

RENDIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DE LÍNEAS F₈ DE ARROZ EN VIVEROS DE OBSERVACIÓN¹

**Luis A. Barahona-Amores²; Eric Quirós-Rodríguez³; Evelyn I. Quirós-McIntire⁴;
Víctor M. Camargo-García⁵; Houdini F. Rodríguez-Him⁶; José A. Quintero-Samudio⁷**

RESUMEN

El mejoramiento genético de arroz es un proceso dinámico que se desarrolla en varias etapas que involucran desde el momento que se planifican y ejecutan las cruces, continúa con el manejo de poblaciones segregantes F₂ hasta F₅, cuando suelen producirse las primeras líneas con algunas características estabilizadas y luego se conforman los viveros para selección. El objetivo del ensayo fue evaluar y seleccionar líneas sobresalientes por su valor agronómico en diferentes localidades del país, para ser incluidas en ensayos avanzados del proyecto de mejoramiento genético. El experimento se estableció de agosto a diciembre de 2022 en cinco localidades bajo el sistema de secano, se evaluaron 176 cultivares incluyendo dos testigos comerciales; cada línea a evaluar se estableció en una parcela de cinco hileras de 5 m de largo separadas a 0,2 m entre ellas. El diseño experimental fue bloques aumentados de Federer donde las líneas F₈ no se repiten, intercalando testigos en cada bloque. Se realizó un análisis utilizando el Índice de selección con una meta de +3 y una intensidad de 10 para rendimiento y una meta de -3 y una intensidad de 6 para acame, pircularia, sarocladium, manchado de grano y bacteriosis. Se obtuvo un porcentaje de selección distinto en cada localidad, con 10,2% en El Coco, 12,5% en Tonosi, 23,3% en Alanje, 24,4% en Guarumal y un 47,7% en Remedios. En el análisis combinado se seleccionaron 27 líneas, los cuales presentaron una ganancia relativa de 19% en rendimiento, una disminución de -29% en manchado de grano, -21% en bacteriosis, -17% en pircularia y -7% en acame, todo con respecto a la media poblacional. Se concluyó que con el índice de selección se lograron identificar 27 líneas con mejores características que los testigos comerciales, los cuales pueden ser incluidos en los ensayos avanzados de mejoramiento del IDIAP.

Palabras clave: Antocianinas, antioxidantes, alimentación escolar, carbohidratos.

¹Recepción: 14 de julio de 2025. Aceptación: 14 de abril de 2026.

²Instituto De Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Centro de Innovación Agropecuaria Azuero (CIA Azuero). M.Sc. Ciencias Agrícolas. e-mail: alberline@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5824-7688>

³IDIAP. Subcentro Guarumal. Ing. Agrónomo. e-mail: ericquirosr@yahoo.es;

ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0009-8998-1637>

⁴IDIAP. Centro de Innovación Agropecuaria de Recursos Genéticos (CIARG). Ph.D. Ciencias Agrícolas.

e-mail: evelynitzel26@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-9754-1393>

⁵IDIAP. Subcentro Pacífico Marciaga. Ing. Agrónomo. e-mail: vcamargo19@hotmail.com;

ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0000-3169-7232>

⁶IDIAP. Centro de Innovación Agropecuaria Divisa (CIA Divisa). Ing. Agrónomo.

e-mail: hrodriguez8504@hotmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0003-1773-9653>

⁷IDIAP. Centro de Innovación Agropecuaria Chiriquí (CIA Chiriquí). Ing. Agrónomo.

e-mail: jaquisa2059@yahoo.es; ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0003-2692-9416>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

EVALUATION OF YIELD AND AGRONOMIC TRAITS OF F8 RICE LINES IN OBSERVATION NURSERIES

ABSTRACT

Rice breeding is a dynamic process conducted through several stages, beginning with the planning and execution of crosses, followed by the management of segregating populations from the F2 to F5 generations, during which lines with partially stabilized traits are typically obtained. Subsequently, observation nurseries are established for selection. The objective of this study was to evaluate and select outstanding F8 rice lines based on agronomic performance across different locations in Panama for inclusion in advanced breeding trials within the rice improvement program. The experiment was conducted from August to December 2022 at five locations under rainfed conditions. A total of 176 genotypes, including two commercial check cultivars, were evaluated. Each experimental line was established in plots consisting of five 5 m-long rows, with 0.20 m spacing between rows. The experimental design consisted of Federer's augmented design, in which F8 lines were unreplicated and commercial checks were included repeatedly within each block. Selection was performed using a selection index with a target value of +3 and a selection intensity of 10 for grain yield, and a target value of -3 with a selection intensity of 6 for lodging, rice blast, *Sarocladium* infection, grain discoloration, and bacterial blight. Selection percentages varied by location, reaching 10.2% in El Coco, 12.5% in Tonosí, 23.3% in Alanje, 24.4% in Guarumal, and 47.7% in Remedios. In the combined analysis, 27 lines were selected, showing a 19% relative gain in grain yield and reductions of 29% in grain discoloration, 21% in bacterial blight, 17% in rice blast, and 7% in lodging relative to the population mean. The results demonstrate that the selection index successfully identified 27 rice lines with superior agronomic performance compared with the commercial checks, making them suitable candidates for inclusion in advanced trials within the IDIAP rice breeding program.

Keywords: Genetic gain, genotype, selection intensity, breeding target.

INTRODUCCIÓN

El arroz es uno de los alimentos indispensables en la dieta del panameño, donde el consumo anual per cápita es de más de 65 kg/año (Rice observatory, 2025). En Panamá, para el año 2024, se sembraron alrededor de 86 717 ha, de las cuales el 84% fue bajo el sistema de secano y solo un 16% bajo riego. El rendimiento promedio fue de 4,4 t·ha⁻¹, con una producción total de 374 443 toneladas (Ministerio de Desarrollo Agropecuario [MIDA], 2024).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Desde 1975 el Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), ha generado y liberado 34 variedades de arroz que incluyen arroces biofortificados, arroces criollos (agricultura familiar) y arroces para sistemas mecanizados bajo riego y secano (Camargo Buitrago, 2010; Instituto De Innovación Agropecuaria de Panamá [IDIAP], 2025).

El mejoramiento del arroz implica años de trabajo constante y difícil, donde los fracasos son muchos y los éxitos escasos, ya que de 500 o más cruces, uno solo dará quizás origen a una nueva variedad que llegue a manos de los agricultores; por cada nueva variedad, decenas de miles de líneas son evaluadas y descartadas (Torres & Martínez, 2010). La hibridación de los progenitores y la selección fenotípica de la descendencia requiere mucho tiempo. Se necesitan ~ 10 años para desarrollar y lanzar una nueva variedad de arroz (Xu et al., 2021).

El mejoramiento genético de arroz es un proceso dinámico que se desarrolla en varias etapas que involucran desde el momento que se planifican y ejecutan las cruces, continúa con el manejo de poblaciones segregantes F_2 hasta F_5 , cuando suelen producirse las primeras líneas con algunas características estabilizadas y luego se conforman los viveros para selección (Jennings et al., 1981).

Para la selección simultanea del mejor genotipo, hay que tomar en cuenta un gran número de características agronómicas, algunas de las cuales pueden estar correlacionadas desfavorablemente (Rodríguez Pérez et al., 2023). Una herramienta de gran utilidad son los índices de selección que permiten identificar genotipos que involucren varias características simultáneas (Céron Rojas & Crossa, 2018). Smith (1936), sugirió el empleo del concepto de una función discriminante como una forma lógica y sistemática en la selección de líneas para mejorar simultáneamente varias características cuantitativas y cualitativas.

El índice de selección descrito por Barreto et al. (1991), utiliza dos parámetros básicos que son la meta y la intensidad. La meta de selección es la desviación estándar del promedio, utilizando valores positivos para características como el rendimiento y valores negativos para características como reacción a enfermedades, mientras que la



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

intensidad refleja la importancia relativa que otorga el mejorador a las diferentes variables a utilizar en el índice de selección.

El objetivo del ensayo fue evaluar y seleccionar líneas sobresalientes de arroz por su valor agronómico en diferentes localidades con vocación arroceras del país, para ser incluidas en ensayos avanzados del proyecto de mejoramiento genético del IDIAP.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área experimental

Se estableció de agosto a diciembre de 2022 en cinco localidades del litoral pacífico de Panamá (Figura 1), comprendidas entre Bosque húmedo tropical, Bosque seco tropical y Bosque muy húmedo premontano de acuerdo con la clasificación de zonas de vida descritas por Holdridge (1978). Los suelos van de textura franca (Alanje), franco arcillosa (Tonosí, El Coco y Remedios) y arcillosa (Trinchera).

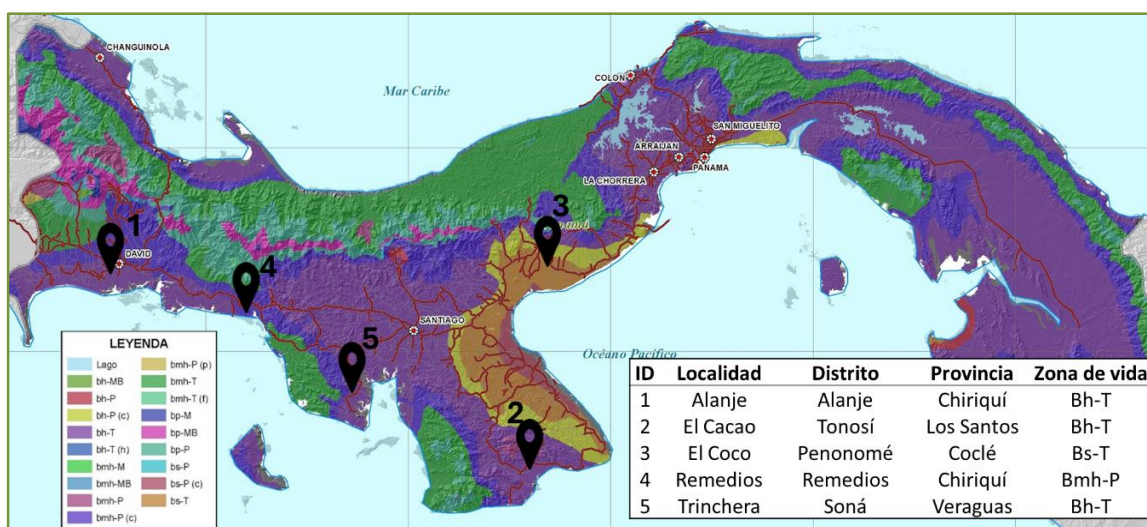


Figura 1. Localización geográfica de las localidades del vivero de observación de líneas de arroz F₈, según las zonas de vida descritas por Holdridge (1978).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron 176 líneas de arroz en generación F_8 , provenientes del Fondo Latinoamericano para Arroz Riego (FLAR) y el proyecto de mejoramiento genético del IDIAP, incluyendo dos testigos comerciales (Cuadro 1). El diseño experimental fue bloques aumentados de Federer (1961), donde las líneas F_8 no se repiten, intercalando testigos en cada bloque (Rojas Martínez, 2005), como se muestra en la Figura 2.

Cada genotipo se estableció en una unidad experimental conformada de cinco hileras de 5,0 m de largo separadas a 0,2 m entre ellas (5,0 m²), con una densidad de siembra de 120 kg/ha de semilla seca. El manejo agronómico en cuanto a fertilización y control de malezas en cada localidad se realizó de acuerdo con las tecnologías generadas por el IDIAP (Camargo et al., 2014), mientras que las enfermedades no se controlaron para ver la expresión genética de tolerancia a las mismas. El sistema utilizado fue en secano (dependiente de las lluvias).



Figura 2. Vista panorámica del vivero de observación de líneas F_8 en la localidad de Tonosí, Los Santos. IDIAP 2022.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cuadro 1. Líneas F₈ y testigos comerciales evaluados en el vivero de observación en cinco localidades, IDIAP-2022.

Código	genealogía	Código	genealogía	Código	genealogía	Código	genealogía
P1	FL17908-9P-4SR-3P-1P-M-M	P50	FL17954-5P-2SR-2P-1P-M-M	P101	FL17974-15P-4SR-2P-1P-M-M	P149	FL17813-22P-7SR-3P-1P-MP
P2	FL15666-3P-3SR-2P-1P-3P-SR-MP-MP-M	P51	FL17938-12P-3SR-1P-1P-M-M	P102	FL16111-3P-2SR-2P-1P-M-M	P150	FL17814-1P-5SR-2P-1P-MP
P3	FL17914-17P-6SR-2P-1P-M-M	P52	FL15666-3P-3SR-2P-1P-3P-SR-MP-MP-M	P103	FL17939-23P-5SR-1P-1P-MP	P151	FL17929-1P-1SR-3P-2P-MP
P4	FL17929-1P-1SR-5P-1P-M-M	P53	FL17916-3P-6SR-1P-1P-M-M	P104	FL17939-36P-4SR-2P-1P-MP	P152	FL17939-23P-5SR-2P-2P-MP
P6	FL17929-1P-1SR-4P-1P-M-M	P55	FL18064-2P-12SR-3P-1P-M-M	P105	FL15680-1SR-1P-2P-1P-M	P154	FL17813-16P-9SR-1P-1P-MP
P7	FL18055-5P-4SR-2P-1P-M-M	P56	FL17951-8P-1SR-2P-2P-M-M	P106	FL17927-6P-3SR-3P-1P-MP	P155	FL17939-17P-14SR-2P-1P-MP
P8	FL17813-4P-7SR-3P-1P-M-M	P57	FL17943-8P-3SR-4P-1P-M-M	P107	FL17917-1P-6SR-1P-1P-MP	P156	FL17955-2P-4SR-2P-1P-MP
P9	FL18028-12P-4SR-2P-1P-M-M	P58	FL17999-6P-3SR-1P-1P-M-M	P108	FL17967-12P-4SR-1P-1P-MP	P157	FL15666-3P-3SR-2P-1P-3P-2SR-MP
P10	FL17986-4P-1SR-3P-1P-M-M	P59	FL17983-1P-6SR-3P-1P-M-M	P109	FL15666-3P-3SR-2P-1P-3P-2SR-MP	P158	FL17930-9P-2SR-1P-1P-MP
P11	FL17083-1P-6SR-MP-1P-M-M	P60	FL17920-8P-M-2P-1P-M-M	P110	FL17946-18P-2SR-3P-1P-MP	P160	FL18007-10P-3SR-1P-1P-MP
P12	FL17925-1P-10SR-MP-1P-M-M	P61	FL17939-34P-3SR-2P-1P-M-M	P111	FL17957-8P-6SR-1P-1P-MP	P161	FL14232-7P-1SR-M-SR-M
P13	FL17932-8P-6SR-2P-1P-M-M	P62	FL15680-2P-1SR-1P-2P-1P-SR-MP-MP-M	P112	FL17814-7P-3SR-1P-1P-MP	P162	FL17929-1P-1SR-MP-1P-MP
P14	FL15680-2P-1SR-1P-2P-1P-SR-MP-MP-M	P63	FL17978-1P-3SR-2P-1P-M-M	P113	FL17939-23P-5SR-1P-3P-MP	P163	FL17939-17P-6SR-2P-2P-MP
P16	FL17932-9P-1SR-2P-1P-M-M	P64	FL17928-1P-1SR-3P-1P-M-M	P114	FL17925-11P-4SR-M-SR-M	P164	FL17927-25P-3SR-1P-3P-MP
P17	FL17939-36P-3SR-2P-1P-M-M	P65	FL15666-3P-3SR-2P-1P-3P-SR-MP-MP-M	P116	FL17939-17P-5SR-2P-3P-MP	P165	FL15680-1SR-1P-2P-1P-MP
P18	FL17942-1P-3SR-1P-1P-M-M	P66	FL17992-1P-2SR-3P-1P-M-M	P117	FL17927-6P-2SR-3P-1P-MP	P166	FL18007-1P-1SR-3P-1P-MP
P19	FL17911-9P-1SR-MP-1P-M-M	P67	FL18063-2P-M-1P-1P-M-M	P118	FL17813-8P-8SR-3P-1P-MP	P167	FL17927-22P-3SR-3P-2P-MP
P21	FL18059-2P-3SR-1P-1P-M-M	P68	FL18007-10P-3SR-3P-1P-M-M	P119	FL17939-17P-6SR-2P-3P-MP	P168	FL17939-7P-1SR-MP-1P-MP
P22	FL17930-4P-8SR-2P-1P-M-M	P69	FL18064-5P-13SR-3P-1P-M-M	P120	FL17813-16P-2SR-3P-1P-MP	P169	FL17813-2P-9SR-2P-1P-MP
P23	FL17993-3P-3SR-1P-1P-M-M	P70	FL17939-15P-8SR-2P-1P-M-M	P121	FL17963-8P-5SR-2P-1P-MP	P170	FL17927-22P-3SR-3P-1P-MP
P24	FL17955-2P-4SR-4P-3P-M-M	P73	FL17939-22P-2SR-2P-1P-M-M	P123	FL17938-4P-2SR-1P-1P-MP	P171	FL17927-22P-3SR-3P-3P-MP
P25	FL15666-3P-3SR-2P-1P-3P-SR-MP-MP-M	P74	FL17936-4P-3SR-1P-1P-M-M	P124	FL17813-12P-1SR-2P-1P-MP	P172	FL17917-5P-2SR-3P-2P-MP
P26	FL18012-5P-3SR-3P-1P-M-M	P75	FL15680-2P-1SR-1P-2P-1P-SR-MP-MP-M	P125	FL17917-5P-2SR-3P-3P-MP	P173	FL17814-2P-3SR-2P-1P-MP
P27	FL17678-1P-M-2P-1P-M-M	P76	FL17939-7P-6SR-MP-1P-M-M	P126	FL17938-16P-2SR-2P-1P-MP	P174	FL17939-12P-5SR-MP-1P-MP
P28	FL17950-1P-3SR-3P-1P-M-M	P77	FL18040-13P-2SR-3P-1P-M-M	P127	FL17939-17P-6SR-2P-1P-MP	P175	FL17966-22P-M-2P-1P-MP
P29	FL18002-2P-M-2P-1P-M-M	P78	FL17939-34P-4SR-3P-1P-M-M	P128	FL14232-7P-3SR-2P-1P-MP	P176	FL17813-22P-7SR-2P-1P-MP
P30	FL17950-1P-3SR-2P-1P-M-M	P80	FL18038-3P-M-2P-1P-M-M	P130	FL17678-2P-1SR-MP-1P-MP	P177	FL17915-9P-M-2P-SR-M
P32	FL17947-7P-3SR-3P-1P-M-M	P81	FL17927-2P-1SR-1P-1P-M-M	P131	FL17939-17P-7SR-2P-3P-MP	P178	FL17939-17P-14SR-1P-1P-MP
P33	FL17948-17P-1SR-MP-1P-M-M	P83	FL18049-2P-1SR-1P-1P-M-M	P132	FL17757-1P-3SR-MP-2P-MP	P179	FL17917-4P-3SR-1P-1P-MP
P34	FL18055-3P-3SR-2P-1P-M-M	P84	FL17966-4P-2SR-1P-1P-M-M	P133	FL16109-9P-M-3P-1P-MP	P180	FL17924-12P-3SR-1P-SR-M
P35	FL17912-17P-1SR-3P-1P-M-M	P85	FL17944-8P-M-2P-1P-M-M	P134	FL17939-8P-4SR-MP-1P-MP	P181	FL15666-3P-3SR-2P-1P-3P-2SR-MP
P36	FL17963-15P-1SR-1P-1P-M-M	P86	FL12254-3P-MSR-1P-1P-M-M	P135	FL18041-3P-4SR-2P-1P-MP	P182	FL18009-2P-5SR-1P-1P-MP
P37	FL17994-3P-3SR-1P-1P-M-M	P87	FL15666-3P-3SR-2P-1P-3P-SR-MP-MP-M	P136	FL15666-3P-3SR-2P-1P-3P-2SR-MP	P184	FL17929-1P-1SR-2P-1P-MP
P38	FL15680-2P-1SR-1P-2P-1P-SR-MP-MP-M	P88	FL12234-2P-4SR-1P-1P-M-M	P137	FL17928-6P-14SR-1P-1P-MP	P185	FL17923-19P-1SR-1P-SR-M
P39	FL18012-5P-2SR-2P-1P-M-M	P91	FL18062-8P-6SR-1P-1P-M-M	P139	FL17912-12P-2SR-3P-1P-MP	P186	FL15680-1SR-1P-2P-1P-M
P40	FL15680-2P-1SR-1P-2P-1P-SR-MP-MP-M	P92	FL14588-2P-M-2P-1P-M-M	P140	FL18034-1P-3SR-3P-1P-MP	P187	FL18062-8P-6SR-2P-1P-MP
P41	FL18059-2P-6SR-2P-1P-M-M	P93	FL17967-14P-3SR-2P-1P-M-M	P141	FL17939-17P-14SR-1P-3P-MP	P188	FL17927-21P-2SR-1P-3P-MP
P42	FL17999-6P-1SR-2P-1P-M-M	P94	FL15666-3P-3SR-2P-1P-3P-SR-MP-MP-M	P142	FL17963-9P-9SR-2P-1P-MP	P189	FL17929-1P-1SR-4P-2P-MP
P43	FL17942-9P-5SR-3P-2P-M-M	P95	FL17978-6P-2SR-2P-1P-M-M	P143	FL15680-1SR-1P-2P-1P-M	P190	FL17939-17P-14SR-2P-2P-MP
P44	FL18059-2P-1SR-3P-1P-M-M	P96	FL16106-1P-M-1P-2P-M-M	P144	FL17939-17P-14SR-1P-2P-MP	P192	FL17939-15P-8SR-3P-1P-MP
P45	FL17963-5P-1SR-2P-3P-M-M	P97	FL14232-5P-1SR-1P-1P-M-M	P145	FL17911-4P-2SR-MP-1P-MP	P193	FL17911-16P-5SR-3P-1P-MP
P46	FL18059-8P-2SR-1P-1P-M-M	P98	FL17958-2P-3SR-1P-1P-M-M	P146	FL17939-22P-3SR-1P-1P-MP	P194	FL17814-9P-4SR-1P-1P-MP
P48	FL17943-8P-3SR-1P-1P-M-M	P99	FL18061-2P-1SR-2P-1P-M-M	P147	FL17932-6P-6SR-1P-1P-MP	P195	FL17813-1P-6SR-2P-1P-MP
P49	FL17814-6P-3SR-3P-1P-M-M	P100	FL15680-2P-1SR-1P-2P-1P-SR-MP-MP-M	P148	FL17814-9P-4SR-3P-1P-MP	P196	FL18041-2P-8SR-2P-1P-MP

Testigos: IDIAP 52-05, IDIAP FL 72-17

Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Variables de respuesta

Se evaluaron variables de reacción a enfermedades, variables agronómicas y componente de rendimiento de acuerdo con el sistema de evaluación estándar del arroz según el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 1983). La reacción a enfermedades se realizó observando la aparición de síntomas de las enfermedades más frecuentes (Díaz et al., 2017). Se determinaron características agronómicas como el parámetro días a 50% de floración, maduración, vigor, acame y altura de las plantas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características agronómicas y reacción a enfermedades evaluadas en el vivero de observación de líneas F₈ en cinco localidades. IDIAP-2022.

Características Agronómicas		Reacción a Enfermedades (0-9)	
Número de plantas por m ²	Pta/m ²	<i>Pyricularia oryzae</i> al follaje	BI
Vigor	Vg	<i>Pyricularia oryzae</i> al cuello	NBI
Altura de planta	Ht	<i>Helminthosporium oryzae</i>	BS
Resistencia al acame	Ldg	Virus de hoja blanca	HB
Días a floración	Fl	<i>Rhynchosporium oryzae</i>	LSc
Días a maduración	Mat	Complejo manchado del grano	GID
Rendimiento de grano (14%)	t·ha ⁻¹	<i>Rhizoctonia solani</i>	ShB
		<i>Drechslera gigantea</i>	MO
		<i>Cercospora oryzae</i>	NBLS
		<i>Sarocladium oryzae</i>	ShR
		<i>Ustilaginoidea virens</i>	FSM
		Bacteriosis	BB

Fuente: Adaptado de CIAT (1983).

El rendimiento agrícola se estimó a partir de la cosecha del área efectiva (3,2 m²), de la unidad experimental en el momento de madurez fisiológica del grano o semilla (~24% de humedad), la cual se trilló manualmente y se secó al sol, se limpió y se probó la humedad, para luego ser expresado en t·ha⁻¹ de arroz paddy limpio y seco (14% humedad). Se realizó una selección participativa por localidad según la metodología descrita por Moreno et al. (2009), incluyendo técnicos y productores, los cuales evaluaron cuatro características principales que incluyeron vigor de la planta, sanidad, precocidad y carga productiva (espigas y granos).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Análisis estadístico

Se determinó el porcentaje de selección por localidad, luego se realizó un análisis de frecuencia de selección combinando las cinco localidades.

Para la selección de las líneas F_8 entre caracteres agronómicos y de reacción a enfermedades, se construyeron los índices con base a la metodología propuesta por Barreto et al. (1991), incluyendo las líneas provenientes de la selección participativa.

Este método es muy eficiente para el mejoramiento y realización de selección simultanea de varias características cuantitativas en un programa de mejoramiento; la fórmula empleada para estimar el índice fue la siguiente:

$$IS = \{[(Y_J - M_J)^2 \cdot I_J] + [(Y_I - M_I)^2 \cdot I_I] + \dots [(Y_n - M_n)^2 \cdot I_n]\}^{1/2}$$

donde:

IS = Índice de selección; $Y_{J...n}$ = variable; $M_{J...n}$ = meta de selección; $I_{J...n}$ = intensidad de selección.

La meta de selección asignada a cada variable se refiere a las unidades de desviación estándar del promedio que se desea lograr. La meta toma valores de -3,0 a +3,0. Con valor negativo la selección será para aquellos genotipos que se encuentren por debajo de la media de la población para la variable en evaluación; por el contrario, con valores positivos aquellos genotipos que se encuentren por arriba de la media de la población y para seleccionar genotipos que se encuentren cercanos al promedio se utilizan metas con valor de cero (Rodríguez Pérez et al., 2013; Rodríguez Pérez et al., 2023).

La intensidad de selección es el grado de importancia que se le asignan a cada una de las variables a ser utilizadas en la selección y toma valores de 1 a 10. Este valor es diferente para cada una de las variables, según el criterio del investigador. El valor de intensidad más pequeño (1) es asignado a la variable de menor interés y el valor más alto (10) representa la variable de mayor importancia (Rodríguez Pérez et al., 2013; Rodríguez Pérez et al., 2023)



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Las variables que fueron incluidas en la selección se encontraban con valores en unidades distintas (toneladas, centímetros, días, porcentajes, entre otras.), por lo que fue necesario estandarizar cada uno de ellos y de esta forma las características pudieran combinarse mediante la fórmula siguiente:

$$Z = (y_j - \bar{y})/s$$

Donde: Z= valor estandarizado; y_j = valor observado para la entrada j; $\bar{y}$ = promedio de todas las entradas; s= desviación estándar del grupo de entradas.

El valor estandarizado de cada una de las variables entre más cerca se encuentre a la meta deseada, más pequeño será el valor del índice de selección y más cerca se encontrará el genotipo de los criterios deseados, y entre más grande sea el valor del índice, más alejado se encuentra del genotipo con los criterios establecidos. El genotipo que obtenga el valor del índice de selección más pequeño es considerado como superior, ya que reúne la mayoría de los caracteres requeridos en la selección (Rodríguez Pérez et al., 2013; Rodríguez Pérez et al., 2023).

Para la construcción de los índices se consideró en reducir la selección en Incidencia de *Sarocladium*, *Piricularia*, complejo del manchado de grano, bacteriosis y acame; se requirió, además, líneas con buen potencial de rendimiento (Cuadro 3).

Cuadro 3. Metas e intensidades para el cálculo de índices de selección en el vivero de observación de líneas F8 en cinco localidades. IDIAP-2022.

Variable	Código	Meta	Intensidad
<i>Sarocladium oryzae</i>	ShR	-3,0	6
<i>Piricularia oryzae</i> al follaje	BI	-3,0	6
Manchado de grano	GID	-3,0	6
Bacteriosis	BB	-3,0	6
Acame	Ldg	-3,0	6
Rendimiento	Rend	3,0	10



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La selección participativa en cada localidad fue distinta como se muestra en la Figura 3. Las localidades con mayor presión de selección fueron El Coco con 18 líneas seleccionadas (10%) y Tonosí con 22 líneas seleccionadas (13%), mientras que en la localidad de Remedios se seleccionaron 84 líneas (48%). En total se seleccionaron 125 de 176 líneas F_8 para un 80% de selección combinada. Trabajos similares han reportados distintos porcentajes de selección en el empleo de selección participativa en el cultivo de arroz, como lo reportan Trouche et al. (2006) con 64% mientras que Suira Atencio (2021), reportó un 28% de selección. El conocimiento local para la selección de los arroces empleando metodologías participativas, garantizan una adecuada selección de los cultivares adaptados a las condiciones de los sistemas agrícolas de cada localidad (Torres Vargas et al., 2017; González Viera et al., 2018).

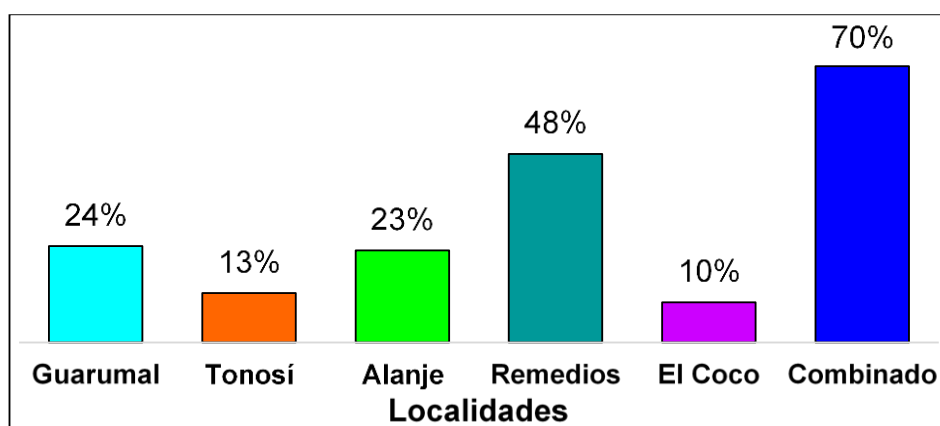


Figura 3. Porcentaje de selección participativa por localidad y combinado en el vivero de observación de líneas F_8 , IDIAP-2022.

El índice de selección se aplicó a las 125 líneas F_8 seleccionadas previamente con la metodología de selección participativa. Se aplicó una presión de selección del 22%, lo cual dio como resultado 27 líneas F_8 con el índice de selección más bajo (Cuadro 4). Los valores en las evaluaciones de enfermedad en las líneas seleccionadas están por debajo de 3,0 en la escala de evaluación, considerados como una calificación buena, mostrando una expresión varietal satisfactoria y que pueden ser utilizadas como progenitores o variedad comercial (CIAT, 1983).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Las líneas que obtuvieron la frecuencia de selección más elevada fueron el P70 con un 80%, seguidos de P196, P34 y P167 con un 60% cada uno, luego las líneas P152, P119, P109, P188, P23, P151, P160, P136, P87 y P184 todos con un 40% de frecuencia de selección.

Cuadro 4. Valores medios de las características agronómicas, reacción a enfermedades, índices y frecuencia de selección en el vivero de observación de líneas F8 en cinco localidades, IDIAP-2022.

ID	pt/m ²	Vg	Ldg	Ht	Fl	Mat	BI-30	BI-45	BI-75	NBI	LSc	BS	ShB	Hb	ShR	GID	FSm	MO	NBLS	BB	t ha ⁻¹	Índice	Frecuencia
P154	150	1.0	1.0	102	68	98	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	5.5	12.8	20%
P155	85	1.0	1.0	97	68	98	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	5.5	12.8	20%
P152	260	1.5	1.0	94	71	101	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	5.4	13.0	40%
P176	185	1.0	1.0	104	68	98	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	5.1	13.2	20%
P156	60	1.0	1.0	100	70	100	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	4.7	13.7	20%
P110	270	1.0	1.0	92	66	96	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	4.8	13.8	20%
P196	309	2.0	1.0	105	76	106	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	1.0	1.0	1.7	1.3	1.7	1.0	1.0	1.0	4.4	13.9	60%
P126	180	1.0	1.0	91	63	93	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	4.7	14.3	20%
P177	100	1.0	1.0	108	70	100	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	4.3	14.4	20%
P119	133	1.0	1.0	98	67	97	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	4.4	14.6	40%
P166	110	1.0	1.0	115	70	100	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	4.2	14.6	20%
P109	218	1.0	1.0	99	65	95	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	4.4	14.6	40%
P188	307	1.5	1.0	93	69	99	1.0	1.0	1.0	1.5	1.0	1.5	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	4.4	14.6	40%
P162	135	1.0	1.0	100	71	101	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	4.1	14.7	20%
P158	110	1.0	1.0	102	68	98	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	4.2	14.7	20%
P34	264	1.3	1.0	102	70	100	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.7	1.3	1.0	1.7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	4.1	14.8	60%
P187	150	1.0	1.0	108	68	98	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	4.0	15.1	20%
P167	227	2.0	1.0	95	69	100	1.0	1.0	1.0	2.0	1.3	1.0	1.0	1.0	1.7	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	3.9	15.2	60%
P26	352	1.0	1.0	109	73	103	2.0	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	2.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	4.4	15.2	20%
P70	191	2.0	1.0	96	76	106	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.5	1.0	1.0	1.3	1.5	1.0	1.0	1.0	1.3	4.1	15.2	80%
P23	215	1.0	1.0	104	66	96	1.0	1.0	1.0	1.0	2.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	4.1	15.2	40%
P151	207	1.5	1.0	95	72	102	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	2.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	3.9	15.3	40%
P160	95	3.0	1.0	118	80	110	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.0	1.5	1.0	1.0	4.6	15.3	40%
P136	178	1.0	1.0	99	65	95	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	4.0	15.4	40%
P164	130	1.0	1.0	110	68	98	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	3.8	15.6	20%
P87	175	1.0	1.0	96	65	95	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	3.9	15.6	40%
P184	266	2.0	1.0	98	74	104	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	3.7	15.7	40%
IFL-7217	177	2.2	1.0	98	81	109	1.3	1.4	1.2	1.2	1.5	1.6	1.4	1.0	1.6	1.8	1.0	1.0	1.0	1.7	3.7		
I-5205	177	2.0	1.0	99	82	110	1.2	1.4	1.1	1.1	1.5	1.4	1.1	1.1	1.6	1.9	1.2	1.0	1.0	2.0	3.3		
Media	187	1.3	1.0	101	70	100	1.1	1.0	1.0	1.1	1.4	1.3	1.1	1.0	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.2	4.3		
Desv estandar	72	0.5	0.0	7	5	4	0.2	0.1	0.0	0.2	0.4	0.3	0.3	0.0	0.4	0.2	0.1	0.1	0.0	0.3	0.5		

Nota: Pt/m²= planta por m², Vg= vigor, Ldg= acame, Ht= altura de planta, Fl= días a floración, Mat= días a cosecha, BI= piricularia, NBI= piricularia al cuello, LSc= escaldado, BS= helmintosporium, ShB= rizoctonia, Hb= hoja blanca, ShR= sar ocladium, GID= manchado de grano, FSm= falso carbón, MO= mancha ojival, NBLS= cercospora, BB= bacteriosis, t ha⁻¹= tonelada por hectárea.

El grupo de líneas seleccionadas utilizando el índice de selección, presentaron una ganancia relativa en rendimiento de 19% contra la población evaluada y 26% respecto a los testigos comerciales. En cuanto al acame la selección mostró un -7% respecto a la población y se mantuvo igual a los testigos. En cuanto a la reacción a las enfermedades el



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

grupo seleccionado obtuvo -13% que la población y -19% que los testigos en Rhizoctonia, -17% que la población y -16% que los testigos en Piricularia, -29% que la población y -46% que los testigos en manchado de grano, -21% que la población y -41% que los testigos en bacteriosis (Cuadro 5).

Como lo indican Seck et al. (2023), la selección conduce a muchos cambios en las propiedades genéticas de una población, siendo el más importante para el mejorador el cambio en el rendimiento promedio de la población. Este cambio se conoce como la respuesta a la selección, siendo la diferencia entre el rendimiento medio de los individuos seleccionados y el de la población inicial.

Trabajos realizados por Castañeda & Guerrero (1996), al evaluar 91 líneas promisorias de arroz utilizando el índice de selección, lograron identificar un grupo de 15 genotipos que presentaron una ganancia relativa de 19% en rendimiento con respecto a la población, al igual que una reducción en acame (-9%), piricularia al cuello (-27%) y escaldado de la hoja (-4%). Rangel & Neves (1997), reportaron que con la utilización del índice de selección obtuvieron un incremento en la media del grupo seleccionado con respecto a la media de la población original de un 24% y una disminución en piricularia del -1%, utilizando una presión de selección del 25%.

Cuadro 5. Valores medios de la población, testigos y líneas seleccionadas de las variables utilizadas para el índice de selección en el vivero de observación de líneas F₈ en cinco localidades, IDIAP-2022.

Variable	Población	Selección	Testigos	Ganancia relativa	
				Vs Población	Vs Testigos
Rend (t ha ⁻¹)	3,7	4,4	3,5	19%	26%
ShB (0-9)	1,5	1,3	1,6	-13%	-19%
BI (0-9)	1,2	1,0	1,2	-17%	-16%
GID (0-9)	1,4	1,0	1,8	-29%	-46%
BB (0-9)	1,4	1,1	1,9	-21%	-41%
Ldg (0-9)	1,1	1,0	1,0	-7%	0%

Nota: Ldg= acame, BI= piricularia, ShB= rizoctonia, GID= manchado de grano, BB= bacteriosis, Rend= rendimiento.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

CONCLUSIONES

- La selección basada en el índice obtuvo respuesta favorable para rendimiento, la reacción a enfermedades, evidenciando la posibilidad de incrementar simultáneamente la productividad y la resistencia en la población seleccionada.
- Con el índice de selección se lograron identificar 27 líneas con mejores características agronómicas y reacción a enfermedades que los testigos comerciales, los cuales pueden ser incluidos en los ensayos avanzados del proyecto de mejoramiento genético de arroz del IDIAP.

REFERENCIAS

- Barreto, H., Bolaños, J., & Córdoba, H. (1991). Programa *índices de selección*. guía para la operación del software. Centro Internacional para el Mejoramiento de Maiz y Trigo (CIMMYT).
- Camargo Buitrago, I. (2010). Compendio de variedades mejoradas de arroz del IDIAP. Instituto De Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). [https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/VARIEDADES_ARROZ_\(IDIAP\).pdf](https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/VARIEDADES_ARROZ_(IDIAP).pdf)
- Camargo Buitrago, I., Quiros McIntire, E., & Zachisson Salamina, B. (2014). *Innovación tecnológica para el manejo integrado del cultivo de arroz en Panamá*. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. [https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/MIC_arroz_\(IDIAP\).pdf](https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/MIC_arroz_(IDIAP).pdf)
- Castañeda, W., & Guerrero, L. (1996). Preliminar de rendimiento de líneas uniformes de arroz. *Agronomía Mesoamericana*, 7(2), 58-62. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5546866>
- Céron Rojas, J., & Crossa, J. (2018). Linear Selection Indices in Modern Plant Breeding. Springer Open. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-91223-3>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT]. (1983). Sistema de evaluación estándar para arroz. Cooperación IRRI-CIAT.

<https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/90822293-f0cb-4f15-a871-e160a5d2ca3f/content>

Díaz, S., Morejón, R., & Pérez, N. (2017). Comportamiento y selección de líneas avanzadas de arroz (*Oryza sativa* L.) obtenidas por el programa de mejoramiento en Los Palacios. Cultivos Tropicales, 38(1), 81-88. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v38n1/ctr10117.pdf>

Federer, W. T. (1961). Augmented designs with one-way elimination of heterogeneity. *Biometrics*, 17(3), 447-473. <https://doi.org/10.2307/2527837> <https://www.jstor.org/stable/2527837>

González Viera, D., Galbán, J., Monteagudo, J., & Sarduy, D. (2018). Métodos participativos como vía para la difusión de tecnologías y cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), en fincas de la agricultura urbana y suburbana del municipio Madruga. *Agrotecnia de Cuba*, 42(2), 50-61.

<https://agrotecnia.edicionescervantes.com/index.php/agrotecnia/article/view/168>

Holdridge, L. R. (1978). Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícola. San José, Costa Rica.

<http://repositorio.iica.int/items/ebeb4482-85b8-4be0-81dc-f0ee12c9e348>

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. (7 de mayo de 2025). Investigación e innovación para el desarrollo de germoplasma de arroz para los sistemas mecanizados de Panamá.

[https://proyectos.idiap.gob.pa/proyectos/Investigacion de Innovacion para el Desarrollo de Germoplasma de Arroz para los Sistemas mecanizados de Panama/es](https://proyectos.idiap.gob.pa/proyectos/Investigacion%20de%20Innovacion%20para%20el%20Desarrollo%20de%20Germoplasma%20de%20Arroz%20para%20los%20Sistemas%20mecanizados%20de%20Panama/es)

Jennings, P., Coffman, W., & Kauffman, H. (1981). *Mejoramiento de arroz*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/SB191.R5_J41_C.2_Mejoramiento de arroz.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/SB191.R5_J41_C.2_Mejoramiento_de_arroz.pdf)



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2024). *Cierre Agrícola: Año agrícola 2023-2024*. Dirección de Agricultura.
<https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2024/09/CierreAgricola2023-2024.pdf?csrt=4434230127667294390>

Moreno, I., Puldón, V., & Ríos, H. (2009). El fitomejoramiento y la selección participativa de variedades de arroz. *Cultivos Tropicales*, 30(2), 24-30.
<https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215047016.pdf>

Rangel, P., & Neves, P. (1997). Selección recurrente aplicada al arroz de riego en Brasil. En CIAT, Selección recurrente en arroz (págs. 79-97). editor, Elcio P. Guimarães.
http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/biblioteca/Seleccion_recurrente_en_arroz.pdf

Rice observatory. (2025). Consumo per capita de arroz en America.
<https://cropobservatoriesalliance.org/rice>

Rodríguez Pérez, G., Zavala García, F., Gutiérrez Diez, A., Treviño Ramírez, J. E., Ojeda Zacarías, C., & de la Rosa Loera, A. (2013). Comparación de dos tipos de selección en poblaciones de maíces criollos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(4), 565-578. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342013000400007

Rodríguez Pérez, G., García Ramirez, A., Reynaga Franco, F., Mendivil Mendoza, J., & Ochoa Meza, A. (2023). Índices de selección entre caracteres agronómicos y químicos en híbridos de maíz morado (*Zea mays* L.) en el sur de Sonora, México. *Anales Científicos*, 84(1), 35-53. <https://doi.org/10.21704/ac.v84i1.1981>

Rojas Martínez, B. (2005). Bloques aumentados (repaso: Federer, 1961). *Agrociencia*, 39(6), 693-695. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30239612.pdf>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Seck, F., Covarrubias Pazaran, G., Gueye, T., & Bartholomé, J. (2023). Realized Genetic Gain in Rice: Achievements from Breeding Programs. *Rice*, 16(1), 61. <https://doi.org/10.1186/s12284-023-00677-6>
- Smith, H. (1936). A discriminant function for plant selection. *Ann Eugen*, 7(1), 240-250. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1809.1936.tb02143.x>
- Suira Atencio, C. (2021). Evaluación morfoagronómica y selección participativa de accesiones de arroces criollos en el valle de San Miguel, corregimiento de Toabré, distrito de Penonomé, Coclé, Panamá. [Tesis de grado] Universidad de Panamá. https://up-rid.up.ac.pa/6601/1/carlos_suira.pdf
- Torres-Vargas, L., Santamaría-Guerra, J., Salmeron, F., Mariano, I. A., & Quintero, J. (2017). Recuperación Y Selección Participativa De Cultivares De Arroz De La Comarca Ngäbe-Buglé, Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (27), 28-39. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/21/13>
- Torres, E., & Martínez, C. (2010). El Mejoramiento del arroz. En C. I. Tropical, Producción eco-eficiente del arroz en America Latina (págs. 141-179). Editores Víctor Degiovanni, César Martínez, Francisco Motta. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos/Ciat/2010_Degiovanni-Produccion_eco-eficiente_del_arroz.pdf
- Trouche, G., Narvaez, L., Chow, Z., & Corrales, J. (2006). Fitomejoramiento participativo del arroz de secano en nicaragua: metodologías, resultados y lecciones aprendidas. *Agronomía Mesoamericana*, 17(3), 309-325. <https://doi.org/10.15517/am.v17i3.5167>
- Xu, Y., Ma, K., Zhao, Y., Wang, X., Zhou, K., Yu, G., Li, Ch., Li, P., Yang, Z., Xu, Ch., Xu, S. (2021). Genomic selection: A breakthrough technology in rice breeding. *The Crop Journal*, 9(1), 669-677. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2021.03.008>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)