

**EFFECTO DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN ZINGIBER OFFICINALE VAR.
'CRIOLLO' CULTIVADO EN UN SUELO DEGRADADO EN PICHANAKI,
CHANCHAMAYO, PERÚ**

EFFECT OF PLANTING DENSITY ON *ZINGIBER OFFICINALE* VAR. 'CRIOLLO'
GROWN ON DEGRADED SOIL IN PICHANAKI, CHANCHAMAYO, PERU

Omar Buendía Martínez

Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.

20010010@lamolina.edu.pe <https://orcid.org/0000-0002-5033-0142>

Segundo Bello-Amez

Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Agronomía. Perú.

belloamezs@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-2405-7138>

Leonel Alvarado-Huamán

Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Agronomía. Perú.

lealvarado@lamolina.edu.pe <https://orcid.org/0000-0002-2121-2454>

Ricardo Borjas-Ventura

Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Agronomía. Perú.

rborjas@lamolina.edu.pe <https://orcid.org/0000-0001-7819-1810>

Viviana Castro-Cepero

Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Agronomía. Perú.

vcastro@lamolina.edu.pe <https://orcid.org/0000-0001-8747-2665>

Alberto Julca-Otiniano

Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Agronomía. Perú.

ajo@lamolina.edu.pe <https://orcid.org/0000-0002-3433-9032>

*Autor para correspondencia: ajo@lamolina.edu.pe

Recepción: 10 de mayo de 2023

Aprobación: 22 de mayo de 2023

DOI: <https://doi.org/10.48204/semillaeste.v4n1.4447>

RESUMEN

Este trabajo se realizó con el objetivo de conocer el efecto de la densidad de siembra en kion var. ‘Criollo’ cultivado en un suelo ácido degradado en Pichanaki, Chanchamayo, Perú. El ensayo se realizó en el “Fundo Sancori”, C.P. San José de Alto Zotarari, Pichanaki (Junín). El experimento duró 10 meses y tuvo un diseño estadístico DBCA con 4 tratamientos [T₁ = 50,000 plantas/ha, T₂ = 75,000 plantas/ha, T₃ = 100,000 plantas/ha, T₄ = 125,000 plantas/ha] y 4 repeticiones. Cada u.e. tuvo 6 hileras de 9 plantas/u.e. (54 plantas/u.e) y se evaluó el número total de brotes/planta, número de hojas/planta, altura de planta (cm), rendimiento (g/planta y t/ha) y calidad del rizoma (tipo exportable, industrial y descarte). Se encontró que una mayor densidad de siembra, no afectó el crecimiento de la planta; pero el peso del rizoma y el rendimiento/ha, aumentó con la mayor densidad de siembra, correspondiendo el valor más alto a la mayor densidad y el más bajo, a la menor densidad, valores estadísticamente no diferentes. La calidad, varió de un tratamiento a otro; no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados para el tipo exportable e industrial. Para el tipo descarte, el valor más bajo, correspondió al tratamiento con la menor cantidad de plantas/ha (T₁), estadísticamente diferente al resto de tratamientos.

Palabras clave: Densidad de siembra, kion, “Criollo”, calidad, rendimiento.

ABSTRACT

This work was carried out with the objective of knowing the effect of planting density on kion var. ‘Criollo’ grown in degraded acid soil in Pichanaki, Chanchamayo, Peru. The test

was carried out in the “Fundo Sancori”, C.P. San José de Alto Zotarari, Pichanaki (Junín). The experiment lasted 10 months and had a DBCA statistical design with 4 treatments [T1 = 50,000 plants/ha, T2 = 75,000 plants/ha, T3 = 100,000 plants/ha, T4 = 125,000 plants/ha] and 4 repetitions. Each u.e. had 6 rows of 9 plants/u.e. (54 plants/u.e) and the total number of shoots/plant, number of leaves/plant, plant height (cm), yield (g/plant and t/ha) and rhizome quality (exportable, industrial and discard type) were evaluated.). It was found that a higher planting density did not affect the growth of the plant; but the rhizome weight and the yield/ha increased with the higher sowing density, the highest value corresponding to the highest density and the lowest, to the lowest density, values that were not statistically different. The quality varied from one treatment to another; no significant statistical differences were found between the treatments evaluated for the exportable and industrial type. For the discard type, the lowest value corresponded to the treatment with the least amount of plants/ha (T1), statistically different from the rest of the treatments.

Keywords: Planting density, kion, “Criollo”, quality, yield.

INTRODUCCIÓN

En el Perú, la selva representa el 60% de la superficie nacional y en esta región se desarrolla una agricultura importante. Pero, con un nivel tecnológico bajo y muchos de los agricultores siguen empleando la tecnología tradicional de rozo, tumba y quema, que tiene un fuerte impacto en los ecosistemas tropicales, especialmente en la degradación de los suelos. En la selva peruana, se han instalado diversos cultivos, algunos tradicionales como café, cacao, cítricos, plátano, palma aceitera y piña y otros relativamente nuevos como kion y pitahaya.

El Kion (*Zingiber officinale*), también conocido como jengibre, es una especie medicinal, herbácea perenne, originario de climas cálidos tropicales, subtropicales y húmedos, particularmente el sudeste asiático (Asafa *et al.* 2018). La FAO, tiene registrados alrededor de 40 países productores de jengibre en el mundo y en el 2018, la producción mundial de jengibre alcanzó las 3.318.979 t. Ese año, los principales países productores fueron India (893.242 t), seguida de China (510.035 t), Nigeria (369.019 t), Nepal (284.000 t), Indonesia (207.412 t), Tailandia (167.952 t), Bangladesh (79.438 t), Camerún (65.538 t), Japón (47.012 t).

t), Filipinas (27.926 t), Mali (23.528 t), Taiwán (23.372 t), Perú (15.425 t), Sri Lanka (14.208 t) y Etiopía (10.778 t), entre otros (León, 2021). La China, es el país que maneja la oferta exportable a nivel mundial, representa el 67% del total y tiene influencia en los precios internacionales. Otros países que tienen una importante presencia, pero en una proporción menor, son Tailandia, Países Bajos y Perú, que de manera conjunta en los últimos años han ganado una mayor presencia y representan el 20% del mercado total. El jengibre, tiene dos presentaciones comerciales en el mercado mundial: “Entera” (sin triturar ni pulverizar) y “En polvo” (triturado o pulverizado). La presentación de “Entera” representa el 96% de las exportaciones totales y muestra un comportamiento bastante dinámico, mientras que “En polvo”, solo es el 4% y tiene un comportamiento poco dinámico, con una tendencia al estancamiento. Las exportaciones de la “Entera” aumentan alrededor de 6.2% por año en términos de volumen y un 15.4% en unidades monetarias. En 2019, las exportaciones mundiales de jengibre en total, alcanzaron las 817.000 toneladas, valorizadas en US\$ 967.931.000 (León, 2021).

En nuestro país, el kion, se produce en las regiones con climas tropicales, por ello las mayores exportaciones proceden de las provincias de Satipo y Chanchamayo. Pero, según Maraví *et al.* (2018), el 91% se ha sembrado en bosques secundarios y un 9% en bosques primarios; los bosques secundarios en la mayoría de los casos corresponden a plantaciones de cafetales abandonados. Esto es preocupante ya que la presión por ampliar el área cultivada es grande y es que nuestro país, ha aumentado su oferta exportable anual en un 42.8%. Hasta el 2017, ocupaba el quinto lugar como país exportador, pero en el 2018 superó a La India y ocupó el cuarto lugar, hasta la fecha (León, 2021). Esta situación sugiere la necesidad urgente de generar tecnologías para mejorar rendimientos y calidad de este cultivo, en un contexto donde el uso de suelos ácidos degradados es uno de los retos principales.

La densidad o marco de plantación es la disposición del número de plantas por unidad de área, la finalidad de esta es aprovechar eficientemente el área que permita la mayor productividad y calidad del producto a cosecharse. El aumento de la productividad por unidad de superficie a través del manejo agronómico es una de las estrategias importantes para incrementar la producción de los cultivos (Xu *et al.* 2016). Entre las intervenciones agronómicas, el marco de plantación es una actividad importante para usar eficientemente

los recursos naturales y juega un papel importante en la regulación de la competencia entre las plantas vecinas (Jiang, *et al.* 2013; De-Yang *et al.* 2016); aumentando la capacidad fotosintética a través de la interceptación eficiente de la radiación solar (Wang *et al.* 2015; Ruffo *et al.* 2016) y por ende la producción de biomasa (Ceotto *et al.* 2012). Asimismo, una mayor densidad de siembra proporciona mayores rendimientos sin aumentar los costos de producción (Horschutz *et al.* 2012), reduce la necesidad de fertilizantes y mano de obra (Zhi *et al.* 2016). Pero, cuando la densidad de siembra excede un cierto umbral, el rendimiento tiende a reducirse (Griesh y Yakout, 2001) y la probabilidad de efectos negativos aumenta cuando está por encima del nivel óptimo (Assefa *et al.* 2018), y, por ejemplo, aumenta la incidencia de enfermedades (Tabin *et al.* 2014).

En el kion, según Kumar *et al.* (2010), el espaciamiento varía según la fertilidad del suelo, la variedad, el clima y las prácticas de manejo. Al respecto, varios estudios realizados en diferentes países productores del mundo informan un aumento importante del rendimiento del jengibre con los espaciamientos más reducidos (mayor número de plantas. ha⁻¹) (Bay *et al.* 1993; Bari y Rahim, 2010; Ghosh y Hore, 2011; Yadav *et al.* 2013; Akinyemi *et al.* 2014; Mahender *et al.* 2015; Datta *et al.* 2017; Chandra y Hore, 2021). En el Perú, existen pocos trabajos de investigación en el cultivo de kion y de manera especial sobre la densidad de siembra. Romero (2021), para condiciones de Pichanaki (Junín), reporta una densidad de 31,250 plantas. ha⁻¹ (0.40 x 0.80 m). Mientras que Trujillo (La Libertad), Méndez y Amaya (2013), reportan una densidad aproximada de 38,000 plantas. ha⁻¹ (0.20 x 1.30 m). Un aspecto poco estudiado, es el efecto positivo que puede tener una adecuada densidad de siembra en la protección del suelo, sobre todo en zonas tropicales y en suelos con alta pendiente como ocurre en la selva central peruana, zona donde se realizó este estudio. Este ensayo, se realizó en el marco del Proyecto Restauración FY 2022-23 Bosque Modelo Pichanaki – Perú, financiado por la Cooperación Internacional Canadiense y tuvo como objetivo conocer el efecto de la densidad de siembra en kion var. ‘Criollo’ cultivado en un suelo ácido degradado en Pichanaki, Chanchamayo, Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este ensayo se realizó en un suelo degradado del “Fundo Sancori”, ubicado en C.P. San José de Alto Zotarari a una altitud de 888 msnm (Coordenadas 10°53’16” latitud sur y 74°49’44” longitud oeste) del distrito de Pichanaki, ubicado en la provincia de Chanchamayo, región Junín en Perú. Las condiciones climáticas corresponden al clima bosque húmedo premontano tropical; con una temperatura media máxima de 30.4 °C, una media mínima de 20.4 °C y una media anual de 24.6 °C y una precipitación anual de 1,495.6 mm; con una distribución irregular durante el año con época lluviosas en los meses de noviembre a marzo y seco entre junio, julio y agosto, con una humedad relativa de 81% (Brack *et al.* 1985).

Se usó el kion var. ‘Criollo’ adaptada a las condiciones de la selva central, caracterizado por su rusticidad y alta fibra. Los distanciamientos usados en este estudio varían entre las plantas dentro de hilera y el distanciamiento entre hileras (surcos) se mantuvo constante (50 cm), en total se estudiaron cuatro densidades de siembra (tratamientos) que se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1.

Tratamientos estudiados en ensayo para conocer el comportamiento del kion var. ‘Criollo’ con diferentes densidades de siembra en Zotarari, Pichanaki, Perú.

Tratamientos	Distancia entre hileras (cm)	Distancia entre hileras (cm)	N° plantas/ha
T1	50	40.0	50,000
T2	50	26.6	75,000
T3	50	20.0	100,000
T4	50	16.0	125,000

El suelo donde se realizó el experimento presenta una reacción fuertemente ácida con un pH de 4.50 y bajo contenido de MO (1.2%), las principales características químicas y físicas, se presenta en la Tabla 2. El ensayo duró 10 meses (abril/2020 hasta enero/2021) y durante este

periodo de tiempo la humedad relativa promedio fue de 75.4%, con una temperatura máxima promedio de 32.5 °C, una mínima de 19.5°C y una precipitación promedio diaria de 3.6 mm, la parcela experimental está ubicada a una altitud de 888 msnm. Se trabajó con un diseño estadístico de bloques completos al azar (DBCA) con 4 tratamientos y 4 repeticiones. Cada unidad experimental (u.e), tuvo 6 hileras con 9 plantas/hilera, haciendo un total de 54 plantas por u.e. y un total de 964 plantas para todo el ensayo. Las evaluaciones se realizaron en las 10 plantas centrales de cada u.e. y se evaluaron las siguientes variables:

- Número total de brotes/planta, se sumó los brotes emitidos por la planta durante todo el periodo del ensayo.
- Número de hojas/planta, al final del ensayo.
- Altura de planta (cm), al final del ensayo
- Rendimiento (g/planta), al final del ensayo.
- Calidad, al final del ensayo, se consideró tres categorías (exportable, industrial y descarte).

El manejo agronómico consideró el uso, como semillas, de rizomas con 30 ± 5 g de peso, deshierbos constantes para evitar la competencia de malezas. Antes de la siembra se hizo una aplicación de fondo de 4 t. ha⁻¹ de dolomita; luego se incorporó estiércol de gallinas ponedoras equivalente a 30 t. ha⁻¹ compostado (marca: Terra-Sur) cuyo contenido de MO es de 45 -50%, N total de 1.5-2.0%, P₂O₅ 4.0-4.5% K₂O 2.5%, pH 7.0-7.5. Además, se hizo una fertilización con la dosis de 200-90-200 de NPK (Kg/ha), todo el P₂O₅ se aplicó al momento de la plantación, N y K₂O se fraccionaron en dos oportunidades; la primera a un mes después de la siembra y la segunda, tres meses después de la primera fracción. Como fuente de P₂O₅, se usó el superfosfato triple de calcio (46%), de N la urea (46% de N) y de K₂O, el cloruro de potasio (60% de K₂O).

Tabla 2.

Características del suelo de la parcela experimental en Zotarari, Pichanaki, Chanchamayo, selva central del Perú.

pH (1:1)	MO (%)	P (ppm)	K (ppm)	Arena	Limo	Arcilla	Clase Textural	CIC	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ +H ⁺
				%				meq/100 de suelo					
4.50	1.80	1.40	98	14.0	31.0	55.0	Ar.	14.40	1.59	0.47	0.44	0.26	5.30

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La densidad de siembra es la disposición del número de plantas por unidad de área, la finalidad de esta es aprovechar eficientemente el área que permita la mayor productividad y calidad del producto a cosecharse. El aumento de la productividad por unidad de superficie a través del manejo agronómico es una de las estrategias importantes para incrementar la producción de los cultivos (Xu *et al.* 2016). En el kion, según Kumar *et al.* (2010), el espaciamiento varía según la fertilidad del suelo, la variedad, el clima y las prácticas de manejo. El mismo autor (Kumar *et al.*, 2010), señala que los espaciamientos más estrechos con la máxima densidad de plantas dan un mayor rendimiento (15-45 x 15-45 cm); plantar en camas elevadas a una distancia de 20-25 x 20-25 cm. Ghosh y Hore (2011) determinaron que la distancia de 20 x 15 cm y el peso de 25-30 g de semilla, arrojó el rendimiento más alto (15.39 kg.m⁻²). Yadav *et al.* (2013) informaron que entre las diversas combinaciones de distanciamientos el 25 x 15 cm exhibió el mayor rendimiento de jengibre verde (40.16 t. ha⁻¹) y seco (8.58 t. ha⁻¹). Akinyemi *et al.* (2014) en Nigeria evaluaron el efecto de un fertilizante compuesto de NPK (15-15-15) a dosis 0, 150, 300, 450 y 600 kg.ha⁻¹ y distanciamientos de 25 x 25 cm (200,000 plantas. ha⁻¹), 20 x 20 cm (250,000 plantas. ha⁻¹) y 20 x 16.5 cm (303,000 plantas. ha⁻¹) e informaron que el mejor rendimiento de rizoma fue con 300 kg. ha⁻¹ de NPK y 250,000 plantas. ha⁻¹ y el menor rendimiento con la densidad baja y sin fertilización (3.78 t. ha⁻¹). Por su parte, Mehender *et al.* (2015) encontraron rendimientos altos (38.06 t. ha⁻¹) a partir de la combinación de rizoma de 40 g con el distanciamiento de 25 x 15 cm. Reddy y Kumar (2016) al evaluar el efecto del tamaño del rizoma y la distancia entre plantas de jengibre cv. Maran bajo un sistema de cultivo intercalado en mango obtuvieron un rendimiento máximo (25.77 t. ha⁻¹) con 40 g de peso de semilla y un espaciamiento de 25 x

15 cm y el menor rendimiento (20.04 t h⁻¹a) con un espaciamiento de 40 × 20 cm. Datta *et al.* (2017) en Bengala Occidental con el cv. 'Gorubathan' determinaron una tendencia creciente en el rendimiento con el aumento de número de plantas y la distancia 20 x 15 cm, con el rizoma de 30 g produjo el mayor rendimiento. Tiwari *et al.* (2019) señalan que el peso de semilla 50 g y un distanciamiento 25 x 15 cm mejoro de manera significativa el rendimiento del jengibre (27.95 t. ha⁻¹).

La Tabla 3, muestra que no hubo efecto de la densidad de siembra en el número de brotes que emitió la planta de kion durante el periodo del ensayo, la cantidad fue indistinta con relación a los tratamientos y estadísticamente no hubo diferencias significativas. La misma tabla, muestra que no hubo efecto de la densidad de siembra sobre el número de hojas emitidas por la planta de kion durante el tiempo que duró el ensayo, la cantidad también fue indistinta con relación a los tratamientos y estadísticamente no se encontraron diferencias significativas. En el caso de la altura de planta, los resultados tampoco mostraron un efecto estadístico significativo de la densidad de siembra sobre esta variable, y los valores estuvieron entre 39.5 a 43.7 cm, que correspondieron a T3 y T1, respectivamente (Tabla 3). Entre las intervenciones agronómicas, el marco de plantación es una actividad importante para usar eficientemente los recursos naturales y juega un papel importante en la regulación de la competencia entre las plantas vecinas (Jiang, *et al.* 2013; De-Yang *et al.* 2016); aumentando la capacidad fotosintética a través de la interceptación eficiente de la radiación solar (Wang *et al.* 2015; Ruffo *et al.* 2016) y por ende la producción de biomasa (Ceotto *et al.* 2012).

Tabla 3.

Efecto de los tratamientos en el crecimiento del kion var. 'Criollo' en la localidad de Zotarari, Pichanaki, Chanchamayo, selva central del Perú.

Densidad (N° plantas/ha)	Nº total brotes/planta	Nº de hojas/planta	Altura de planta (cm)
T1= 50,000	22.1 a	46.3 a	43.7 a
T2= 75,000	22.7 a	35.6 a	41.8 a
T3= 100,000	23.5 a	39.1 a	39.5 a
T4= 125,000	23.0 a	39.9 a	41.5 a

Cuando se evaluó el efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento, se encontró que el peso del rizoma/planta, aumentó con el incremento de la densidad, aunque no siempre en relación directa con la misma y estadísticamente no hubo diferencias significativas (Tabla 4). El rendimiento/ha, también aumentó con una mayor densidad de siembra, el mayor incremento se presentó cuando se pasó de 50,000 (T1) a 100,000 plantas/ha (T3), al T3 también le correspondió el mayor rendimiento y al T1 el menor, pero los valores no fueron estadísticamente diferentes (Tabla 4). Una mayor densidad de siembra proporciona mayores rendimientos sin aumentar los costos de producción (Horschutz *et al.* 2012), reduce la necesidad de fertilizantes y mano de obra (Zhi *et al.* 2016). Pero, cuando la densidad de siembra excede un cierto umbral, el rendimiento tiende a reducirse (Griesh y Yakout, 2001) y la probabilidad de efectos negativos aumenta cuando esta sobre pasa el nivel óptimo (Assefa *et al.* 2018) y aumenta la incidencia de enfermedades (Tabin *et al.* 2014). Varios estudios realizados en diferentes países productores del mundo informan un aumento importante del rendimiento del jengibre con los espaciamientos más reducidos (mayor número de plantas. ha⁻¹) (Bay *et al.* 1993; Bari y Rahim, 2010; Ghosh y Hore, 2011; Yadav *et al.* 2013; Akinyemi *et al.* 2014; Mahender *et al.* 2015; Datta *et al.* 2017; Chandra y Hore, 2021).

Tabla 4.

Efecto de los tratamientos en el rendimiento del kion var. 'Criollo' en la localidad de Zotarari, Pichanaki, Chanchamayo, selva central del Perú.

Densidad (N° plantas/ha)	Rendimiento (g/planta)	Rendimiento * (t/ha)	Variación de Rendimiento (%)
T1= 50,000	420.36 a	15.36 a	100
T2= 75,000	612.75 a	33.02 a	215
T3= 100,000	518.45 a	36.75 a	239
T4= 125,000	412.83 a	36.20 a	236

*/ Rendimiento/ha = (Rendimiento/planta) x (Número de plantas/ha) x 0.75. El factor 0.75, se usa considerando un 25% de mermas, que acerca más los valores a un rendimiento comercial.

Los rendimientos obtenidos en este ensayo, son relativamente altos si consideramos que el promedio mundial es de 9.60 t/ha y el nacional de 18.10 t/ha. Aunque hay países con rendimientos más altos al promedio mundial, como EEUU (33.40 t/ha), Japón y Taiwán (27.0 t/ha), estos últimos usando invernaderos (León, 2021).

La calidad del kion cosechado, varió de un tratamiento a otro, la mayor cantidad de la categoría exportable, se obtuvo con el T3, seguido del T4, T2 y T1, aunque estadísticamente no se encontraron diferencias significativas (Tabla 5). La mayor cantidad de kion industrial, correspondió al T4, seguido del T2, T3 y T1, aunque estadísticamente no se encontraron diferencias significativas (Tabla 5). La mayor cantidad de kion tipo descarte, también correspondió al T4, seguido del T3, T2 y T1, los valores alcanzados por T1 y T4, fueron estadísticamente diferentes (Tabla 5). No se tienen referencias del efecto de la densidad de siembra sobre la calidad del kion, pero esto es posible, considerando que la calidad mayormente está asociada con el tamaño del rizoma.

Tabla 5.

Efecto de los tratamientos en la calidad del kion var. 'Criollo' en la localidad de Zotarari, Pichanaki, Chanchamayo, selva central del Perú.

Densidad (N° plantas/ha)	Exportable		Industrial		Descarte	
	(%)	(t/ha)	(%)	(t/ha)	(%)	(t/ha)
T1= 50,000	45.3	6.96 a	26.3	4.04 a	28.4	4.36 b
T2= 75,000	47.0	15.52 a	30.8	10.17 a	22.2	7.33 ab
T3= 100,000	38.6	18.46 a	20.5	9.79 a	40.9	8.50 a
T4= 125,000	43.0	15.55 a	30.3	10.97 a	26.7	9.66 a

De manera general, los resultados de este ensayo, demuestran la posibilidad de obtener altos rendimientos en suelos ácidos degradados, aumentando la densidad de siembra. Además, esta técnica, permite tener una mayor cobertura vegetal sobre el suelo y ayudaría a disminuir los riesgos de erosión hídrica, un problema importante en la región tropical. Pero de manera especial en las zonas con el cultivo de kion, donde se considera que el agroecosistema no se está manejando de manera sustentable, dado que a veces se usan tierras no aptas para este cultivo y no se practican labores que ayuden a la conservación del suelo (Maraví *et al.*, 2018).

CONCLUSIONES

Una mayor densidad de siembra, no afectó el crecimiento de la planta de kion var. Criollo; pero el peso del rizoma y el rendimiento/ha, aumentó con la mayor densidad de siembra, correspondiendo el valor más alto a la mayor densidad y el más bajo, a la menor densidad, valores estadísticamente no diferentes. La calidad, varió de un tratamiento a otro; pero no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos evaluados para el tipo exportable e industrial. Para el tipo descarte, el valor más bajo, correspondió al tratamiento con la menor cantidad de plantas/ha, estadísticamente diferente al resto de tratamientos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte de la tesis doctoral del primer autor y se realizó en el marco del Proyecto Restauración FY 2022-23 Bosque Modelo Pichanaki – Perú. Los autores quieren dejar constancia de su agradecimiento al mencionado proyecto, que fue financiado por la Cooperación Internacional Canadiense y que ha permitido la realización de este trabajo de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akinyemi, S.O.S., Adebayo, O.S., Adesegun E.A. y Ajayi E.O. 2014. Influence of inorganic fertilizer and spacing on the performance of ginger *Zingiber officinale* Rose. *J. Biol. Chem. Research* 31(2): 730-739.
- Assefa, Y., Carter P., Hinds M., Bhalla G., Schon R., Jeschke M., Paszkiewicz S., Smith S. y Ciampitti, I.A. 2018. Analysis of long-term study indicates both agronomic optimal plant density and increase maize yield per plant contributed to yield gain. *Sci. Rep.* 8: 4937
- Bari M.S. y Rahim M.A. 2010. Production potential of ginger under different spacing of *Dalbergia sissoo*. *J. Agrofor. Environ.* 4(1): 143-146.
- Bay, E.T., Danquah E.Y. y Anim-Kwapong G. 1993. Influence of sett size and spacing on yield and multiplication ratio of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.). *Ghana Journal. Agric. Sci.* 31:1755-180.
- Brack, W., Suarez, M., Martel A., Amiquero B. y Brack A. 1985. Sistemas silvopastoriles e importancia de la agroforestería en el desarrollo de la selva central. Proyecto Peruano-Alemán Desarrollo Forestal y Agroforestal en Selva Central. Ministerio de agricultura INFOR, CENFOR VIII San Ramón. 254 pp.
- Ceotto, E., Candilo M., Castelli F., Badeck F.W., Rizza F., Soave C., Volta A., Villani, G. y Marletto V. 2013. Comparing solar radiation interception and use efficiency for the energy crops giant reed (*Arundo donax* L.) and sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Field Crops Res.* 149: 159–166.
- De-Yang, S.; Yan-Hong, L.; Ji-Wang, Z.; Peng, L.; Bin, Z. y Shu-Ting, D. 2016. Increased plant density and reduced N rate lead to more grain yield and higher resource utilization in summer maize. *J. Integr. Agric.* 15: 2515–2528.
- Chandra, S.G. y Hore J.K. 2021. Growth and yield of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) as influenced by different seed size and spacing. *Current Avances in Agricultural Sciences* 13(1): 59-61.

- Datta, N. Ghosh D.K. y Sarkar T. 2017. Effect of different seed rate and spacing on yield and economic of ginger (*Zingiber officinale* Rosc) cultivation. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 6(9): 1120-1125.
- Griesh, M.H. y Yakout, G.M. 2001. Effect of plant population density and nitrogen fertilization on yield and yield components of some white and yellow maize hybrids under drip irrigation system in sandy soil. Plant Nutr. 1: 810–811.
- Horschutz, A.C.O., Teixeira M.B., Alves J.M., Silva F.G., y da Silva N.F. 2012. Growth and productivity of physic nut as a function of plant spacing and irrigation. Rev. Bras. Eng. Agrícola e Ambient. 16: 1093–1099.
- Jiang, W., Wang K., Wu Q., Dong S., Liu P. y Zhang J. 2013. Effects of narrow plant spacing on root distribution and physiological nitrogen use efficiency in summer maize. Crop J. 1: 77–83.
- Kumar, A., Sasikumar B., Srinivasan V., Zachariah T.J. y Rajeev P. 2010. Ginger. In V.A. Parthasarathy P. Rajeev (ed). Major Spices - Production and Processing. Indian Institute of Spices Research, Calicut, Kerala, India. 326 pp.
- León, J. 2021. Perú es el cuarto principal país exportador de jengibre en el mundo. En: <https://www.agraria.pe/noticias/peru-es-el-cuarto-principal-pais-exportador-de-jengibre-en-e-23346> (Consultado: 16/07/2023).
- Li, X., Han Y., Wang G., Feng L., Wang Z., Yang B., Du W., Lei Y., Xiong S., Zhi, X. *et al.* 2020. Response of cotton fruit growth, intraspecific competition and yield to plant density. Eur. J. Agron. 114: 125991.
- Mahender, B., Reddy P.S.S., Sivaram G. T., Balakrishna M. y Prathap B. 2015. Effect of seed rhizome size and plant spacing on growth, yield and quality of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) under coconut cropping system. Plant Archives 15(2): 769-774.
- Maraví, J., Buendía, O., Alvarado, L., Borjas, R., Castro-Cepero, V. y Julca-Otiniano, A. 2018.
- Caracterización de fincas de kion (*Zingiber officinale*) en la microcuenca de Alto Cuyani, Distrito de Pichanaki (Chanchamayo, Junín, Perú). Revista Pakamuros 6 (1): 18 – 25.
- Reddy, P.S.S, Kumar A. S. y Mahender B. 2016. Evaluation of influence of rhizome size and plant spacing on growth and yield attributes of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) cv. Maran in mango-ginger inter cropping system. Plant Archives 16(2): 575-579.
- Tabin, T., Balasubramanian D. y Arunalachalam. 2014. Influence of plant spacing, seed rhizome size and tree canopy environment on the incidence of rhizome rot ginger. India Journal of Hill Farming 27(2): 49-51.

- Tiwari, H., Pandey R., Shukala M. y Namdeo K.N. 2019a. Influence of size of seed-rhizome and plant no growth, yield and quality of ginger (*Zingiber officinale* Rose). Annals and Soli Research 21(2): 159-161.
- Tiwari, H., Pandey R., Shukala M. y Namdeo K.N. 2019b. Yield, quality and uptake of nutrients in ginger (*Zingiber officinale* Rosc) as influenced by size of seed rhizome and plant spacing). Annals and Soli Research 21(4): 376-379.
- Wang, R., Cheng T. y Hu L. 2015. Effect of wide-narrow row arrangement and plant density on yield and radiation use efficiency of mechanized direct-seeded canola in Central China. Field Crops Res. 172: 42–52.
- Xu, C., Huang S., Tian B., Ren J., Meng Q. y Wang P. 2017. Manipulating planting density and nitrogen fertilizer application to improve yield and reduce environmental impact in Chinese Maize production. Front. Plant Sci. 8: 1234.
- Zhi, X.Y., Han Y.C., Li Y.B., Wang G.P., Du W.L., Li X.X., Mao S.C. y Feng L. 2016. Effects of plant density on cotton yield components and quality. J. Integr. Agric 15: 1469–1479.