor máximo por componente del índice de selección 0,25.



**Figura 3.** Índice de selección y sus componentes, aceptabilidad fenotípica, rendimiento de campo, rendimiento de grano entero y evaluación visual de grano yesoso, de testigos del experimento de parcelas de observación de arroz. Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez, Cañas, Guanacaste, Costa Rica. Julio, 2018.



**Figura 4.** Índice de selección y sus componentes, aceptabilidad fenotípica, rendimiento de campo, rendimiento de grano entero y evaluación visual de grano yesoso, de una muestra de las líneas seleccionadas en el experimento de parcelas de observación de arroz. Estación Experimental Enrique Jiménez Núñez, Cañas, Guanacaste, Costa Rica. Julio, 2018.

## CONSIDERACIONES FINALES

Como resultado del presente experimento se seleccionaron 44 líneas con índices de selección de entre 0,86 y 0,66, mientras que el rango de los testigos fue de 0,85 (CR-5272) y 0,65 (INTA CR-1508). Las líneas seleccionadas presentaron igualmente valores entre excelentes y aceptables para los componentes del índice de selección y otras variables evaluadas. Estas tuvieron valores máximos para el rendimiento de campo de 6291,8 kg ha<sup>-1</sup>, 68,5 g para el rendimiento de grano pilado, 62,1 g para el rendimiento de grano entero y múltiples líneas presentaron valores de entre 1 y 3 para aceptabilidad fenotípica y grano yesoso. En comparación, los testigos presentaron valores máximos de 5925 kg ha<sup>-1</sup> para el rendimiento de

campo, 68,2 g para el rendimiento de pilada, 62,1 g para el rendimiento de grano entero, y de entre 1 y 5 para aceptabilidad fenotípica y grano yesoso.

La evaluación de los 44 materiales seleccionados, en múltiples localidades arroceras durante el año 2019; permitirá confirmar las características de interés identificadas en este experimento. Al final se identificará un grupo reducido y selecto de líneas con excelente adaptación, rendimiento, calidad de grano y resistencia a los principales limitantes bióticos y abióticos de la producción de riego y secano favorecido de Costa Rica.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a las siguientes personas por su colaboración en el desarrollo de la presente investigación: Ing. Luis Enrique Carrera Hidalgo, Ing. Juan Carlos Jiménez Vargas, Ing. Edwin Quirós Ramos, Sr. José Armando Cárdenas Flores, Sr. Paolo Andrés Delgado Chavarría, Sra. Ana Argery Alvarado Rodríguez, Ing. Katherine Bonilla Mora del INTA, Ing. Diego Bogantes Ledezma, Sr. Danilo Alvarado Quesada (CIGRAS-UCR), y la M.Sc. Paola Mosquera (Louisiana State University).

## LITERATURA CITADA

- Cassman, KG. (Ed). 1994. Breaking the yield barrier: proceedings of a workshop on rice yield potential in favorable environments. International Rice Research Institute. Manila, Filipinas.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1983. Sistema de evaluación estándar para arroz. 2 ed. Cali, Colombia. 61 p.
- Conarroz (Corporación Arrocería Nacional). 2018. Informe anual estadístico 2017/2018 (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 1 jul. 2019. Disponible en [https://www.conarroz.com/userfile/file/INFORME\\_ANUAL\\_ESTADISTICO\\_PERIODO\\_2017\\_2018.pdf](https://www.conarroz.com/userfile/file/INFORME_ANUAL_ESTADISTICO_PERIODO_2017_2018.pdf)
- Dingkuhn, M; Laza, MR; Kumar, U; Mendez, KS; Collard, B & Sow, A. 2015. Improving yield potential of tropical rice: achieved levels and perspectives through improved ideotypes. *Field Crops Research* 182:43-59.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2002. Concern about rice production practices (en línea). Consultado 29 oct. 2019. Disponible en: <http://www.fao.org/english/newsroom/news/2002/7538-en.html>
- Fehr, WR. 1991. Principles of Cultivar Development: Theory and Technique. Macmillan Publishing Company. 536 p
- Jennings, PR; Coffman, WR; Kauffman, HE. 1979. Rice improvement. Manila, Filipinas. International Rice Research Institute. 186 p.
- León, JL; Arroz, N. 2011. Producción, tecnología y comercialización del arroz en Costa Rica 1950-2005: estudios en Ciencias Económicas. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. 133 p.
- ONS (Oficina Nacional de Semillas). 2019. Registro de variedades comerciales: variedades comerciales vigentes al 20 de junio 2019 (en línea). Consultado 1 jul. 2019. Disponible en [http://ofinase.go.cr/wp-content/uploads/rvc\\_vigentes.pdf](http://ofinase.go.cr/wp-content/uploads/rvc_vigentes.pdf)
- Parsad, R; Dhandapani, A; Khandelwal, MK. 2011. SAS Macro for analyzing augmented block designs (en línea, programa informático). Nueva Delhi, India. National Agricultural Research System. Consultado 1 jul. 2019. Disponible en <http://apps.iasri.res.in/sscnars/augblkdsgn.aspx>
- Peng, S; Cassman, KG; Virmani, SS; Sheehy, J; Khush, GS. 1999. Yield potential trends of tropical rice since the release of IR8 and the challenge of increasing rice yield potential. *Crop Science* (1999):1552-1559.
- Peng, S; Laza, RC; Visperas, RM; Khush, GS; Virk, P; Zhu, D. 2004. Rice: progress in breaking the yield ceiling. In Proceedings of the 4th International Crop Science Congress. Brisbane, Australia.
- Peng, S; Neue, HU; Ziska, LH. 1995. Climate change and rice. Manila, Filipinas. International Rice Research Institute. 374 p.
- PROARROZ. 2015. Puitá INTA CL (en línea). Entre Ríos, Argentina. Consultado 29 oct. 2019. Disponible en <http://proarroz.com.ar/informacion-de-interes/variedades-de-arroz/puita-inta-cl>
- Rojas, BA. 2005. Bloques aumentados (repasso: Federer, 1961). *Agrociencia*, 39(6), 693-695. Tinoco, R; Acuña, A. 2008. Manual de recomendaciones técnicas: cultivo de arroz (*Oryza sativa*). San José, Costa Rica. 78 p.
- Simmonds, NW. 1979. Principles of Crop Improvement. Longman Scientific and Technical. 408 p
- Valdés, V; Aguilar, J; Sanabria, A. 1992. Tecnología de Producción para el Cultivo de Arroz en Riego: Mejores Alternativas en el Distrito de Riego Arenal (En línea). Convenio MAG-SENARA-IICA. Cañas, Guanacaste, Costa Rica. 9 p. Consultado 25 oct. 2019. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/biblioteca-virtual/AV-1389.pdf>