

Comportamiento fenológico y productivo de genotipos promisorios de arroz en condiciones de secano

Phenological and productive behavior of promising rice genotypes under rainfed conditions

Dariana Mariel Calero Centeno¹, Juan Enrique Toval Hernández², María Eugenia Cerda Castillo³

¹ Licenciada en Biología, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-León), ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6412-0887> / darianamarielcalero14@gmail.com

² Ingeniero Agroecológico, Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7335-3779> / jtovalmax@gmail.com

³ Doctora en Biotecnología, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-León), ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8727-7014> / eugenia.castillo@ct.unanleon.edu.ni

Autor para correspondencia: eugenia.castillo@ct.unanleon.edu.ni



RESUMEN

El arroz (*Oryza sativa* L.), en Nicaragua constituye uno de los componentes principales de la canasta básica; debido a su alta demanda, la obtención de genotipos promisorios de arroz mediante mejoramiento genético es una estrategia empleada con la finalidad de aumentar la producción y garantizar la seguridad alimentaria. El objetivo de esta investigación fue evaluar el potencial productivo de cinco genotipos promisorios de arroz en condiciones de secano en el Centro de Desarrollo Tecnológico Fidel Castro Ruz, ubicado en Posoltega, Chinandega, Nicaragua. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con nueve tratamientos que incluyen cinco genotipos promisorios y cuatro variedades comerciales distribuidos en tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron: altura de planta (cm), macollamiento, floración (dde), longitud de panícula (cm), tolerancia a enfermedades (%), fertilidad de espiguillas (%), número de granos por panícula, peso de 1 000 granos (g), maduración (días) y rendimiento (kg ha⁻¹). Se realizó análisis de varianza, posterior a la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y homogeneidad de varianzas, así como separación de medias por Tukey al 5 % de margen de error usando el programa estadístico InfoStat 2020; además se determinó

ABSTRACT

Rice (*Oryza sativa* L.), in Nicaragua is a staple food; due to its high demand; obtaining promising rice genotypes through genetic improvement is a strategy employed to increase production and ensure food security. The aim of this research was to evaluate the productive potential of five promising rice genotypes under rainfed conditions at the Fidel Castro Ruz Technological Development Center, located in Posoltega, Chinandega, Nicaragua. A randomized complete block design was used, with nine treatments including five promising genotypes and four commercial varieties, distributed in three replications. The variables evaluated were plant height (cm), tillering, flowering (dde), panicle length (cm), disease tolerance (%), spikelet fertility (%), number of grains per panicle, 1,000-grain weight (g), maturation (days), and yield (kg ha⁻¹). Analysis of variance was performed after the Shapiro-Wilk normality test and homogeneity of variances assessment, as well as Tukey's test for mean separation at a 5% margin of error, using the statistical software InfoStat 2020. The correlation between variables was also determined using Pearson's correlation coefficient (r). No statistically significant differences were observed in tillering, spikelet fertility,

Recibido: 9 de octubre del 2025
Aceptado: 17 de febrero del 2026



Copyright 2026. Universidad Nacional Agraria (UNA).

Los artículos de la revista La Calera de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, se comparten bajo términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento, No Comercial, Compartir Igual. Las autorizaciones adicionales a las aquí delimitadas se pueden obtener en el correo donald.juarez@ci.una.edu.ni

CIENCIA DE LAS PLANTAS

la correlación entre variables mediante el coeficiente de Pearson (r). No se registran diferencias estadísticas en macollamiento, fertilidad de espiguilla, granos por panícula, peso de 1 000 granos, rendimiento y maduración; pero sí para altura de planta, días a floración, longitud de panícula y manchado del grano. Se presentaron afectaciones por el complejo *Helminthosporium* sp., entre 1 % y 5%. Los cinco genotipos promisorios se comportan agrónomicamente igual a las variedades comerciales, por lo que determinar su adaptabilidad y estabilidad productiva es esencial para la continuidad del proceso de mejoramiento.

Palabras clave: mejoramiento genético, ideotipo, líneas promisorias, estabilidad productiva.

grains per panicle, 1,000-grain weight, yield, or maturity; however, differences were found in plant height (cm), days to flowering, panicle length (cm), and grain discoloration (%). Infections caused by the *Helminthosporium* sp. complex were presented, ranging from 1% to 5%. The five promising genotypes performed agronomically similarly to commercial varieties; therefore, determining their adaptability and productive stability is essential for the continuation of the breeding process.

Keywords: Genetic improvement, ideotype, promising lines, productive stability.

Debido a la alta demanda, la obtención de genotipos promisorios de arroz (*Oryza sativa* L.) por medio de mejoramiento genético es una estrategia para aumentar la producción y contribuir con la seguridad y soberanía alimentaria (Sandoval Balladares *et al.*, 2019). El arroz constituye un componente esencial para la seguridad alimentaria y el sustento económico de miles de pequeños productores en Nicaragua. Forma parte fundamental de la canasta básica y es uno de los granos más consumidos por la población. El cultivo de arroz en Nicaragua ha mostrado un crecimiento significativo en los últimos 15 años, reduciendo la brecha para alcanzar la autosuficiencia alimentaria en este rubro (Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional [GRUN], 2025). Como resultado de programas gubernamentales, metas productivas y planes de desarrollo orientados a la ampliación del área sembrada y a la mejora de los rendimientos, los reportes más recientes señalan que el país ha alcanzado la autosuficiencia, registrándose además un crecimiento del 2.5 % en la producción nacional durante el ciclo 2022/2023 en comparación con el ciclo anterior (Ministerio Agropecuario [MAG], 2025).

A pesar de los avances, existe interés en enfrentar posibles problemáticas causadas o relacionadas al cambio climático, búsqueda de alternativas de producción con menores costos y la necesidad de variedades con mayor resistencia a plagas y enfermedades (Cuadra y Marín Fernández, 2017). En condiciones de secano, los bajos rendimientos y la irregularidad en el régimen de lluvias ocasionan un establecimiento deficiente, alta variabilidad productiva y disminución en la calidad del grano. A ello se suman la escasez de variedades adaptadas, el manejo ineficiente de malezas, la presencia de suelos ácidos y la incidencia de plagas y enfermedades (Téllez Hernández y Vallecillo Tapia, 2023).

La producción de arroz de secano es particularmente vulnerable a la variabilidad climática y a eventos extremos como sequías e inundaciones, mientras que factores como

la temperatura, la radiación solar y la velocidad del viento influyen directamente en procesos fisiológicos clave como la fotosíntesis, la floración y el llenado del grano. Estas condiciones limitan la estabilidad y el rendimiento del cultivo, lo que plantea desafíos para la seguridad alimentaria en regiones dependientes de sistemas de secano (López-Hernández *et al.*, 2018).

A esta problemática se suma la calidad del grano, la cual está determinada por rasgos de apariencia y propiedades físicas que inciden directamente en la competitividad del arroz en los mercados, ya que las variaciones en estos atributos afectan la aceptación del consumidor y el valor comercial de las variedades evaluadas (Chen *et al.*, 2025). No obstante, investigaciones recientes evidencian mejoras en la calidad y productividad gracias a la incorporación de prácticas de manejo y caracterización de sistemas productivos (Morán Mendoza y Meza García, 2023), así como a la evaluación de variedades locales con parámetros nutricionales competitivos (Ortega Picado *et al.*, 2024). Estos avances, junto con el impulso de programas gubernamentales, reflejan un cambio estructural en la percepción y competitividad del arroz nacional (GRUN, 2025).

Es fundamental proporcionar a los productores semillas mejoradas de alta calidad -obtenidas en estudios de líneas promisorias- con buena adaptabilidad, alto rendimiento, características agrónomicas deseables y tolerancia a la variabilidad climática. La adopción de este material genético fortalece la resiliencia de los sistemas productivos, promueve el uso eficiente del recurso hídrico y contribuye a la reducción de la pobreza rural mediante el incremento de la productividad y la estabilidad de los ingresos (Mejía Gutiérrez, 2021).

El objetivo de esta investigación fue evaluar el potencial productivo de cinco genotipos promisorios de arroz en condiciones de secano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y descripción del área de estudio. La investigación se desarrolló de agosto a diciembre del 2023

CIENCIA DE LAS PLANTAS

en el Centro de Desarrollo Tecnológico Fidel Castro Ruz ubicado en el municipio de Posoltega, departamento de Chinandega, a 116 km de Managua, Capital de Nicaragua; se encuentra en las coordenadas 12°33' de latitud Norte y 86°59' de longitud Oeste. Las temperaturas medias mensuales durante el período del experimento oscilaron entre 26 °C y 28 °C, con variación estacional, y acumulados de precipitación entre 200 mm y 400 mm, según el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER, 2024).

Material genético. Se estudiaron nueve genotipos de arroz, que incluye los cinco mejores genotipos seleccionados en una prueba preliminar a nivel de vivero en el 2022, en el Centro Nacional Experimental de Arroz del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), ubicado en el municipio de Sébaco, en el departamento de Matagalpa, considerando parámetros como establecimiento, vigor y sanidad del material vegetal. Estos materiales proceden del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). También, se incluyeron como comparadores, cuatro variedades comerciales liberadas por el INTA (INTA NutreZinc, INTA Las Minas, INTA Quilalí Secano, e INTA K-Industrial), las que son utilizadas en sistemas de siembra de secano (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Descripción	Tratamiento	Descripción
1	BF20AR073	6	INTA NutreZinc
2	BF20AR063	7	INTA Las Minas
3	BF20AR005	8	INTA Quilalí Secano
4	BF20AR017	9	INTA K-Industrial
5	BF20AR003		

Diseño experimental. El experimento se estableció en un diseño de bloques completos al azar (BCA), con nueve tratamientos y tres repeticiones. Cada parcela experimental estuvo conformada por cinco surcos con longitud de cinco metros separados a 0.3 m entre sí, lo que representa un área por unidad experimental igual a 7.5 m². La siembra se realizó manualmente a chorrillo ralo, es decir, depositando la semilla de manera continua y uniforme en el surco, procurando una baja densidad de siembra.

Manejo agronómico. Se realizó de acuerdo con las recomendaciones del INTA (2018), iniciando con la preparación de suelo mediante un pase de romplona a los 45 días antes de la siembra, y tres pases de grada efectuados entre 5 y 10 días previos a la siembra, con el fin de mejorar las condiciones para la germinación y el crecimiento uniforme de las plantas. La siembra se realizó manualmente, con dosis de 90 kg ha⁻¹ de semilla, asegurando condiciones adecuadas de humedad y ausencia de malezas; por lo que se aplicó herbicidas pre y post-emergentes y tres aplicaciones de insecticidas para el manejo de plagas, bajo un esquema

de protección convencional. La fertilización se realizó de forma fraccionada, considerando las etapas fenológicas del cultivo. Al momento de la siembra se aplicó 18-46-0 (fosfato diamónico, DAP) como fertilización de base, a una dosis de 129.3 kg ha⁻¹, para favorecer el desarrollo radicular y el establecimiento inicial del cultivo. Posteriormente, se realizaron aplicaciones de urea (46 %) como fuente nitrogenada a los 15, 30 y 45 días después de la emergencia, a razón de 129.3 kg ha⁻¹ por aplicación, para favorecer el macollamiento y la fase de elongación del tallo.

Además, se aplicó el fertilizante foliar Ultrafert a los 25 y 50 días después de la siembra, a una dosis de 0.71 L ha⁻¹. Este fertilizante se caracteriza por contener macro y micronutrientes de rápida absorción foliar, formulados para corregir deficiencias nutricionales y estimular el desarrollo vegetativo y reproductivo.

Muestra. El tamaño de la muestra para el registro de las variables de crecimiento y desarrollo de caracteres cuantitativos consistió en la selección de cinco plantas por tratamiento, seleccionadas de los tres surcos centrales de la parcela útil.

Variables evaluadas. Las variables se midieron siguiendo la metodología propuesta por el CIAT (1983). La altura de planta se midió en centímetros desde la superficie del suelo hasta el ápice de la panícula, utilizando una cinta métrica. El macollamiento (tallos productivos m⁻²) se determinó mediante el recuento manual de tallos productivos por metro lineal. La floración se registró como el número de días transcurridos desde la emergencia hasta que el 50 % de las plantas presentaron panículas visibles. La longitud de la panícula (cm) se midió desde el nudo ciliar hasta el último grano.

La incidencia de manchado del grano, asociada a *Bipolaris oryzae* (sin. *Helminthosporium oryzae*), se evaluó considerando el porcentaje de granos que presentaron al menos 25 % de manchado. La fertilidad de las espiguillas se determinó separando los granos en categorías para calcular el porcentaje de granos fértiles, tomando como referencia la escala del CIAT (1983), para fertilidad de espiguillas (Cuadro 2). El número de granos por panícula se obtuvo mediante el conteo manual del total de granos y el cálculo del promedio por panícula. El peso de 1 000 granos se registró como indicador complementario de productividad, utilizando una balanza de precisión.

Cuadro 2. Categorías de fertilidad de espiguillas

Clasificación	Categoría
1	Altamente fértiles (más del 90 %)
3	Fértiles (75 % - 89 %)
5	Parcialmente fértiles (50 % - 74 %)
7	Estériles (10 % - 49 %)
9	Altamente estériles (menos del 10 %)

CIENCIA DE LAS PLANTAS

El rendimiento de grano se evaluó al cosechar la granza en el área útil de la parcela. Finalmente, se registró la maduración como el número de días transcurridos hasta alcanzar un contenido de humedad entre 20 % y 22 %, determinado mediante métodos estándar de medición de humedad del grano con el medidor portátil Agratronix MT-Pro. La tolerancia a enfermedades se determinó mediante la evaluación del área foliar afectada (%), utilizando la escala de daños (Cuadro 3), propuesta por el CIAT (1983).

Cuadro 3. Escala de medición de daños por enfermedades

Clasificación	Categoría
0	Ninguna lesión
1	Menos del 1 %
3	1 % – 5 %
5	6 % – 25 %
7	26 % – 50 %
9	51 % – 100 %

Participación de productores en la selección. Se realizó un diagnóstico interactivo con diez productores con más de seis años de experiencia en el cultivo de arroz, considerando las directrices del catálogo de variedades criollas de frijol y maíz seleccionadas en procesos de fitomejoramiento participativo en Las Segovias, del INTA (2014). Durante un recorrido por la parcela experimental, se seleccionaron las plantas que cumplieran con las características deseadas según criterios de los productores, como uniformidad, tolerancia a enfermedades, resistencia al acame, espigamiento parejo, buen rendimiento y calidad del grano. Este proceso facilitó la identificación y selección de las mejores variedades según sus características agronómicas.

Análisis estadísticos. Los datos fueron organizados en hojas de Excel 2013 y analizados utilizando el software InfoStat versión 2020 (Di Rienzo *et al.*, 2020). Se realizó análisis de varianza (ANDEVA) para todas las variables evaluadas. Previamente se verificaron los supuestos de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas. Cuando se detectaron diferencias significativas ($p < 0.05$), se efectuó la separación de medias mediante la prueba de Tukey al 5 % de margen de error. Las asociaciones entre variables cuantitativas no relacionadas directamente se determinaron mediante el coeficiente de correlación de Pearson (r).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta (cm). Se registraron diferencias en la altura de planta ($p = 0.0001$), los genotipos BF20AR063, BF20AR005, BF20AR017, INTA NutreZinc e INTA Las Minas, superan al resto de genotipos (Cuadro 4). Según CIAT (1983), estas alturas se clasifican como intermedias.

Los resultados coinciden con lo reportado por Cuadra (2016), quien determinó que el rango de altura de las plantas que induce mayores rendimientos oscila entre 90.2 cm y 113.2 cm, intervalo dentro del cual se encuentran los valores observados en los genotipos evaluados. Asimismo, el análisis de correlación reveló una relación positiva y significativa ($r = 0.84$) entre la altura de planta y el macollamiento, lo que sugiere que una mayor altura está asociada con un mayor número de brotes (macollos), particularmente bajo condiciones óptimas de densidad de siembra, agua y nutrientes. Las líneas promisorias BF20AR063 y BF20AR005 podrían presentar un alto potencial de rendimiento debido a su altura y capacidad de macollamiento. Sin embargo, de acuerdo con el análisis estadístico (Cuadro 4), aunque se observaron diferencias en altura, no existen diferencias en el rendimiento.

Macollamiento por metro lineal. No se registraron diferencias estadísticas entre los genotipos ($p = 0.2123$). El macollamiento constituye un proceso complejo influenciado por factores ambientales, características genéticas y el manejo agronómico del cultivo (Riaz *et al.*, 2023). En este estudio, la ausencia de significancia estadística indica que el macollamiento por metro lineal no es atribuible al material genético, sino posiblemente, a la interacción de las condiciones de manejo y del ambiente.

El macollamiento se registró por metro lineal y no por planta, dado que esta forma de medición permite una mejor representación de la densidad de tallos productivos en la parcela. Además, el número de macollas por planta está estrechamente vinculado con el rendimiento; un exceso de macollas puede generar tallos improductivos o panículas pequeñas, mientras que un número reducido limita la cantidad de panículas por superficie. La evaluación por metro lineal ofrece una medida más representativa del potencial productivo del cultivo en condiciones de campo (Arias-Badilla *et al.*, 2020).

De acuerdo con Takai (2024), el macollamiento constituye un rasgo clave para la sostenibilidad y productividad del arroz, ya que asegura la formación de un número suficiente de panículas y, en consecuencia, mayor rendimiento. Este autor destaca que tanto un exceso como una insuficiencia de macollas afectan negativamente la eficiencia del cultivo, lo que refuerza la pertinencia de evaluar este carácter en términos de densidad y no únicamente por planta.

Días a floración. Se registraron diferencias significativas. El grupo de genotipos clasificado con la categoría estadística “d” presentaron los menores días a floración, destacando BF20AR073, como el material más precoz respecto a INTA K-Industrial (Cuadro 4).

CIENCIA DE LAS PLANTAS

Cuarto 4. Comportamiento agronómico según genotipo

Trat	Genotipo	Altura de planta (cm)	Macollamiento (metro lineal)	Días a floración (dde)	Longitud de panícula (cm)	Manchado del grano (%)	Fertilidad espiguillas (%)	Granos por panícula	Peso 1 000 granos (g)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
1	BF20AR073	96.33 ^d	64.67 ^a	66.00 ^d	23.87 ^c	55.65 ^{bc}	49.41 ^a	195.33 ^a	28.57 ^a	4786.86 ^a
2	BF20AR063	114.67 ^a	68.00 ^a	67.67 ^{cd}	26.43 ^{abc}	39.00 ^c	50.47 ^a	225.37 ^a	28.33 ^a	4743.54 ^a
3	BF20AR005	112.67 ^{ab}	66.57 ^a	69.00 ^{bc}	27.37 ^{bc}	59.00 ^{bc}	39.53 ^a	198.60 ^a	28.33 ^a	5078.25 ^a
4	BF20AR017	111.33 ^{abc}	62.33 ^a	70.67 ^{ab}	26.73 ^{abc}	67.87 ^{abc}	29.39 ^a	192.13 ^a	28.10 ^a	4330.19 ^a
5	BF20AR003	101.00 ^{bcd}	60.33 ^a	68.00 ^{bcd}	25.90 ^{abc}	70.02 ^{abc}	41.90 ^a	224.57 ^a	28.13 ^a	3957.94 ^a
6	INTA NutreZinc	107.00 ^{abcd}	62.67 ^a	66.33 ^{cd}	27.37 ^{ab}	82.52 ^{ab}	46.53 ^a	197.23 ^a	28.17 ^a	3736.02 ^a
7	INTA Las Minas	111.07 ^{abc}	56.23 ^a	68.33 ^{bcd}	28.33 ^a	91.33 ^a	47.63 ^a	184.17 ^a	28.37 ^a	4614.36 ^a
8	INTA Quilali	96.33 ^d	66.80 ^a	66.67 ^{cd}	24.97 ^{bc}	80.00 ^{ab}	48.78 ^a	176.30 ^a	28.20 ^a	4781.58 ^a
9	INTA K-Industrial	99.33 ^d	72.23 ^a	72.00 ^a	24.57 ^{bc}	62.58 ^{abc}	33.09 ^a	147.77 ^a	28.03 ^a	3650.58 ^a
R ²		0.82	0.68	0.87	0.79	0.83	0.57	0.57	0.43	0.56
DMS		12.18	18.83	2.87	2.91	31.73	27.03	84.22	0.85	1960.50
CV (%)		3.98	10.07	1.45	3.84	16.17	21.66	14.98	1.04	15.31

Trat: Tratamiento, dde: Días después de la emergencia, DMS: Diferencias mínimas significativas, CV: coeficiente de variación.

La precocidad observada en ciertos genotipos constituye una ventaja agronómica, ya que permite una mejor adaptación a ciclos de cultivo más cortos y a condiciones de estrés hídrico. Los días a floración es un rasgo influenciado tanto por la genética como por factores ambientales, especialmente el fotoperíodo y la temperatura, los que pueden acelerar o retrasar la transición a la fase reproductiva, tal como ha sido documentado en arroz por Sujariya *et al.* (2023), quienes destacan la fuerte influencia de la duración del día y las condiciones térmicas sobre el tiempo a floración. El análisis de correlación indica una relación positiva y altamente significativa ($r = 0.99$) entre la floración y la longitud de panícula (Cuadro 5), lo que sugiere que las variedades que florecen más temprano tienden a desarrollar panículas más cortas. Este hallazgo confirma la estrecha relación entre el ciclo fenológico y la arquitectura de la planta, y coincide con lo reportado por Kumar *et al.* (2021), quienes señalan que la sincronización de la floración es un factor clave para la estabilidad del rendimiento bajo condiciones variables de clima.

($r = -0.05$). Esto sugiere que dichos caracteres se comportan de manera independiente, lo que coincide con la naturaleza cuantitativa y la influencia de la interacción genotipo–ambiente descrito por Lestari *et al.* (2015).

La longitud de la panícula es un rasgo determinante del rendimiento debido a su asociación con el número de granos llenos y la fertilidad de las espiguillas (Díaz *et al.*, 2015). No obstante, en el presente estudio no se evidenció correlación significativa entre la longitud de la panícula y el macollamiento ($r = -0.05$) (Cuadro 5), lo que indica que ambos caracteres se comportaron de manera independiente bajo las condiciones evaluadas. Lestari *et al.* (2015) reportaron variabilidad genética para longitud de panícula, señalando que esta es caracter cuantitativo controlada por múltiples genes y susceptibles a selección; sin embargo, en esta investigación tampoco se evidenció correlación significativa entre la longitud de la panícula y el número de granos por panícula ($p > 0.05$), lo que sugiere que estos componentes del rendimiento pueden expresarse de manera independiente dependiendo del genotipo y de la interacción genotipo - ambiente durante la fase reproductiva.

Cuarto 5. Asociación de variables de crecimiento y componentes del rendimiento

Variable	Altura de planta (cm)	Macollamiento (metro lineal)	Días a floración (dde)	Longitud de panícula (cm)	Manchado del grano (%)	Fertilidad espiguillas (%)	Granos por panícula	Peso 1 000 granos (g)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)
Altura de planta (cm)	1.00								
Macollamiento	0.84*	1.00							
Días a floración (dde)	0.16	0.18	1.00						
Longitud de panícula (cm)	0.00	-0.05	0.99*	1.00					
Manchado del grano (%)	-0.16	-0.13	-0.22	0.31	1.00				
Fertilidad espiguillas (%)	-0.14	-0.22	-0.54	-0.07	0.31	1.00			
Granos por panícula	0.27	-0.06	-0.33	0.27	0.99*	0.09	1.00		
Peso 1 000 granos (g)	0.01	-0.32	-0.31	0.01	0.46	0.02	0.11	1.00	
Rendimiento (kg ha ⁻¹)	0.51	0.03	0.02	0.25	0.83*	0.25	0.65	0.60	1.00

Longitud de panícula (cm). Se observaron diferencias significativas en la longitud de panícula, donde INTA Las Minas superó a los genotipos BF20AR073, INTA K-Industrial e INTA Quilali (Cuadro 4), evidenciando variabilidad genética para esta característica.

La longitud de panícula es un rasgo determinante del rendimiento debido a su asociación con el número de granos llenos y fertilidad de espiguillas (Díaz *et al.*, 2015). Sin embargo, en el presente estudio no se evidenció correlación significativa con el número de granos por panícula; ni con el macollamiento

Manchado de grano. Se observaron diferencias significativas en la incidencia de manchado de grano. La menor incidencia lo presentan tres de los genotipos promisorios (BF20AR073, BF20AR063 y BF20AR005) respecto a INTA La Minas (Cuadro 4).

El manchado de grano constituye un problema fitosanitario de relevancia, ya que afecta tanto el rendimiento como la calidad del arroz, incluyendo la germinación de la semilla. En este estudio, existe una correlación significativa ($r = 0.83$) entre el manchado de grano y el rendimiento (Cuadro 5), lo

CIENCIA DE LAS PLANTAS

que indica que los genotipos con mayor productividad también presentaron mayores porcentajes de granos manchados. De igual manera, se observó una correlación positiva ($r = 0.99$) entre el manchado de grano y el número de granos por panícula, evidenciando que a mayor cantidad de granos por panícula se incrementa la proporción de granos manchados. Estos resultados sugieren una relación entre la capacidad productiva y la susceptibilidad al manchado del grano.

El manchado de grano en arroz se asocia con la presencia de diversos hongos fitopatógenos. Sandoval Martínez *et al.* (2022) reportan más de 150 especies vinculadas a esta enfermedad, entre ellas *Alternaria alternata*, *Alternaria padwickii*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Bipolaris oryzae*, *Curvularia lunata*, *Fusarium moniliforme* y *Fusarium oxysporum*. Los síntomas observados -decoloraciones, apariencia reseca de tonalidad amarillo pálido y manchas dispersas de tonalidades café- son consistentes con lo descrito por Rivero González *et al.* (2012), aunque con variaciones en los patrones de coloración.

El incremento de enfermedades en el cultivo de arroz constituye un problema significativo en muchas regiones productoras. Estos patógenos afectan la calidad y cantidad de la cosecha, ya que sus ataques pueden reducir el rendimiento entre 10 % y 40 %, e incluso ocasionar pérdidas totales en algunos casos. Entre estas enfermedades se encuentran las causadas por el complejo *Helminthosporium* sp. (Cardona y González, 2008), que incluye varias especies de hongos capaces de afectar raíz, tallo, hojas, panículas y granos, afectaciones observadas en los genotipos evaluados. La presencia de la enfermedad en el campo se detectó inicialmente durante la floración y se mantuvo hasta la maduración del grano. Siguiendo la escala establecida por CIAT (1983), las lesiones se clasificaron en la categoría tres, correspondiente al 1 % - 5 % de afectación foliar. Esto indica un nivel mínimo de daño, lo que sugiere que, bajo las condiciones del estudio, la enfermedad no tuvo un impacto significativo en el rendimiento.

El manejo implementado no incluyó fungicidas, con el objetivo de evaluar la tolerancia de los genotipos a enfermedades bajo condiciones de manejo no convencional. A pesar del alto porcentaje de manchado observado en algunos genotipos, la macolla no mostró signos de afectación significativa, lo que sugiere que la enfermedad impacta principalmente la calidad del grano y no la estructura vegetativa.

El manchado se asocia con mayor porcentaje de vaneos y reducción del peso, afectando tanto la calidad comercial como el desarrollo fisiológico del grano (Cárdenas Travieso *et al.*, 2004).

Fertilidad de espiguillas (%). No se observan diferencias significativas en la fertilidad de espiguillas (Cuadro 4). Al

hacer las clasificaciones de acuerdo con las categorías del CIAT (1983), los genotipos BF20AR063 y BF20AR073 se ubican en la categoría 5, como materiales parcialmente fértiles, en cambio, los genotipos BF20AR017 y el comparador INTA K-Industrial se clasifican en la categoría 7 y son consideradas como estériles. Esta clasificación resulta contradictoria en el caso del comparador INTA K-Industrial, dado que, al ser una variedad comercial, su utilización implica la producción de cosecha aprovechable; por lo tanto, la categoría asignada podría reflejar condiciones particulares del estudio (estrés ambiental, manejo agronómico o interacción genotipo-ambiente), más que una característica intrínseca de la variedad. El resto de los genotipos se distribuyó en categorías intermedias de fertilidad, mostrando variabilidad en la expresión de este rasgo y confirmando la influencia de factores genéticos y ambientales en la determinación de la fecundidad de las espiguillas.

La fertilidad de espiguillas es un rasgo determinante para el rendimiento, ya que influye directamente en el número de granos llenos por panícula y en la eficiencia reproductiva del cultivo. En este estudio se presenta una relación negativa muy baja entre la fertilidad de espiguillas y longitud de panícula ($r = -0.07$) (Cuadro 5), lo que indica que la longitud de la panícula no influye en aspectos asociados a la fertilidad de espiguillas.

El déficit hídrico durante la iniciación de la panoja y la espigación incrementa la esterilidad de las espiguillas, afectando de manera significativa el rendimiento (Chaudhary *et al.*, 2003). En general, la fertilidad de espiguillas depende de la interacción entre factores genéticos y ambientales, especialmente bajo condiciones de estrés hídrico y altas temperaturas, que pueden incrementar la esterilidad y reducir el rendimiento (Zhou *et al.*, 2021; Qi y Wu, 2022).

Granos por panícula. No se observaron diferencias significativas en el número de granos por panícula (Cuadro 4). El número de granos por panícula es un rasgo clave en la producción de arroz, ya que está estrechamente vinculado con el potencial de rendimiento y con otras características como macollamiento, el peso del grano y la fertilidad de las espiguillas. No existe correlación entre el número de granos por panícula, el peso de 1000 grano ($r = 0.11$), fertilidad de espiguilla ($r = 0.02$) y el macollamiento ($r = -0.06$) (Cuadro 5).

Los resultados muestran valores superiores a los reportados por Flores del Castillo y Álvarez (2019), quienes señalan que muchas variedades comerciales presentan entre 100 y 150 granos por panícula, con excepción de INTA K-Industrial, que se ubicó ligeramente por debajo de ese rango. De acuerdo con Díaz Solís *et al.* (2015) la fertilidad de espiguillas y el número de granos por panícula dependen de múltiples factores, incluyendo la sanidad vegetal, el manejo de la fertilización nitrogenada, la disponibilidad de otros nutrientes y las condiciones climáticas, lo que puede incrementar o reducir la eficiencia reproductiva del cultivo.

CIENCIA DE LAS PLANTAS

Peso de 1 000 granos (g). No se registraron diferencias estadísticas, por lo que los genotipos son considerados iguales entre sí en relación con esta variable. Este comportamiento ha sido descrito también en evaluaciones, donde se señala que, aunque existe variabilidad genética, las correlaciones entre caracteres agronómicos suelen ser bajas y no siempre se traducen en diferencias significativas entre genotipos (Zúñiga Orozco y Carrodegua González, 2022). Sin embargo, se identificaron genotipos con valores relativamente elevados, destacando la línea promisorio BF20AR073, seguida por la variedad INTA Las Minas y la línea BF20AR063. En términos agronómicos, una mayor longitud de la panícula suele favorecer la capacidad de producción de granos, aunque en este caso no se observó una relación directa con el número de granos por panícula. No obstante, este carácter puede influir en el peso de 1 000 granos, ya que panículas más largas tienden a generar condiciones de llenado más homogéneas. La fertilidad de espiguillas constituye un factor determinante en la producción de granos viables, lo que incrementa la eficiencia reproductiva y el potencial productivo de los genotipos evaluados. Este efecto se refleja en un mayor peso de granos, considerado un indicador de calidad y rendimiento en arroz (Gómez Ibarra *et al.*, 2021).

Rendimiento (kg ha⁻¹). Todos los genotipos son estadísticamente iguales. La correlación entre el rendimiento y el macollamiento fue muy baja ($r = 0.03$), lo que indica que, el número de macollas no estuvo asociado con el desempeño productivo. Este resultado sugiere que, aunque el macollamiento constituye un rasgo clave para la formación de espigas y el potencial de rendimiento (Chachar *et al.*, 2025); las variables que más aportan al rendimiento fueron granos por panícula y peso de 1 000 granos (Cuadro 5).

Thuy *et al.* (2023); Parida *et al.* (2022) destacan la importancia de la fertilidad de espiguillas y la eficiencia de llenado de grano como determinantes directos del rendimiento en arroz.

En los procesos de mejoramiento genético, el rendimiento es considerado el rasgo más relevante, por ser

el resultado de la integración de múltiples características agronómicas y se consolida como el carácter que contribuye a la seguridad alimentaria ante los desafíos ambientales (Seck *et al.*, 2023).

Maduración. Todos los genotipos promisorios completaron su ciclo en 92 días, correspondiente al ciclo intermedio. Durante el estado lechoso, la adecuada disponibilidad de nitrógeno, fósforo y potasio resulta esencial para asegurar el desarrollo del grano y, en consecuencia, el rendimiento (Ma *et al.*, 2022). Un aspecto crítico es el momento de la cosecha, ya que una recolección tardía puede ocasionar caída de granos o sobre maduración, fenómeno observado en la variedad INTA Las Minas, lo que coincide con lo señalado por el International Rice Research Institute (2015), que enfatiza la importancia de una cosecha oportuna para preservar tanto la calidad como el rendimiento del grano.

CONCLUSIONES

Los cinco genotipos promisorios se comportan agronómicamente igual a las variedades comerciales destinadas a la producción de arroz de secano, por lo que se constituyen en materiales adecuados para su evaluación multiambiental donde se determine su adaptabilidad y estabilidad productiva.

AGRADECIMIENTO

La presente investigación se desarrolló gracias al trabajo interdisciplinario entre la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León (UNAN-León) y el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), en el marco de las estrategias de El Plan Nacional de Lucha Contra la Pobreza y para el Desarrollo Humano 2022-2026 (Ejes VII y XI) y de la Estrategia Nacional de Educación en todas sus modalidades "Bendiciones y Victorias" 2024-2026 (Ejes 7 y 11). Se agradece el apoyo institucional y la colaboración brindada por ambas entidades, que hicieron posible la ejecución y culminación de este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias-Badilla, J. G., Esquivel-Segura, E. A. y Campos-Rodríguez, R. (2020). Evaluación de la densidad de siembra y nivel de fertilización en arroz, para las variedades Palmar-18, Lazarroz FL y NayuribeB FL, en Parrita (Pacífico Central), Costa Rica. *Revista Tecnología En Marcha*, 33(3), 13–24. <https://doi.org/10.18845/tm.v33i3.4363>
- Cárdenas Travieso, R. M., Cristo Valdés, E., Pérez León, N., González Vázquez, M. y Cruz Triana, A. (2004). Comportamiento del manchado del grano en variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) de ciclo medio. *Fitosanidad*, 8(4), 39-44. <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209117865006.pdf>
- Cardona, R. y González, M. S. (2008). Caracterización y patogenicidad de hongos del complejo *Helminthosporium* asociados al cultivo del arroz en Venezuela. *Bioagro*, 20(2), 141-145. <https://www.redalyc.org/pdf/857/85720209.pdf>
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. (1983). *Sistema de evaluación estándar para arroz* (2. ed.). <https://cgspace.cgiar.org/server/api/core/bitstreams/90822293-f0cb-4f15-a871-e160a5d2ca3f/content>

CIENCIA DE LAS PLANTAS

- Chachar, Z., Xue, X., Fang, J., Chen, M., Chen, W., Li, X., Ahmed, N., Chachar, S., Ali, A., Chen, Z. L., Fan, L., Lai, R., & Qi, Y. (2025). Genetic and molecular insights into tiller development and approaches for crop yield improvement. *Frontiers in Plant Science*, 16. <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2025.1532180/full>
- Chaudhary, R. C., Nanda, J. S. y Tran, D. V. (2003). *Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz*. <https://www.fao.org/4/Y2778S/y2778s00.htm#Contents>
- Chen, X., Cao, J., Ma, Z., Yu, J., Zhu, Y., Xu, F., Hu, Q., Liu, G., Li, G. y Wei, H. (2025). Grain quality in superior and inferior grains of soft and non-soft rice varieties from the Yangtze River Delta. *Frontiers in Plant Science*, 16, 1-12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1562708>
- Cuadra, S. A. (2016). *Evaluación y selección de líneas avanzadas de arroz (Oryza sativa L.) con alto contenido de Zn en condiciones de riego y secano de Nicaragua* [Tesis de maestría, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/3398/1/tnf30c961e.pdf>
- Cuadra, C., S. A. y Marín-Fernandez, V. (2017). Evaluación y selección de líneas avanzadas de arroz (*Oryza sativa* L.) con alto contenido de zinc en condiciones de riego y secano en Nicaragua. *La Calera*, 17(29), 46-50. <https://doi.org/10.5377/calera.v17i29.6523>
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2020). *InfoStat* (versión 2020) [Software]. Universidad Nacional de Córdoba. <http://www.infostat.com.ar>
- Díaz Solís, S. H., Morejón Rivera, R., Onicka Chisholm, O. y Castro Álvarez, R. (2015). Evaluación de nuevas líneas de arroz (*Oryza sativa* L.) obtenidas por hibridaciones dentro del Programa de Mejoramiento Genético del cultivo en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 36(3), 115-123. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193242312016.pdf>
- Flores del Castillo, E. y Álvarez Paz, G. (2019). Variabilidad genética de dos poblaciones de arroz permite la selección de plantas promisorias para la cosecha mecanizada. *La Calera*, 19(33), 59-65. <https://lcalera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/398/534>
- Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional. (2025). *Plan nacional de producción, consumo y comercio 2025-2026*. https://bcn.gob.ni/sites/default/files/noticias/notas_prensa/2025/PNPCC_2025-2026_version_final.pdf
- Gómez Ibarra, R. A., Kruger, R. D., Pacheco, M. I., Herber, L. G. y Fontana, M. L. (2021). Arroz: implicancia del peso específico de granos en la calidad de semillas. *Fave. Sección ciencias agrarias*, 20(2), 21-31. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1666-77192021000200021&lng=es&tlng=es
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. (2024). *Boletín Climático Mensual: Julio 2024*. Dirección General de Meteorología, Dirección de Cambio Climático y Climatología Aplicada. <https://ineter.gob.ni/boletines/Boletin%20climatico/mensual/2024/BoletinClimatico072024.pdf>
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. (2014). *Catálogo de variedades criollas de frijol y maíz seleccionadas en procesos de fitomejoramiento participativo en Las Segovias*.
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. (2018). *Guía Tecnológica del Cultivo de arroz de Secano*.
- International Rice Research Institute. (2015). *Steps Required for Successful Rice Production*. <http://knowledgebank.irri.org/images/docs/12-Steps-Required-for-Successful-Rice-Production.pdf>
- Kumar, S., Tripathi, S., Singh, S. P., Prasad, A., Akter, F., Syed, M. A., Badri, J., Das, S. P., Bhattarai, R., y Natividad, M. A. (2021). Rice breeding for yield under drought has selected for longer flag leaves and lower stomatal density. *Journal of Experimental Botany*, 72(13), 4981–4992. <https://doi.org/10.1093/jxb/erab160>
- Lestari, A. P., Suwarno, Trikoesoemaningtyas, D., Sopandie, D., & Aswidinnoor, H. (2015). Panicle length and weight performance of F3 population from local and introduction hybridization of rice varieties. *HAYATI Journal of Biosciences*, 22(2), 87–92. <https://doi.org/10.4308/hjb.22.2.87>
- López-Hernández, M. B., López-Castañeda, C., Kohashi-Shibata, J., Miranda-Colín, S., Barrios-Gómez, E. J. y Martínez-Rueda, C. G. (2018). Rendimiento de grano y sus componentes, y densidad de raíces en arroz bajo riego y secano. *Agrociencia*, 52(4), 563-580. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000400563&lng=es&tlng=es
- Ma, J., Chen, H., Lin, J., Fu, W., Feng, B., Li, G., Li, H., Li, J., Wu, Z., Tao, L., & Fu, G. (2022). Functions of nitrogen, phosphorus, and potassium in energy status and their influences on growth and development of rice. *Rice Science*, 29(2), 166–178. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1672630822000075?via%3Dihub>
- Mejía Gutiérrez, J. I. (2021). *Arroz más productivo y sustentable para Latinoamérica, SICA-SUR*. [https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/Proyecto_SICA_SUR_Extenso_version_24082021_\(1\).pdf](https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/Proyecto_SICA_SUR_Extenso_version_24082021_(1).pdf)
- Ministerio Agropecuario. (2025). *Producción nacional de arroz*. <https://www.mag.gob.ni/index.php/noticias?view=article&id=64:produccion-nacional-de-arroz&catid=11>
- Morán Mendoza, V. E. y Meza García, M. J. (2023). *Caracterización de sistemas productivos de arroz (Oryza sativa L.) en el municipio de San Isidro, Matagalpa, Nicaragua* [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria].
- Ortega Picado, A. G., Valdivia Tórez, L. M. y Reyes Fernández, M. A. (2024). *Evaluación de la calidad nutricional de dos variedades de arroz (Oryza sativa L.) procesadas en Ciudad Darío* [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-Managua]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/21951/1/21951.pdf>
- Parida, A. K., Sekhar, S., Panda, B. B., Sahu, G., & Shaw, B. P. (2022). Effect of panicle morphology on grain filling and rice yield: Genetic control and molecular regulation. *Frontiers in Genetics*, 13. <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.876198>

CIENCIA DE LAS PLANTAS

- Qi, B., & Wu, C. (2022). Potential roles of stigma exertion on spikelet fertility in rice (*Oryza sativa* L.) under heat stress. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.983070>
- Riaz, A., Alqudah, A. M., Kanwal, F., Pillen, K., Ye, L.-Z., Dai, F., & Zhang, G.-P. (2023). Advances in studies on the physiological and molecular regulation of barley tillering. *Journal of Integrative Agriculture*, 22(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2022.08.011>
- Rivero González, D., Cruz Triana, A., Rodríguez Pedroso, A., Echeverría Hernández, A. y Martínez Coca, B., (2012). Hongos asociados al manchado del grano en la variedad de arroz INCA LP-5 (*Oryza sativa* L.) en Cuba. *Revista de la Sociedad Venezolana de Microbiología*, 32, 131-138. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-25562012000200011
- Sandoval Balladares, Y., Benavides González, A. y Marín Fernández, V. (2019). Evaluación de líneas de arroz (*Oryza sativa* L.) y estabilidad fenotípica en cinco localidades de Río San Juan, Nicaragua. *La Calera*, 19(32), 24-32. <https://www.camjol.info/index.php/CALERA/article/view/8437/8638>
- Sandoval Martínez, M. I. E., Osnaya-González, M., Soto-Rojas, L. y Nava-Díaz, C. (2022). Hongos asociados con las manchas de granos de arroz: una revisión. *Revista fitotecnica mexicana* 45(4), 509-517. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0187-73802022000400509&lng=es&nrm=iso
- Seck, F., Covarrubias-Pazaran, G., Gueye, T., & Bartholomé, J. (2023). Realized genetic gain in rice: Achievements from breeding programs. *Rice*, 16(61). <https://link.springer.com/article/10.1186/s12284-023-00677-6>
- Sujariya, M. K., Bhatt, M. N., & Patel, R. D. (2023). Estimation of time to flowering and its effect on grain yield of photoperiod-sensitive lowland rice varieties. *Field Crops Research*, 304, 108627. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.108627>
- Takai, T. (2024). Potencial del cultivo del arroz para la producción sostenible de alimentos. *Journal of Experimental Botany*, 75(3), 708–720. <https://doi.org/10.1093/jxb/erad422>
- Téllez Hernández, E. F. y Vallecillo Tapia, R. N. (2023). *Caracterización socioeconómica y fitosanitaria de sistemas de producción en el cultivo de arroz (Oryza sativa) en el municipio de San Isidro, Matagalpa* [Trabajo de monografía, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional. <https://ribuni.uni.edu.ni/6643/1/200204.pdf>
- Thuy, N. P., Trai, N. N., Khoa, B. D., Thao, N. H. X., Phong, V. T., & Thi, Q. V. C. (2023). Correlation and Path Analysis of Association among Yield, Micronutrients, and Protein Content in Rice Accessions Grown Under Aerobic Condition from Karnataka, India. *Plant Breeding and Biotechnology*, 11(2), 117–129. <https://www.plantbreedbio.org/journal/view.html?doi=10.9787/PBB.2023.11.2.117>
- Zhou, D., Shen, W., Cui, Y., Liu, Y., Zheng, X., Li, Y., Wu, M., Fang, S., Liu, C., Tang, M., Yi, Y., Zhao, M., Chen, L., & Tang, M. (2021). Apical spikelet abortion (ASA) controls apical panicle development in rice by regulating salicylic acid biosynthesis. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2021.636877/full>
- Zúñiga Orozco, A. y Carrodegua González, A. (2022). Variabilidad morfo-agronómica en genotipos de arroz en el Pacífico Central, Costa Rica. *Ciencia y Agricultura*, 19(1), 1-14. <https://doi.org/10.19053/01228420.v19.n1.2022.12567>