



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Densidades de plantas adecuadas para incrementar el rendimiento agrícola del arroz

Adequate plant densities to increase agricultural rice yield

Alexander Calero Hurtado¹ , Yanery Pérez Díaz² , Elieni Quintero Rodríguez³ ,
Yainier González-Pardo Hurtado⁴ 

¹ Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n, Jaboticabal, São Paulo, Brasil, CP 14884-900

² Centro Universitario Municipal de Taguasco "Enrique José Varona", Ave José Martí # 48, Zaza del Medio, Taguasco, Sancti Spiritus, Cuba, CP 62300

³ Empresa Agropecuaria Agroindustrial "Melanio Hernández", Tuínucu, Taguasco, Sancti Spiritus, Cuba, CP 62300

⁴ Universidad de Sancti Spiritus "José Martí Pérez" (UNISS), Comandante Manuel Fajardo s/n Olivos 1, Sancti Spiritus, Cuba, CP 60 100

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 09/10/2018
Aceptado: 18/11/2020

CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran no existir conflictos de intereses.

CORRESPONDENCIA

Alexander Calero Hurtado
alexcalero34@gmail.com
Yanery Pérez Díaz
yanery@uniss.edu.cu
Elieni Quintero Rodríguez
elieni.quintero@gmail.com
Yainier González-Pardo Hurtado
yainiergp@uniss.edu.cu



RESUMEN

Las densidades adecuadas de plantas puede ser un factor clave e importante para incrementar la productividad del arroz (*Oryza sativa* L.). Por tanto, el objetivo de este estudio fue investigar la influencia de cuatro densidades de población (DP) en el crecimiento y la producción agrícola del arroz. El cultivar INCA-LP-5 fue manejado entre abril y agosto de 2016. Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño en bloques al azar, con cuatro densidades de población (250000, 350000, 450000 y 550000 plantas ha⁻¹) y cinco réplicas. Los efectos de las DP se verificaron mediante la observación de los siguientes parámetros: altura de la planta (cm), número hijos por plantón, número de panículas por metro cuadrado, número de semillas por panícula, longitud de la panícula, masa de 1000 semillas (g) y el rendimiento (t ha⁻¹). Los resultados indicaron que la DP de 450000 plantas ha⁻¹ mostró los mejores resultados en la productividad del arroz, porque incrementó el rendimiento agrícola en 0,70 t ha⁻¹ al compararlo con las densidades 350000 y 550000 y 1,94 t ha⁻¹ respecto a la menor densidad. Estos resultados fueron posibles porque la DP de 450000 plantas ha⁻¹ incrementó los parámetros morfológicos y productivos,

relativos a las otras densidades estudiadas. Los hallazgos de este estudio indicaron que la utilización de densidades óptimas de plantas desempeña un rol fundamental en el crecimiento y la productividad del arroz, lo cual conduce a un desarrollo sostenible del cultivo.

Palabras clave: cultivar, distancia de plantación, *Oryza sativa* L., rendimiento

ABSTRACT

The use of adequate plant densities can be a key and important factor to increasing rice productivity (*Oryza sativa* L.). Therefore, the objective of this study was to investigate the influence of four population densities (DP) on the growth and agricultural production of rice. The INCA-LP-5 cultivar was managed between April and August 2016. The treatments were distributed in a randomized block design, with four population densities (250,000, 350,000, 450,000 and 550,000 plants ha⁻¹) and five replications. The effects of the PD were verified by observing the following parameters: evaluated the following indicators, plant height (cm), tiller number per hill, number of panicles per m², number of grains per panicle, panicle length (cm), 1000 grains weight (g) and grain yield (t ha⁻¹). The results indicated that the DP of 450,000 plant ha⁻¹ showed the best results in rice productivity. These results were possible because the DP of 450,000 plants ha⁻¹ increased the morphological and productive parameters in relation to the other densities studied. The findings of this study indicated that the use of optimal plant densities plays a fundamental role in the growth and productivity of rice, which leads to a sustainable development of the crop.

Keywords: cultivar, sowing densities, *Oryza sativa* L., yield

INTRODUCCIÓN

La producción mundial de arroz casi se ha triplicado en las últimas cinco décadas debido principalmente al aumento del rendimiento y en parte, al aumento de la superficie de siembra. Con aproximadamente 154 millones de hectáreas cosechadas cada año, el arroz es una de las cosechas de cereales más importantes del mundo (FAO, 2019). Igualmente, es la principal fuente de ingesta de calorías y el alimento básico para más de tres mil millones de personas en el mundo (Datta *et al.*, 2017; Ullah *et al.*, 2017).

Sin embargo, la tierra cultivable utilizada para la producción de arroz se está reduciendo debido a la urbanización e industrialización en las principales regiones productoras del cereal (Long *et al.*, 2015); aunque la demanda del producto aumenta constantemente por el crecimiento de la población. No obstante, ciertas restricciones, como la escasez de agua, la infestación de plagas, el uso inadecuado de distancias de siembras y fertilizantes, el cultivo de variedades tradicionales, entre otros factores, restringen el aumento del rendimiento (Datta *et al.*, 2017).

En Cuba el programa de mejoramiento genético ha liberado para la producción varios cultivares y variedades con alto potencial del rendimiento, adaptados a factores negativos como malas prácticas culturales, deterioro de las propiedades de los suelos, plagas, algunos cambios en variables climáticas, entre otros. A pesar de esto, se mantienen los bajos rendimientos que aún no superan las 3,6 t ha⁻¹ como promedio nacional (Rivero y Suárez, 2015; Calero Hurtado *et al.*, 2020b).

Algunos estudios realizados han indicado la posibilidad de aumentar la densidad de las plantas utilizando diferentes distancias entre plantas (Pandey *et al.*, 2014; Clerget *et al.*, 2016). Esta es una forma importante de reducir la cantidad de semillas sembradas por área en comparación con las recomendaciones actuales. Además, el uso de esta tecnología puede reducir los costos de producción al hacer de este método el más atractivo y, en consecuencia, el más utilizado en cultivos comerciales de arroz de regadío.

Las densidades adecuadas de plantas influyen directamente en los componentes del rendimiento y la productividad (Ly *et al.*, 2016).

Del mismo modo, mejoran la competencia con las plantas dañinas y aumentan el número de panículas por área (Marxen *et al.*, 2016). Además, favorecen las etapas de desarrollo de la panícula (Baloch *et al.*, 2002; Kakar *et al.*, 2019). Por tanto, la productividad del grano es favorecida (Elmoghazy y Elshenawy, 2019).

Al considerar lo expuesto, es de vital importancia informar a los productores las densidades de siembra y plantación adecuadas para incrementar la productividad (Calero *et al.*, 2015; Calero Hurtado *et al.*, 2018). Sin embargo, sigue siendo un desafío identificar estudios de campo con estas nuevas variedades porque existen escasos informes sobre el manejo de las densidades óptimas de población en el arroz. Consecuentemente, el objetivo de esta investigación fue investigar la influencia de cuatro densidades de población en el incremento del crecimiento y la productividad del arroz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló en las áreas de la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) “Mártires de Taguasco”, municipio de Cabaiguán, Sancti Spíritus, Cuba, de junio a octubre de 2016. La plantación se realizó de forma manual, guiada por cuerdas de nylon, marcadas con nudos para garantizar las densidades de plantas adecuadas. Las labores agrotécnicas realizadas como: el trasplante, la fertilización, el riego, control fitosanitario, entre otras, fueron desarrolladas según los diseños tecnológicos propiciados para el cultivo (Rivero y Suárez, 2015).

La variedad INCA LP-5 fue obtenida en la Estación Experimental del Arroz “Los Palacio Pinar del Río. Es una variedad de ciclo corto clasificada como muy vigorosa en las etapas iniciales de crecimiento. El porte es erecto, con una altura promedio de 90,3 cm, rendimiento agrícola de 8,2 t ha⁻¹ en época menos lluviosa y 5,70 t ha⁻¹ en la lluviosa. Resistente al acame, moderadamente resistente a *Tagosodes orizicolus* Muir., *Pyricularia oryzae* Cav. y a *Stenotarsonemus spinky* Smiley, con fuerte ahijamiento y una masa promedio de 1000 granos de 29,3 g (Calero Hurtado *et al.*, 2020b).

Las variables agrometeorológicas fueron registradas por la Estación Municipal de Recursos Hidráulicos de Cabaiguán durante el desarrollo de la investigación. La temperatura media diaria fue de 24,5 °C, la humedad relativa media diaria 78,7 % y la precipitación pluvial acumulada de 139,50 mm.

El suelo fue clasificado como Pardo sialítico carbonatado (Hernández *et al.*, 2015). Este presenta perfil ABC, de mediana a poca profundidad, de color pardo a pardo oscuro y en ocasiones colores verde azules cuando existen condiciones de oxidación en el medio, por el mal drenaje o compactación. Son suelos arcillosos con predominio de arcillas del tipo 2:1 Montmorillonita. Representa estadios jóvenes de formación del suelo y entre sus mayores limitantes agro productivas se encuentra la poca profundidad efectiva y la susceptibilidad a la compactación, cuando no son manejados adecuadamente.

Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar, con cuatro tratamientos y cinco réplicas, las parcelas fueron de 6 m², el área efectiva de 2,2 m² y la total de 0,1 ha, fueron utilizadas las siguientes densidades de plantación (DP):

- A. 250000 plantas ha⁻¹ (0,20 x 0,20 m)
- B. 350000 plantas ha⁻¹ (0,20 x 0,14 m)
- C. 450000 plantas ha⁻¹ (0,20 x 0,11 m)
- D. 550000 plantas ha⁻¹ (0,20 x 0,09 m)

Las plántulas fueron desarrolladas en un semillero tradicional para el cultivo y extraídas a los 16 días después de la germinación (ddg) para ser trasplantadas en el área experimental.

Los muestreos fueron realizados según las etapas de crecimiento y desarrollo para el cultivo, en correspondencia con lo expresado por Abe (2006) y muestreadas 50 plantas por tratamientos. Los indicadores agroproductivos evaluados fueron:

- **Etapas de iniciación de la panícula:**
 - a. altura de la planta (AP)
 - b. número de hijos por plantón (NHP)
- **Cosecha:**
 - a. número de panículas por m²
 - b. número de granos por panículas
 - c. longitud de la panícula
 - d. masa de 1000 semillas (g)

e. rendimiento (t ha⁻¹)

Los datos obtenidos fueron procesados en el paquete estadístico AgroEstat® versión 1.1.0.712 para *Microsoft Windows* (Barbosa y Maldonado, 2015) y analizados por medio de estadística descriptiva de variables continuas. La distribución normal fue comprobada por el test de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de la varianza por la prueba de Fisher. Después de comprobados los supuestos anteriores los datos fueron sometidos a un análisis de regresión por polinomios. Las medias fueron comparadas por la prueba de Rangos Múltiples de Tukey con un 5 % de probabilidad de error.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los parámetros del crecimiento, componentes del rendimiento y el rendimiento, fueron significativamente modificados por las diferentes DP utilizadas. La AP se incrementó significativamente con el aumento de la DP (Tabla). Por otra parte, el NHP mostró una disminución significativa con el aumento de la DP.

En este estudio quedó evidenciado que la AP se incrementa con el aumento las DP estudiadas. Estos incrementos fueron superiores en la mayor DP (550000 plantas ha⁻¹), incremento que puede atribuirse al aumento del número de

plantas, lo que reduce la captación de la luz, aumentándose la competencia entre plantas (Calero *et al.*, 2015; Tian *et al.*, 2017). Tendencias similares se observaron en estudios realizados por Calero Hurtado *et al.* (2020a).

En esta investigación, el NHP disminuyó conforme se incrementó las DP. Estos resultados pudieron estar asociados con el incremento de la AP (Tabla); sin embargo, las razones de este hallazgo son inciertas, ya que lograr un adecuado NHP depende de varios factores como la densidad, genotipo, plántulas de calidad, adecuado manejo del agua y la fertilización (Calero *et al.*, 2015). No obstante, estas observaciones están en correspondencia con los recientes hallazgos reportados por Calero *et al.* (2020) quienes informaron una disminución lineal en el NHP cuando se incrementaron las DP. La DP de 450000 plantas ha⁻¹ mostró una cantidad de NHP adecuados.

Los resultados obtenidos se corresponden con los de Baloch *et al.* (2002) quienes demostraron que las plantas con espacio adecuado, realizan una mejor nutrición, radiación solar y proceso fotosintético. En este sentido, se confirmó lo expuesto por Randriamiharisoa *et al.* (2006) que refieren como un adecuado NHP favorecen el sistema radicular, la producción de semillas, panículas y el rendimiento del cultivo.

El número de panículas por m² (NP/m²) mostró un efecto significativo y una respuesta

Tabla. Altura de las plantas y número de hijos por plantón obtenidos en las plantas de arroz en función de las DP (2500, 3500, 45000 y 550000 plantas ha⁻¹)

Densidades (plantas ha ⁻¹)	Altura de la planta (cm)	Tallos por macolla
250000	80,75±4,25 d	13,45±0,76 a
350000	82,06±4,39 c	10,71±0,69 b
450000	84,26±4,52 b	6,89±0,37 c
550000	86,11±4,82 a	4,27±0,23 d
CV (%)	5,40	5,80
ES (±)	0,66	0,20
DMS (5 %)	1,28	1,65

Valores medios ± desviación estándar (DE) de cinco réplicas. Letras diferentes en la misma columna muestran diferencias significativas, según la prueba de Tukey ($p < 0,05$). CV (%), coeficiente de variación; ES (±), error estándar; DMS (5 %), diferencia mínima significativa

cuadrática, fuerte y positiva ($R^2 = 0,98^{**}$) (Figura 1). El punto máximo para este indicador fue alcanzado a la densidad de 437500 plantas ha^{-1} , sin embargo, la densidad 450000 plantas ha^{-1} superó en 11 % a la densidad 250000 plantas ha^{-1} , mientras que, las densidades 350000 y 550000 plantas ha^{-1} mostraron efectos similares en el NP/ m^2 .

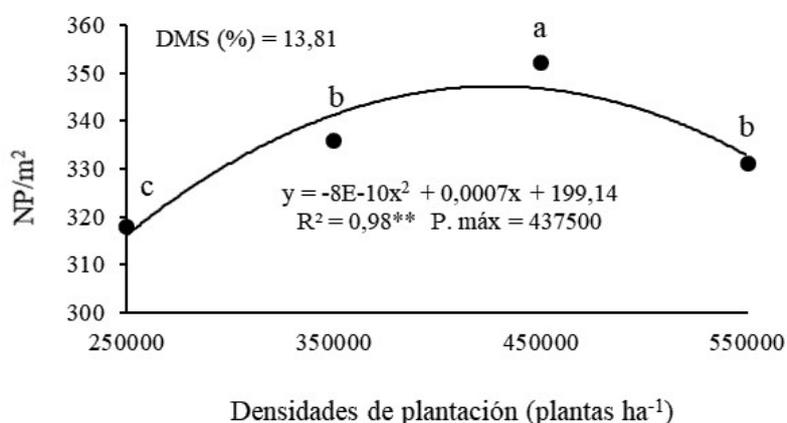
El NP/ m^2 es un componente importante del rendimiento del arroz y está directamente relacionado con el número de hijos fértiles que influyen directamente en el número de granos llenos por panículas (Baloch *et al.*, 2002). En este estudio el NP/ m^2 fue aumentado por la densidad de 450000 plantas ha^{-1} , ya que alcanzó una producción de hijos fértiles adecuados lo cual conllevó al aumento del número de semillas por panícula, la longitud de la panícula, la masa de 1000 granos y el rendimiento (Figuras 1, 2 y 3). El número de panículas por unidad de área es el componente más importante del rendimiento y contribuye con el 89 % de las variaciones en el rendimiento (Baloch *et al.*, 2002).

En este sentido, Calero *et al.* (2015) obtuvieron similares resultados respecto al número de panícula por m^2 con una densidad aproximada de 333334 plantas ha^{-1} , una mayor producción de granos llenos por panícula, longitud de la panícula, la masa de 1000 granos y el rendimiento. Por su parte, Calero *et al.* (2020a) observaron que las densidades de

población adecuadas aseguraron una producción de panículas óptimas y una mayor productividad.

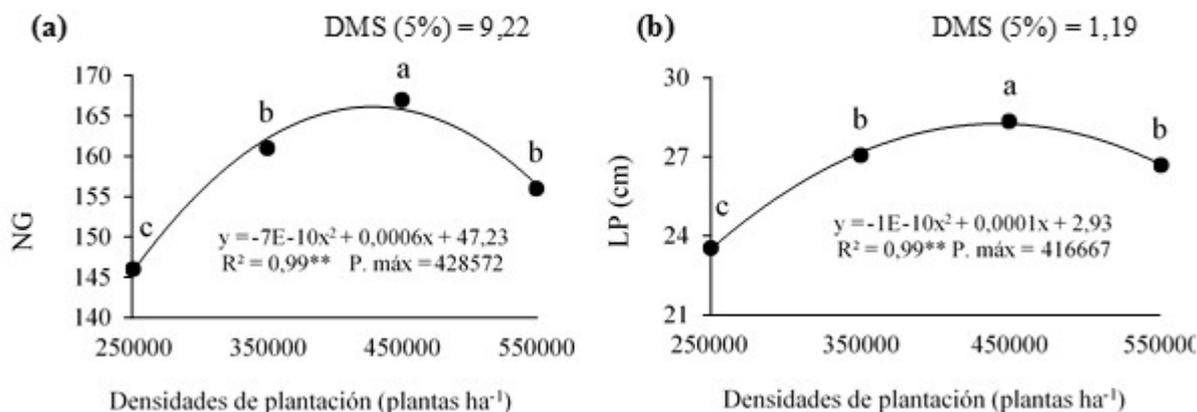
Relaciones cuadráticas fuertes, positivas y significativas fueron observadas en la producción del número de semillas por panícula (NG) ($R^2 = 0,99^{**}$) y la longitud de la panícula (LP) ($R^2 = 0,99^{**}$) entre las densidades de plantación estudiadas (Figura 2 a, b). Los puntos máximos en el NG y LP fueron obtenidos a las densidades 428572 y 416667 plantas ha^{-1} respectivamente. La densidad 450000 plantas ha^{-1} mostró diferencias significativas superiores en comparación a las demás densidades evaluadas, con incrementos en el NG y la LP de 14 y 20 %, respectivamente, comparado con 250000 plantas ha^{-1} . Las densidades 350000 y 550000 plantas ha^{-1} mostraron efectos similares en el NG y LP.

En este caso, el NG y LP fueron superiores en 450000 plantas ha^{-1} . Relacionado con este aspecto, Baloch *et al.* (2002) obtuvieron una correlación positiva entre el número de semillas por panícula, la longitud de la panícula y la productividad de seis cultivares de arroz. De acuerdo con Liu *et al.* (2019) el arroz es eficiente en la translocación de los fotoasimilatos, los que van a ser transportados en forma de carbohidratos al grano, dándole mayor masa y longitud a las panículas, con incrementos en los rendimientos agrícolas. Estos efectos positivos del manejo de las densidades de plantas de arroz



Valores medios \pm DE, de cinco réplicas. Letras diferentes en los tratamientos difieren según la prueba de Tukey ($p < 0,05$), R^2 : coeficiente de determinación, P. máx: punto máximo

Figura 1. Número de panículas por m^2 (NP/ m^2), en función de las densidades de plantación evaluadas en el cv. INCA LP-5



Valores medios \pm DE, de cinco réplicas. Letras diferentes en los tratamientos difieren según la prueba de Tukey ($p < 0,05$), R^2 : coeficiente de determinación, P. máx: punto máximo

Figura 2. Número semillas por panícula (NG) (a) y longitud de la panícula (LP) (b), en función de las densidades de población evaluadas utilizando el cv. INCA LP-5

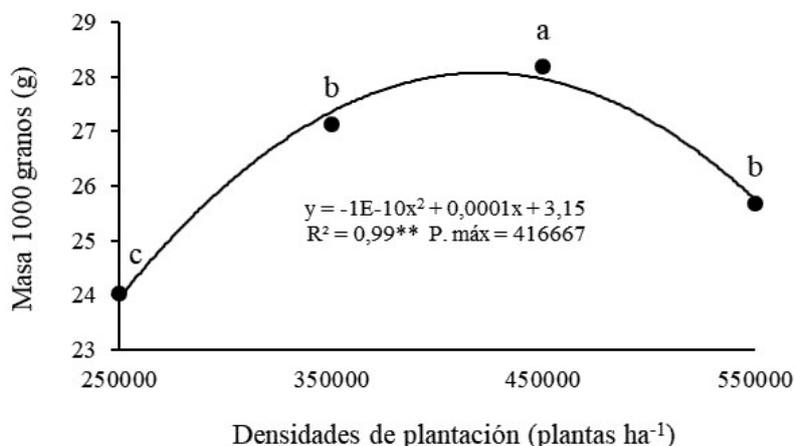
en el NG y la LP fueron observados por Calero *et al.* (2015) y Calero *et al.* (2020a).

La masa de 1000 granos de arroz mostró un comportamiento cuadrático fuerte y positivo (Figura 3). El punto máximo para la masa de 1000 semillas fue obtenido a la densidad 416667 plantas ha^{-1} y el tratamiento de 450000 plantas ha^{-1} logró un incremento de 17 % respecto a la densidad 250000 plantas ha^{-1} .

Los resultados obtenidos concuerdan con los criterios expresados por Calero *et al.* (2020) quienes observaron que la masa de mil granos

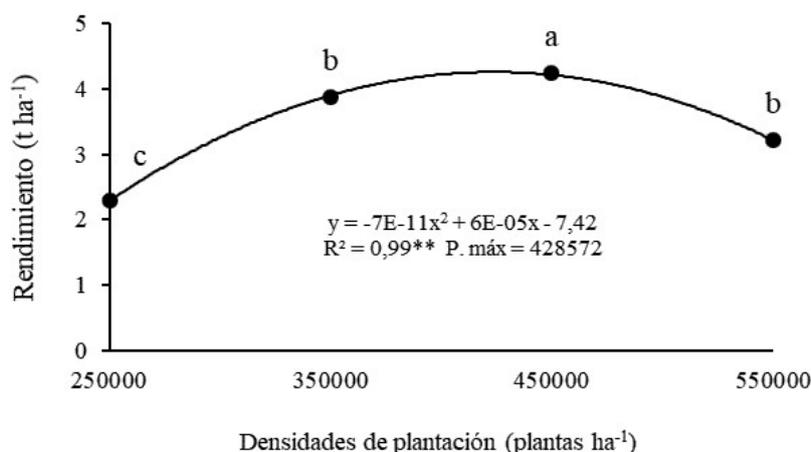
es el parámetro productivo que más influye en la productividad del arroz. En este sentido, Hou *et al.* (2019) verificaron en su estudio que el número de espiguillas por panícula influye de forma inversa y cuadrática en la productividad del arroz; mientras que el número de espiguillas llenas de panícula influye directa y linealmente sobre este parámetro. Los resultados de este estudio son consistentes con los reportados por Calero *et al.* (2015).

El rendimiento mostró un comportamiento cuadrático, fuerte y positivo entre las densidades



Valores medios \pm DE, de cinco réplicas. Letras diferentes en los tratamientos difieren según la prueba de Tukey ($p < 0,05$), R^2 : coeficiente de determinación, P. máx: punto máximo.

Figura 3. Comportamiento de la masa promedio de 100 granos, en función de las densidades de plantación evaluadas en plantas del cv. INCA LP-5



Valores medios \pm DE, de cinco réplicas. Letras diferentes en los tratamientos difieren según la prueba de Tukey ($p < 0,05$), R^2 : coeficiente de determinación, P. máx: punto máximo

Figura 4. Rendimiento obtenido en el cv. INCA LP-5 de arroz, en función de las densidades de población evaluadas

de plantas evaluadas de acuerdo al modelo de regresión propuesto (Figura 4). El punto máximo de este indicador fue logrado en 428572 plantas ha^{-1} y la densidad 450000 incrementó el rendimiento un 84 % comparado con la menor 250000 plantas ha^{-1} .

El efecto positivo de la densidad de la densidad 450000 plantas ha^{-1} en el rendimiento del arroz fue observado, presumiblemente, porque presentó una producción adecuada de tallos fértiles y NP/m^2 e incrementó los promedios de NG, LP y la masa de 1000 semillas. El manejo de las diferentes densidades impactó en el rendimiento del arroz, el cual depende de la capacidad del cultivar y está estrechamente relacionado con el número de panículas por unidad de área (Liu *et al.*, 2019). Similares observaciones fueron reportadas por Calero *et al.* (2015) quienes lograron aumentar un 10 % el rendimiento con la densidad 444444 plantas ha^{-1} . Igualmente, estos resultados corroboran los obtenidos por Baloch *et al.* (2002) en seis cultivares de arroz.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos mostraron que la densidad de población 450000 plantas ha^{-1} fue la que más influyó positivamente en los parámetros agroproductivos e incrementó el rendimiento en

0,70 t ha^{-1} comparada con las densidades 350000 y 550000 y 1,94 t ha^{-1} en relación con la menor densidad. El empleo de densidades de plantas adecuadas es una estrategia eficiente para incrementar sosteniblemente el rendimiento del arroz.

CONTRIBUCIÓN DE CADA AUTOR

Alexander Calero Hurtado: Diseñó la investigación, evaluó y recopiló los datos obtenidos en las pruebas de los experimentos. Conceptualizó y formuló los objetivos generales de la investigación. Supervisó y lideró la planificación y ejecución de las actividades de investigación, incluida la tutoría al equipo responsable de tomar los datos experimentales. Responsable de la interpretación y validación de los resultados del análisis estadístico y redactó el borrador del manuscrito. Además, fue el responsable de escribir el manuscrito publicado, específicamente, la redacción del borrador (incluida la rectificación de los señalamientos realizados al mismo por los árbitros y Consejo Editorial).

Yanery Pérez Díaz: Responsable de la gestión, coordinación, planificación y ejecución de las actividades de investigación. Coordinó la toma de muestras, anotación y conservación de los

datos. Responsable de la adquisición de fondos necesarios para la ejecución del proyecto que condujo a esta publicación. Contribuyó en la preparación, creación y presentación del trabajo publicado.

Elieni Quintero Rodríguez: Responsable de la gestión, coordinación, planificación y ejecución de las actividades de investigación. Coordinó la toma de muestras, anotación y conservación de los datos. Responsable de la adquisición de fondos necesarios para la ejecución del proyecto que condujo a esta publicación. Contribuyó en la preparación, creación y presentación del trabajo publicado.

Yainier González-Pardo Hurtado: Contribuyó a la toma y la digitalización de datos. Aplicó las metodologías seguidas en la ejecución del experimento; participó en la creación de los modelos utilizados. Recomendó modificaciones, supresiones y adiciones en el mismo. Contribuyó en la preparación, creación y presentación del trabajo publicado.

BIBLIOGRAFÍA

- ABE, A. 2006. El crecimiento de las plantas de arroz. En: HOSHIKAWA, K. (ed.), *Aspectos morfológicos y fisiológicos de los caracteres fundamentales de la planta de arroz. Japón*. Centro Internacional de Tsukuba, Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), pp. 80-87.
- BALOCH, A.W., SOOMRO, A.M., JAVED, M.A., *et al.* 2002. Optimum plant density for high yield in rice (*Oryza sativa* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*, 1 (1): 25-27.
- BARBOSA, J.C., MALDONADO, W. 2015. *AgroEstat, Sistema de análise estatísticos para ensaios agrônômicos*. Jaboticabal, Brasil, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".
- 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.
- CALERO HURTADO, A., CASTILLO, Y., QUINTERO, E., *et al.* 2018. Efecto de cuatro densidades de siembra en el rendimiento agrícola del frijo común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista de la Facultad de Ciencias*, 7 (1): 88-100.
- CALERO HURTADO, A., OLIVERA VICIEDO, D., PÉREZ DÍAZ, Y., *et al.* 2020a. Management of different planting densities and application of efficient microorganisms increase rice productivity. *Idesia*, 38 (2): 109-117.
- CALERO HURTADO, A., PÉREZ DÍAZ, Y., GONZÁLEZ-PARDO, Y., *et al.* 2020b. Respuesta agronómica y productiva de ocho variedades de arroz bajo condiciones de manejo agroecológico. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 9 (2): 43-55.
- CLERGET, B., BUENO, C., DOMINGO, A.J., *et al.* 2016. Field Crops Research Leaf emergence, tillering, plant growth, and yield in response to plant density in a high-yielding aerobic rice crop. *Field Crops Research*, 199: 52-64.
- DATTA, A., ULLAH, H., FERDOUS, Z. 2017. Water management in rice. En: CHAUHAN, K. (ed.), *Rice Production Worldwide*. Dordrecht, Netherlands, Springer Netherlands, pp. 563, ISBN 978-3-319-47514-1.
- ELMOGHAZY, A.M. y ELSHENAWY, M.M. 2019. *Sustainable cultivation of rice in Egypt*. Handbook of Environmental Chemistry, S.I., Springer Verlag, pp. 119-144.
- FAO. 2019. *Faostat*. (en línea). S.I.: Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- HERNÁNDEZ, A., PÉREZ, J., BOSCH, D. y CASTRO, N. 2015. *Clasificación de los suelos de Cuba*. La Habana, Cuba, Ediciones INCA, 93 p., ISBN 978-959-7023-77-7.
- HOU, W., RIZWAN, M., ZHANG, J., *et al.* 2019. Agriculture, Ecosystems and Environment Nitrogen rate and plant density interaction enhances radiation interception, yield and

- nitrogen use efficiency of mechanically transplanted rice. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 269: 183-192.
- KAKAR, K., NITTA, Y., ASAGI, N., *et al.* 2019. Morphological analysis on comparison of organic and chemical fertilizers on grain quality of rice at different planting densities. *Plant Production Science*, 22 (4): 510-518.
- LIU, Y., LI, C., FANG, B., *et al.* 2019. Potential for high yield with increased seedling density and decreased N fertilizer application under seedling-throwing rice cultivation. *Scientific Reports*, 9: 731.
- LONG, S.P., MARSHALL-COLON, A., ZHU, X. 2015. Meeting the global food demand of the future by engineering crop photosynthesis and yield potential. *Cell*, 161: 56-66.
- 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.
- MARXEN, A., KLOTZBÜCHER, T., JAHN, R., *et al.* 2016. Interaction between silicon cycling and straw decomposition in a silicon deficient rice production system. *Plant and Soil*, 398 (1-2): 153-163.
- PANDEY, D., AGRAWAL, M., BOHRA, J.S. 2014. Effects of conventional tillage and no tillage permutations on extracellular soil enzyme activities and microbial biomass under rice cultivation. *Soil and Tillage Research*, 56: 51-60.
- RANDRIAMIHARISOA, R., BARISON, J.Y., UPHOFF, N. 2006. *Soil biological contributions to the System of Rice Production*. En: UPHOFF, N., BALL, A., FERNANDES, E., *et al.* (eds.), *Biological Approaches to Sustainable Soil Systems*. S.I., CRC Press Taylor and Francis Group, 764 p.
- RIVERO, L. y SUÁREZ, C. 2015. *Instructivo Técnico Cultivo de Arroz*. La Habana, Cuba, Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales, 65 p.
- TIAN, G., GAO, L., KONG, Y., *et al.* 2017. Improving rice population productivity by reducing nitrogen rate and increasing plant density. *PLOS ONE*, 12 (8): e0182310.
- ULLAH, H., DATTA, A., SHRESTHA, S., UD DIN, S. 2017. The effects of cultivation methods and water regimes on root systems of drought-tolerant (RD6) and drought-sensitive (RD10) rice varieties of Thailand. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63 (9): 1198-1209.



Artículo de libre acceso bajo los términos de una *Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional*. Se permite, sin restricciones, el uso, distribución, traducción y reproducción del documento, siempre que la obra sea debidamente citada.