

RESPUESTA AGRONÓMICA Y PRODUCTIVA DE OCHO VARIEDADES DE ARROZ BAJO CONDICIONES DE MANEJO AGROECOLÓGICO^a

AGRONOMIC AND PRODUCTIVE RESPONSE OF EIGHT RICE VARIETIES UNDER AGROECOLOGIC MANAGEMENT CONDITIONS

ALEXANDER CALERO HURTADO^b *, YANERY PÉREZ DÍAZ^c, YAINIER GONZÁLEZ-PARDO HURTADO^d, LESLY ANALAY YANES SIMÓN^c, DILIER OLIVERA VICIEDO^b, KOLIMA PEÑA CALZADA^b, ANAY PÉREZ RODRÍGUEZ^c

Recibido 18-01-2020, aceptado 22-05-2020, versión final 12-06-2020.

Artículo Investigación

RESUMEN: Los sistemas de arroz convencionales consumen grandes cantidades de agroquímicos y dan como resultado la contaminación de los agroecosistemas. Por lo tanto, deben desarrollarse sistemas de producción de arroz con ahorro de agroquímicos y alta eficiencia de uso de recursos. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto agro-productivo de ocho variedades de arroz de ciclo medio en el aumento de la productividad del cultivo bajo condiciones de manejo agroecológico. La siembra de las variedades se realizó de forma manual, directa a voleo. Fueron evaluados los siguientes indicadores morfoproductivos: número de tallos fértiles por plantas, longitud de las plantas (*cm*), número de panículas por planta, número de granos por panículas, longitud de la panícula (*cm*), masa de 1000 semillas (*g*) y el rendimiento (*t ha⁻¹*). Los resultados indicaron que las variedades de arroz *IA – 31* y *ILP – 5* presentaron el mejor desempeño agronómico y productivo. La agrupación de los cultivares mostró patrones de asociaciones entre los caracteres morfológicos y los cultivares. El estudio actual indicó que los rasgos fenológicos y productivos fueron útiles para la evaluación preliminar de las variedades y pueden usarse como un enfoque de amplio espectro para comparar la diversidad genética de los cultivares de arroz bajo condiciones agroecológicas.

PALABRAS CLAVE: Cultivares; diversidad; *Oryza sativa* L.; rendimiento.

ABSTRACT: Conventional rice systems consume large amounts of agrochemicals, which result in the soil water contaminations. Therefore, rice production systems with agrochemical savings and high efficiency of resource use must be developed. The objective of this study was to evaluate the agro-productive effect of eight rice varieties of medium-cycle in the increase of the crop productivity under agro-ecological management conditions. The sowing of the varieties was done manually, direct, and volley. The following morpho-productive indicators were evaluated as the number of fertile stems per plant, average of height per plants (*cm*), number of panicles per plant, number of grains

^aCalero Hurtado, A., Pérez Díaz, Y., González-Pardo, Y., Yanes Simon, L. A., Olivera Viciedo, D., Peña Calzada, K. & Pérez Rodríguez, A. (2020). Respuesta agronómica y productiva de ocho variedades de arroz bajo condiciones de manejo agroecológico. *Rev. Fac. Cienc.*, 9 (2), 43–55. DOI: <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v9n2.84629>

^bUniversidad Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP).

* Autor para correspondencia: alexcalero34@gmail.com.

^cCentro Universitario Municipal de Taguasco “Enrique José Varona”.

^dUniversidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez” (UNISS).

per panicle, panicle length (*cm*), mass of 1000 seeds (*g*) and the yield ($t\ ha^{-1}$). The results indicating that the *IA – 31* and *ILP – 5* rice varieties presented the best agronomic and productive performance. The cultivars grouping showed patterns of associations between morphological characters and cultivars. The current study indicated that phenological and productive traits were useful for preliminary evaluation of varieties and can be used as a broad-spectrum approach to compare the genetic diversity of rice cultivars under agro-ecological conditions.

KEYWORDS: Cultivars; sowing densities; *Oryza sativa* L.; yield.

1. INTRODUCCIÓN

En 2018 el área de cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) en todo el mundo, fueron alrededor de 167,13 millones de hectáreas (*ha*) (FAO, 2019). Según FAO, las producciones mundiales de este cultivo fueron de 772,5 millones de toneladas en 2018 (FAO, 2019). Más de 3 mil millones de personas en todo el mundo, especialmente en países en vía de desarrollo, utilizan el arroz como un alimento básico y una importante fuente nutricional de proteínas (de Lima *et al.*, 2018).

La producción de arroz en Cuba es sustentada en dos formas productivas, el sector especializado constituido por empresas estatales que producen alrededor de 127 mil toneladas de arroz consumo en un área aproximada de 104800 *ha* y el sector no especializado, integrado por más de 180 mil productores. La reproducción genética del arroz es realizada principalmente en el Instituto Cubano de Investigación del Arroz (Instituto de Investigaciones del Arroz (IIArroz) Cuba), en colaboración con diferentes centros a nivel mundial y regional, como la Investigación Internacional del Arroz. Instituto (IRRI, Filipinas) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia) (Alvarez *et al.*, 2007).

La diversidad de variedades ha demostrado ser un mecanismo idóneo para hacer llegar al productor, porque se incorporan nuevos conocimientos sobre las tecnologías, en función de las necesidades, preferencias y condiciones productivas (Ly *et al.*, 2016). Involucrar a los beneficiarios en el proceso de planificación es una forma de aumentar la productividad y la sostenibilidad de la utilización de los recursos (Birendra *et al.*, 2014). El uso de varias variedades de arroz es relevante para la diversificar la producción del grano, ayuda a transformar la comida, que puede ser usada con diferentes objetivos en la alimentación diaria (Dingkuhn *et al.*, 2015).

El área de tierra para la agricultura orgánica se ha expandido en respuesta a las crecientes preocupaciones con respecto a la seguridad alimentaria y los problemas ambientales. De manera general la producción del arroz ocurre sobre las bases del manejo agroquímico (Liang *et al.*, 2019; Yao *et al.*, 2019), los nuevos cultivares, líneas o variedades proporcionados presentan excelentes respuestas y manejos a la fertilización mineral (Huang *et al.*, 2016). Sin embargo, pocos relatos existen en relación al manejo agroecológico del arroz (Hokazono, 2012).

En Cuba, desde hace algunos años se desarrollaron nuevos cultivares o variedades de arroz, incluidos la *J – 104*, *INCA – LP – 5*, Prosequisa 4, *IACuba – 31*, entre otras, con resultados alentadores en la productividad del grano, pero la mayoría manejadas y cultivadas bajo condiciones convencionales (Castro *et al.*, 2014; Maqueira *et al.*, 2018; Rodríguez *et al.*, 2017). La diversidad varietal es importante para reforzar la respuesta a los diferentes agroecosistemas (alta humedad relativa y precipitaciones, así como elevadas temperaturas y la afectación por plagas) (Castro *et al.*, 2014). Sin embargo, todavía faltan estudios cuantitativos sobre las respuestas de las variedades de arroz al manejo agroecológico y las prácticas sostenibles que incrementen la productividad del grano.

Por tanto, el manejo agroecológico de diferentes variedades de arroz en el desarrollo productivo del arroz, constituye un resultado inédito y poco relatado en la literatura. Para ello es pertinente probar las siguientes hipótesis: la diversificación varietal del arroz constituye una alternativa para incrementar la productividad del grano y todavía es posible maximizar este incremento bajo un manejo agroecológico como una alternativa para aumentar los rendimientos. En este sentido, se evaluó la respuesta de los indicadores agromorfológicos y el rendimiento de ocho variedades de arroz en condiciones de producción agroecológica.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización y condiciones de cultivo

El trabajo fue desarrollado en las áreas de la Cooperativa de Crédito y Servicios “Bernardo Arias Castillo”, en la finca Agroecológica “San José” perteneciente al productor “Pablo Torres Rodríguez”, ubicada en Sancti Spíritus, Cuba, de junio a octubre de 2017, en el periodo lluvioso, correspondiendo con la época de primavera. En el área de estudio, se produjeron fluctuaciones significativas de las temperaturas medias mensuales, que fueron muy favorables para las diferentes etapas fenológicas del cultivo, como la floración, la fructificación y el llenado del grano. Durante todo el periodo experimental la temperatura media mensual fue de $26,10^{\circ}\text{C} \pm 3,0^{\circ}\text{C}$, la humedad relativa de $83,20\% \pm 5,0\%$, y el promedio de precipitaciones mensual fue de $201,0\text{mm}$.

Las semillas de las variedades *J – 104*, *IACuba – 31* (*IA – 31*), *IACuba – 32* (*IA – 32*), *IACuba – 37* (*IA – 37*), *IACuba – 39* (*IA – 39*), *Reforma (REFOR)*, *Prosequisa – 4* (*PRO – 4*) y la *INCA LP – 5* (*ILP – 5*), fueron aportadas por la Estación de Granos del Sur del Jíbaro, La Sierpe, Cuba. La siembra de las variedades fue realizada manualmente a voleo. Se destaca como aspecto de interés que después de la etapa de ahijamiento, se estableció una lámina de agua de aproximadamente 10 cm de altura hasta el inicio de la maduración del grano.

2.2. Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó en diseño en bloques al azar, con ocho tratamientos y tres réplicas. Las ocho variedades de arroz estudiadas fueron la *J* – 104, *IA* – 31, *IA* – 32, *IA* – 37, *IA* – 39, *REFOR*, *PRO* – 4 y la *ILP* – 5. Fueron formadas 24 parcelas experimentales. El tamaño de cada parcela experimental fue de $9,60 m^2$, el área útil de $3,36 m^2$ y el área total del experimento fue de $0,27 ha$.

2.3. Manejo fitotécnico del cultivo

El manejo agrotécnico del cultivo se realizó siguiendo las orientaciones del instructivo técnico del cultivo (Rivero & Suárez, 2015). La siembra fue manual a voleo con la semilla pregerminada, el riego fue realizado por infiltración, no hubo aplicaciones de plaguicidas o fertilizantes químicos. La fertilización fue realizada mediante la aplicación de una mezcla de guano de murciélago con humus de lombriz, en una proporción de 50% y aplicado a razón de $5,0 t ha^{-1}$, fraccionada en dos momentos, la primera aplicación a una dosis de $2,5 t ha^{-1}$ en la preparación del suelo y la otra después de finalizado el ahijamiento activo. El tipo de suelo fue clasificado como Pardo Sialítico Carbonatado siguiendo los criterios de Hernández *et al.* (2015), denominado Cambisol por la WRB (2015).

2.4. Parámetros evaluados

Los muestreos fueron realizados según las etapas de crecimiento y desarrollo para el cultivo expresado por (Abe, 2006) y muestreadas 45 plantas por tratamientos. Los indicadores agroproductivos evaluados fueron:

- En la etapa de iniciación de la panícula:
 1. Longitud de la planta (*LP*) y
 2. Número de tallos fértiles por plantón (*NTFP*)

- En la cosecha:
 1. Número de panículas por m^2 (*NP/m^2*)
 2. Número de granos por panículas (*GP*)
 3. Longitud de la panícula (*cm*) (*LP*)
 4. Porcentaje granos llenos por panícula (*PGLL*)
 5. Masa de 1000 granos (*g*) (*MG*) y
 6. Rendimiento ($t ha^{-1}$).

2.5. Análisis estadísticos

El conjunto de datos obtenidos fue analizado para variables continuas en el software *AgroEstat* para el Microsoft Windows. Los datos expresados en porcentaje fueron transformados por la fórmula siguiente

$\arcseno(\sqrt{x/100})$. La distribución normal fue comprobada por la prueba de Shapiro-Wilk, comprobada la normalidad de los datos, fueron sometidos a un análisis de varianza simple (ANOVA), la significancia de la variancia fue determinada mediante la prueba Fisher. Cuando la variancia fue significativa, las medias fueron comparadas a través de la prueba de Rangos Múltiples de Tukey con un 5% de probabilidad de error. Además, se ejecutó un análisis de clasificación mediante el método de conglomerados (cluster) por el método del vecino más próximo y la distancia Euclidiana cuadrática como medida de similitud en el software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hubo diferencias significativas (Valor $p < 0,05$) en las variables tallos fértiles por plantón y altura de la planta (Figura 1a, b). La mayor producción de tallos fértiles por plantón fue alcanzada por la variedad *Pro* – 4, sin diferencias significativas con respecto a la *IA* – 39, pero mostró superioridad a las demás variedades estudiadas. Sin embargo, la *IA* – 39 mostró resultados similares estadísticamente a las variedades *J* – 104, *IA* – 37 y *ILP* – 5 y fue superior a las variedades *IA* – 31, *IA* – 32 y *REFOR*, pero estas últimas al mismo tiempo mostraron efectos similares en el número de *TFP* (Figura 1a). Por otro parte, la altura de la planta mostró variabilidad y diferencias significativas entre las variedades estudiadas, la variedad *REFOR* mostró la mayor *AP* y superó estadísticamente a las otras variedades. La *IA* – 39 fue superior a la *ILP* – 5, pero esta última, al mismo tiempo fue superior a la *IA* – 37 y la *Pro* – 4, mientras que, la *IA* – 31, *IA* – 32 y la *J* – 104 presentaron efectos similares en la producción de *TFP* (Figura 1b).

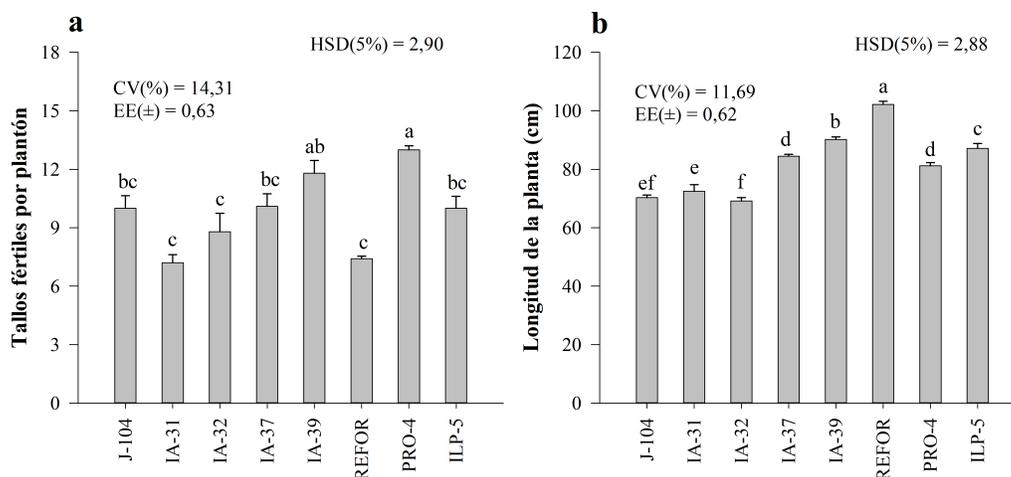


Figura 1: Número de tallos fértiles por plantón (a) y altura de la planta (b), en función de las ocho variedades estudiadas. Valores representados por la media de tres repeticiones \pm error estándar (*EE*). Barras del error representan la desviación estándar (*DS*) de la media. *HSD*: diferencia mínima significativa. *CV* (%): coeficiente de variación. Fuente: Elaboración propia.

En el estudio actual, quedó evidenciado que los ocho genotipos diferían en la expresión de los rasgos fenotípicos. La producción del *NTFP* en las variedades fue variable en las condiciones estudiadas. Esto contribuyó significativamente a mejorar resultados. Estos resultados pudieron estar influenciados por las características de cada genotipo porque las variedades de arroz de alto rendimiento muestran una compensación en la producción de macollas (Kumar *et al.*, 2017). Aunque es conocido que número de *NTFP* presenta una relación directa con el rendimiento del cultivo, no son proporcionales (Calero *et al.*, 2015). Estos resultados son consistentes con estudios previos realizados por Dingkuhn *et al.* (2015) quienes indicaron que el efecto beneficioso del número de *NTFP* están en las cantidades adecuadas, porque favorece la producción de panículas.

El presente estudio indicó que la longitud de la planta es un factor importante para el manejo y las prácticas agrícolas del cultivo. Los resultados observados entre las variedades, pudo estar favorecido por las condiciones climatológicas y las características de cada variedad (Aspinwall *et al.*, 2015; Kumar *et al.*, 2017). Estos resultados pudieron estar influenciados por la *NTFP* (Figura 1a) y estuvieron en línea con los hallazgos previamente reportados (Dey *et al.*, 2016; Dingkuhn *et al.*, 2015). Por otro lado, la introducción de variedades enanas y semienanas incrementaron sustancialmente los rendimientos de arroz (Zhang *et al.*, 2017). Estos resultados fueron similares a los reportados previamente por Kumar *et al.* (2017) quienes observaron una fuerte relación entre la *LP* y la productividad de 12 genotipos de arroz.

El ANOVA reveló diferencias significativas entre las variedades estudiadas en el número de panículas por m^2 , longitud de la panícula, granos por panícula y el porcentaje de granos llenos por panículas (Tabla 1). El

Tabla 1: Variables morfométricas evaluadas en las variedades estudiadas. Valores representados por las medias de tres repeticiones. *NP/m²*: número de panículas por metro cuadrado; *LP*: longitud de la panícula; *GP*: cantidad de granos por panícula; *GLL*: porcentaje de granos llenos por panícula; *DN*: datos normales; *DT*: datos transformados. Valores representados por la media de tres repeticiones.

Variedades	<i>NP/m²</i>	<i>LP</i> (cm)	<i>GP</i>	<i>PGLL</i> (%)	
				<i>DN</i>	<i>DT</i>
J-104	328,00 bc	20,00 cde	150,00 cd	88,01	69,75 ab
IA-31	336,00 bc	18,00 e	154,00 bc	83,77	66,25 ab
IA-32	264,00 d	19,00 de	204,00 a	87,72	69,87 ab
IA-37	303,00 c	21,60 bcd	126,00 d	83,33	65,90 ab
IA-39	354,00 b	29,20 a	199,00 a	87,81	69,65 ab
REFOR	222,00 e	27,40 a	206,00 a	80,36	63,88 b
Pro-4	390,00 a	23,40 b	180,20 ab	79,19	63,13 b
ILP-5	340,00 b	22,20 bc	183,20 a	90,34	72,70 a
<i>CV</i> (%)	14,31	6,29	7,34	-	5,57
<i>EE</i> (±)	0,63	0,64	0,78	-	0,70
<i>HSD</i> (5%)	27,95	2,94	26,73	-	7,80

número de NP/m^2 fue superior en la variedad *Pro* – 4 y estadísticamente diferente a las demás variedades. Los cultivares *ILP* – 5 y *IA* – 39 mostraron efectos similares en el NP/m^2 y no presentaron diferencias estadísticas en relación a los cultivares *J* – 104 y *IA* – 31, pero estos últimos al mismo tiempo no difirieron de la variedad *IA* – 37, sin embargo, esta última fue superior a la *IA* – 32, mientras que, la *REFOR* fue significativamente inferior al resto de las variedades (Tabla 1). El presente estudio indicó que las ocho variedades estudiadas presentaron valores genotípicos para NP/m^2 diferentes en las condiciones de cultivo empleadas. Estos resultados pudieron estar influenciados por las modificaciones en la *AP* y el número de *TFP* (Figura 1a, Figura 1b) y por las variaciones genotípicas (Gupta & Mishra, 2019). Efectos similares fueron previamente reportados por Kumar *et al.* (2017), quienes reportaron alteraciones en el NP/m^2 de 12 genotipos incurridas por las condiciones de cultivo. Además, fue demostrado previamente que el NP/m^2 es el componente más importante del rendimiento y contribuye con el 89 % de las variaciones en el rendimiento (Calero *et al.*, 2015).

Por otro lado, la longitud de la panícula mostró alteraciones significativas en las variedades evaluadas. Las variedades *IA* – 39 y *REFOR* mostraron el mejor efecto en *LP* comparadas con las otras variedades, seguidas de la *Pro* – 4, *ILP* – 5 y *IA* – 37 que no difirieron entre ellas, sin embargo, las variedades *ILP* – 5 y *IA* – 37 mostraron un efecto similar a la *J* – 104 y *IA* – 32, mientras que, la variedad *IA* – 31 mostró los valores más bajos de *LP* (Tabla 1). Estos resultados pudieron estar influenciados por las variaciones encontradas en el *NTFP* y la *AP* (Figura 1a, b) y el NP/m^2 (Tabla 1), componentes importantes en las modificaciones de la productividad de las plantas (Baloch *et al.*, 2002; Calero *et al.*, 2015). En consecuencia, estos resultados están relacionados con estudios previos en este cultivo (Zhang *et al.*, 2017). Nuestros resultados son consistentes con los reportados por Kumar *et al.* (2017) quienes observaron una relación positiva entre la *LP* y la productividad del grano.

Los análisis estadísticos indicaron que los *GP* variaron significativamente en las variedades estudiadas. Los mayores incrementos ocurrieron en las variedades *IA* – 32, *IA* – 39, *REFOR*, *ILP* – 5 y *Pro* – 4, pero esta última presentó efectos similares a *IA* – 31, sin embargo, esta última al mismo tiempo no mostró efectos significativos con la *J* – 104, mientras que, la *IA* – 37 fue la que menor producción de *GP* alcanzó (Ver Tabla 1). Este efecto pudo estar debido al incremento ocurrido en el *NTFP*, NP/m^2 y la *LP* (Ver Tabla 1). Estos resultados son consistentes con los reportados por Calero *et al.* (2015) quienes reportaron que el incremento en el *GP* resultó un incremento en el rendimiento. Resultados similares en la variación de los *GP* fueron reportados anteriormente en 12 genotipos de arroz (Kumar *et al.*, 2017). Además, Ly *et al.* (2016) indicaron que el número y tamaño de los granos influyen directamente en la productividad del arroz.

El presente estudio reveló que la cantidad de granos llenos por panículas mostró diferencias significativas (Valor $p < 0,05$) entre las variedades de arroz evaluadas y los valores más altos del porcentaje de llenado del grano fue alcanzado por la variedad *ILP* – 5 y no mostró efectos significativos en relación a las variedades *J* – 104, *IA* – 31, *IA* – 32, *IA* – 37 y la *IA* – 39, pero resultó ser superior a las variedades *REFOR* y

Pro – 4 (Ver Tabla 1). Aunque es conocido que el vaneo es influenciado principalmente por la afectación de plagas (Goulart *et al.*, 2015), las temperaturas bajas (Delmotte *et al.*, 2011), el manejo de la fertilización y la densidad de siembra (Andrew *et al.*, 2014; Calero *et al.*, 2015) y las variedades también ejercen un papel primordial en este factor (Ly *et al.*, 2016). Las variedades *J* – 104, *IA* – 32, *IA* – 39 y la *ILP* – 5 coincidieron con los criterios expresados por Calero *et al.* (2015) y González *et al.* (2004), quienes reportaron que para las condiciones de Cuba, valores entre 10 y 15% de vaneo son aceptables para las variedades índicas y que las variedades *IA* – 31, *IA* – 37, *REFOR* y *Pro* – 4 superaron el 16% de vaneo, lo que ocasionó la disminución del rendimiento del grano (Ver Tabla 1). Este fenómeno también puede ser favorecido por la época de siembra, según González *et al.* (2004) existe una correlación fuerte y positiva entre el vaneo y algunas variables climatológicas estudiadas (temperatura y humedad). Por otro lado, el *NP/m²* es considerado el factor principal del componente del rendimiento (Lee *et al.*, 2009), estos autores encontraron alta relación en relación a la producción de tallos fértiles por plantón, resultados corroborados en este trabajo (Figura 1a y Tabla 1).

El ANOVA reveló que la masa de 1000 granos fue significativa entre las variedades evaluadas, en particular las variedades *IA* – 31 y la *ILP* – 5 superaron a las otras variedades. La variedad *J* – 104 mostró incrementos significativos en comparación con la *REFOR*, mientras que, esta última superó a la *IA* – 32. Sin embargo, la *IA* – 37 fue inferior a la *IA* – 32 y al mismo tiempo fue significativamente superior a las variedades *IA* – 39 y *PRO* – 4, que mostraron efectos similares en la *MG* (Figura 2a). Por otra parte, el rendimiento obtenido por las ocho variedades evaluadas, presentó diferencias significativas entre ellas, destacando las variedades *IA* – 31 y *ILP* – 5 que superaron a las demás variedades evaluadas, seguida de la *PRO* – 4 que superó las medias de las variedades *J* – 104 y *IA* – 32 y éstas superaron a la *IA* – 37 y la *REFOR*, respectivamente y todas fueron superiores a la *IA* – 39 que alcanzó los rendimientos más bajos (Figura 2b).

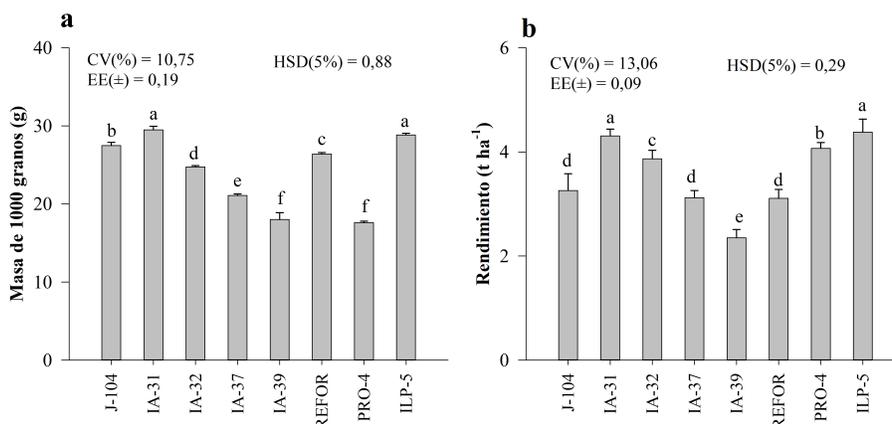


Figura 2: Masa promedio de 1000 granos (a) y el rendimiento (b), de las ocho variedades estudiadas bajo las condiciones de estudio. Valores representados por la media de tres repeticiones \pm error estándar (*EE*). Barras del error representan la desviación estándar (*DS*) de la media. *HSD*: diferencia mínima significativa. *CV* (%): coeficiente de variación. Fuente: Elaboración propia.

En este estudio se demostró que el manejo agroecológico de las ocho variedades estimuló la masa de 1000 granos y el rendimiento de la mayoría de las variedades. La mayor productividad alcanzada por las variedades *IA – 31* y *ILP – 5*, pudieron estar debido a la mayor *MG*, altos porcentajes de *GLL* y *GP* y especialmente la producción compensatoria del *NP/m²*, *LP* y *NTFP* (Figuras 1 y 2a; Tabla 1). Sin embargo, las variedades *J – 104*, *REFOR*, *IA – 32*, *IA – 37* y la *PRO – 4* mostraron una productividad intermedia, probablemente por la producción adecuada de los parámetros morfológicos y productivos evaluados (Figuras 1 y 2a; Tabla 1). Estos resultados indicaron que el rendimiento medio de las siete variedades mencionadas anteriormente fue superior a la media mundial ($3,8 t ha^{-1}$) y según Díaz *et al.* (2009) la producción media nacional ($3,3 t ha^{-1}$) continúa por debajo de este rendimiento mundial. Estos efectos benéficos del manejo agroecológico en incremento de los indicadores productivos y el rendimiento del arroz fueron previamente reportados (Dingkuhn *et al.*, 2015; Hokazono, 2012). Por otro lado, fue observado que la variedad *IA – 39* presentó el menor rendimiento, probablemente por la alta producción del *NTFP* y *NP/m²*, que provocaron una disminución en los *GP*, porcentajes de *GLL* y la *MG* (Figuras 1 y 2a; Tabla 1).

El análisis multivariado a través del Dendrograma de Cluster (Figura 3) mostró similitud para los resultados obtenidos, fueron conformados tres grupos por su similitud, el primero lo conformaron tres variedades, la *J – 104*, *IA – 31* y *IA – 37*, el segundo grupo compuesto por la *IA – 39*, *ILP – 5* y la *PRO – 4* y el último conformado por la *IA – 32* y *REFOR*, en las condiciones agroclimáticas y de manejo estudiadas.

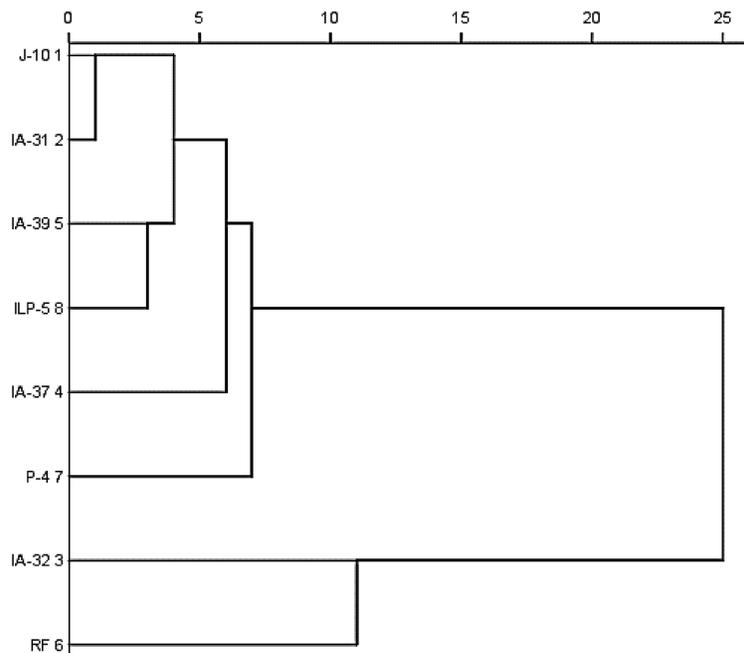


Figura 3: Dendrograma de las variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) mediante datos morfométricos determinados. Datos recopilados en Sancti Spíritus, Cuba, 2017. Fuente: Elaboración propia.

En cambio, los grupos de cultivares se asociaron con sus similitudes morfológicas y el manejo de las condiciones de cultivo. Estos grupos presentan similitud con los indicadores evaluados y el rendimiento, el primer grupo coincide con las variedades más productivas y superaron la media nacional del rendimiento del cultivo, el segundo grupo fue conformado por aquellas variedades que promediaron rendimientos similares a la media nacional y el tercer grupo fue conformado por aquellas variedades que el rendimiento promedio fue por debajo de la media nacional. Los resultados obtenidos son consistentes con los hallazgos reportados anteriormente (Tehrim *et al.*, 2012). Estos resultados coinciden con los criterios planteados por Wu *et al.* (2019) quienes, al utilizar el Método de Ward, obtuvieron grupos bien definidos. Sin embargo, con una línea de corte más estricta se pueden formar más grupos diferentes, más definidos y atípicos, pero no se trató de unir a los grupos mayoritarios (Savitha & Kumari, 2016).

4. CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio sugieren que, en las condiciones edafoclimáticas estudiadas, los parámetros morfológicos que más influenciaron en la productividad del arroz fueron la masa de los granos, el porcentaje de granos llenos, la cantidad de granos por panículas y el número de panículas por m^2 . Las variedades de arroz IA – 31 y ILP – 5 presentaron el mejor desempeño agronómico y productivo. La agrupación de los cultivares mostró patrones de asociaciones entre los caracteres morfológicos y los cultivares. El estudio actual indicó que los rasgos agromorfológicos fueron útiles para la evaluación preliminar de las variedades y pueden usarse como un enfoque de amplio espectro para comparar la diversidad genética de los cultivares de arroz bajo condiciones agroecológicas.

Referencias

- Abe, A. (2006). El crecimiento de las plantas de arroz. In K. HOSHIKAWA (Ed.), *Aspectos morfológicos y fisiológicos de los caracteres fundamentales de la planta de arroz* (1st ed., pp. 80–87). Centro Internacional de Tsukuba. Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA).
- Alvarez, A., Fuentes, J. L., Puldón, V., Gómez, P. J., Mora, L., Duque, M. C., Gallego, G. & Tohme, J. M. (2007). Genetic diversity analysis of Cuban traditional rice (*Oryza sativa* L.) varieties based on microsatellite markers. *Genetics and Molecular Biology*, 30(4), 1109-1117. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572007000600014>
- Andrew, A., Bianca, C. & Orluchukwu, J. (2014). Effects of yield components on yield potential of some lowland rice (*Oryza sativa* L.) in coastal region of Southern Nigeria. *Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 6(9), 119–127. <https://doi.org/10.5897/jpbcs2014.0449>
- Aspinwall, M. J., Loik, M. E., Resco de Dios, V., Tjoelker, M. G., Payton, P. R. & Tissue, D. T. (2015). Utilizing intraspecific variation in phenotypic plasticity to bolster agricultural and forest productivity under climate change. *Plant, Cell & Environment*, 38(9), 1752-1764. <https://doi.org/10.1111/pce.12424>

- Baloch, A. W., Soomro, A. M., Javed, M. A., Ahmed, M., Bughio, H. R. & Mastoi, N. N. (2002). Optimum plant density for high yield in rice (*Oryza sativa* L.) *Asian Journal of Plant Sciences*, 1(1), 25–27.
- Birendra, K., Stainback, G. & Chhetri, B. (2014). Community users' and experts' perspective on community forestry in Nepal: a SWOT-AHP analysis. *Forests, Trees and Livelihoods*, 23(4), 217-231. <https://doi.org/10.1080/14728028.2014.929982>
- Calero, A., Olivera, D. & Garcia, V. (2015). Influencia de cuatro distancias de trasplante sobre el rendimiento agrícola del cultivar de arroz Amistad-82. *Infociencia*, 19(2), 13–23.
- Castro, R., Díaz, S. H., Álvarez, G. E., Morejón, R. & Polón, R. (2014). Evaluación de cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) para la práctica de cultivo de rebrote en las condiciones de Cuba. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 85–91. <http://ediciones.inca.edu.cu>
- de Lima, Â. G., Barum, M. T., Ramirez, R. P., Fonseca, S. F., Pieniz, S. & Rodrigues, K. L. (2018). Acceptability, nutritional composition, and protein digestibility of food produced with black rice. *Journal of Culinary Science & Technology*, 16(1), 30–39. <https://doi.org/10.1080/15428052.2017.1310073>
- Delmotte, S., Tittonell, P., Mouret, J. C., Hammond, R. & Lopez-Ridaura, S. (2011). On farm assessment of rice yield variability and productivity gaps between organic and conventional cropping systems under Mediterranean climate. *European Journal of Agronomy*, 35(4), 223–236. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.06.006>
- Dey, S., Badri, J., Prakasam, V., Bhadana, V. P., Eswari, K. B., Laha, G. S., Priyanka, C., Rajkumar, A. & Ram, T. (2016). Identification and agro-morphological characterization of rice genotypes resistant to sheath blight. *Australasian Plant Pathology*, 45(2), 145–153. <https://doi.org/10.1007/s13313-016-0404-9>
- Díaz, G., Ruiz, M., Álvarez, G. & Castillo, A. (2009). Estudio de diferentes prácticas agrícolas para buscar sostenibilidad en la producción arrocera. *Cultivos Tropicales*, 30(1), 05-11. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362009000100001&script=sci_arttext&tlng=en
- Dingkuhn, M., Laza, M. R. C., Kumar, U., Mendez, K. S., Collard, B., Jagadish, K., Singh, R. K., Padolina, T., Malabayabas, M., Torres, E., Rebolledo, M. C., Manneh, B. & Sow, A. (2015). Improving yield potential of tropical rice: Achieved levels and perspectives through improved ideotypes. *Field Crops Research*, 182, 43–59. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.05.025>
- FAO. (2019). *Faostat*. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- González, M., Castro, R., Morejón, R. & Cárdenas, R. M. (2004). Relación del vanejo del grano en variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) con las variables climáticas temperatura y humedad relativa. *Cultivos Tropicales*, 25(3), 15-17.

- Goulart, E. da S., Schuch, L. O. B., Tunes, L. V. M. de & Vieira, J. F. (2015). Performance of rice hybrids determined by different planting arrangements. *International Journal of Agriculture and Natural Resources*, 42(1), 75–83.
- Gupta, R. & Mishra, A. (2019). Climate change induced impact and uncertainty of rice yield of agro-ecological zones of India. *Agricultural Systems*, 173, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.01.009>
- Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D. & Castro, N. (2015). *Clasificación de los suelos de Cuba. Publicado en formato digital* (1st ed.). Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- Hokazono, S. (2012). Variability in environmental impacts during conversion from conventional to organic farming: a comparison among three rice production systems in Japan. *Journal of Cleaner Production*, 28, 101–112.
- Huang, L., Yu, J., Yang, J., Zhang, R., Bai, Y., Sun, C. & Zhuang, H. (2016). Relationships between yield, quality and nitrogen uptake and utilization of organically grown rice varieties. *Pedosphere*, 26(1), 85–97. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(15\)60025-X](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(15)60025-X)
- Kumar, U., Laza, M. R., Soulié, J. C., Pasco, R., Mendez, K. V. S. & Dingkuhn, M. (2017). Analysis and simulation of phenotypic plasticity for traits contributing to yield potential in twelve rice genotypes. *Field Crops Research*, 202, 94–107. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.04.037>
- Lee, J. H., Kang, C. S., Roh, A.S., Park, K. Y. & Lee, H. J. (2009). Assessment of N topdressing rate at panicle initiation stage with Chlorophyll Meter-Based Diagnosis in rice. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 12(4), 200. <https://doi.org/10.1007/s12892-009-0133-5>
- Liang, H., Hu, K., Qin, W., Zuo, Q., Guo, L., Tao, Y. & Lin, S. (2019). Ground cover rice production system reduces water consumption and nitrogen loss and increases water and nitrogen use efficiencies. *Field Crops Research*, 233, 70–79. <https://doi.org/10.1016/J.FCR.2019.01.003>
- Ly, P., Jensen, L. S., Bruun, T. B. & de Neergaard, A. (2016). Factors explaining variability in rice yields in a rain-fed lowland rice ecosystem in Southern Cambodia. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 78, 129–137. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2016.05.003>
- Maqueira, L. A., Roján, O., Torres, K., Duque, D. & Torres, W. (2018). Duración de las fases fenológicas, su influencia en el rendimiento del arroz (*Oryza sativa* L.). *Cultivos Tropicales*, 39(1), 68–73. <http://ediciones.inca.edu.cu>
- Rivero, L. & Suárez, C. (2015). *Instructivo Técnico Cultivo de Arroz* (1st ed.). Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales.
- Rodríguez, A. T., Ramírez, M. Á., Falcón, A., Baños, S. B., Zapata, E. V. & Fernández, Y. V. (2017). Effect of QuitoMax on yield and its components of rice cultivar (*Oryza sativa* L.) var. INCA LP 5. *Cultivos Tropicales*, 38(4), 156–159. <http://ediciones.inca.edu.cu>

- Savitha, P. & Kumari, R. U. (2016). Genetic diversity associated with nutritive and grain quality traits using microsatellite markers in traditional land races and improved cultivars in rice (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 9(4), 493. <https://doi.org/10.5958/2230-732x.2016.00065.6>
- Tehrim, S., Pervaiz, Z. H., Mirza, M. Y., Rabbani, M. A. & Shahid Masood, M. (2012). Assessment of phenotypic variability in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars using multivariate analysis. *Pakistan Journal Botanic*, 44(3), 999–1006.
- WRB. (2015). World reference base for soil resources 2014 (update 2015), international soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. In *World Soil Resources Reports*, (106).
- Wu, D., Gealy, D. R., Jia, M. H., Edwards, J. D., Lai, M. & McClung, A. M. (2019). Phylogenetic origin and dispersal pattern of Taiwan weedy rice. *Pest Management Science*, ps.5683. <https://doi.org/10.1002/ps.5683>
- Yao, Z., Zheng, X., Wang, R., Liu, C., Lin, S. & Butterbach-Bahl, K. (2019). Benefits of integrated nutrient management on N₂O and NO mitigations in water-saving ground cover rice production systems. *Science of The Total Environment*, 646, 1155–1163. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2018.07.393>
- Zhang, S., Hu, J., Yang, C., Liu, H., Yang, F., Zhou, J., Samson, B. K., Boualaphanh, C., Huang, L., Huang, G., Zhang, J., Huang, W., Tao, D., Harnpichitvitaya, D., Wade, L. J. & Hu, F. (2017). Genotype by environment interactions for grain yield of perennial rice derivatives (*Oryza sativa* L./*Oryza longistaminata*) in southern China and Laos. *Field Crops Research*, 207, 62–70. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.03.007>