

## DOSIS DE FERTILIZACIÓN Y DENSIDAD DE SIEMBRA EN CLONES AVANZADOS DE CAMOTE (*Ipomoea batatas* L.)

### Fertilization dose and sowing density in advanced clones of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.)

Gilberto Rodríguez Soto<sup>1</sup>, Rember Pinedo-Taco<sup>2</sup>, Cristian Culqui Gaslac<sup>3</sup>

#### RESUMEN

El cultivo de camote da seguridad alimentaria porque se produce satisfactoriamente en suelos marginales; sin embargo, el uso de esquejes-semilla de calidad, fertilización y una adecuada densidad de siembra pueden incrementar los rendimientos y la calidad comercial. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la densidad de siembra y dosis de fertilización en el rendimiento de raíces reservantes de tres clones avanzados de camote bajo condiciones del distrito de San Vicente de Cañete, Lima, Perú. El estudio se realizó bajo un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial 3x2x2, con cuatro réplicas. Se evaluó el comportamiento agronómico de tres clones de camote (C1 = anaranjado, C2 = amarillo y C3 = morado) dos densidades de siembra (D1 = 33 333 y D2 = 50 000 plantas ha<sup>-1</sup>) y dos dosis de fertilización (F1 = 60-40-100 de NPK y F2 = 80-60-120 NPK). Las variables en evaluación fueron rendimiento total y comercial, materia seca e índice de cosecha. Los resultados indican la ausencia de efecto combinado, los factores en estudio actuaron en forma independiente, el tratamiento C1F1D2 (clon anaranjado + dosis de fertilización 60-40-100 NPK + 33 333 plantas ha<sup>-1</sup>) presenta el mayor rendimiento total, superior en 186.72 % al tratamiento C2F1D2 (26.58 t ha<sup>-1</sup>; p>0.05). El C1, independiente de las dosis de fertilización y densidad de siembra presenta el mayor rendimiento (64.87 t ha<sup>-1</sup>; p<0.05). Se concluye que los tres clones (C1>C2>C3) superan el rendimiento promedio nacional y se perfilan como nuevas variedades promisorias para reemplazar a las variedades que han mermado su rendimiento en los últimos años. A mayor densidad de plantas menor rendimiento debido a la mayor competencia intraespecífica por recursos; asimismo, dosis medias de fertilización (D1) complementadas con materia orgánica cubren los requerimientos nutricionales del cultivo.

**Palabras clave:** densidad de siembra, índice de cosecha, *Ipomoea batatas*, nutrición mineral, raíz reservante.

#### ABSTRACT

The sweetpotato crop provides food security because it is produced satisfactorily in marginal soils; however, the use of quality seed cuttings, fertilization and adequate planting density can increase yields and commercial quality. The objective of the research was to evaluate the effect of sowing density and fertilization dose on the yield of reservoir roots of three advanced sweetpotato clones under conditions of the district of San Vicente de Cañete, Lima, Peru. The study was conducted under a randomized complete block design in a 3x2x2 factorial arrangement, with four replications. The agronomic performance of three sweetpotato clones (C1 = orange, C2 = yellow and C3 = purple), two planting densities (D1 = 33 333 and D2 = 50 000 plants ha<sup>-1</sup>) and two fertilizer doses (F1 = 60-40-100 NPK and F2 = 80-60-120 NPK) were evaluated. The variables evaluated were total and marketable yield, dry matter and harvest index. The results indicate the absence of combined effect, the factors under study acted independently, treatment C1F1D2 (orange clone + fertilization dose 60-40-100 NPK + 33 333 plants ha<sup>-1</sup>) presented the highest total yield, 186.72 % higher than treatment C2F1D2 (26.58 t ha<sup>-1</sup>; p>0.05). The C1, independent of fertilization doses and sowing density, had the highest yield (64.87 t ha<sup>-1</sup>; p<0.05). It is concluded that the three clones (C1>C2>C3) exceed the national average yield and are emerging as promising new varieties to replace the varieties that have decreased their yield in recent years. The higher the plant density, the lower the yield due to greater intraspecific competition for resources; also, average doses of fertilization (D1) supplemented with organic matter cover the nutritional requirements of the crop.

**Keywords:** sowing density, harvest index, *Ipomoea batatas*, mineral nutrition, storage root.

<sup>1</sup> Departamento Académico de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4014-0983>. [grs@lamolina.edu.pe](mailto:grs@lamolina.edu.pe).

<sup>2</sup> Docente investigador, Departamento Académico de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5910-9332>. [rpinedo@lamolina.edu.pe](mailto:rpinedo@lamolina.edu.pe)

<sup>3</sup> Escuela de posgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7940-2819>

## INTRODUCCIÓN

El camote (*Ipomoea batatas* L.) es la tercera raíz tuberosa después de la papa y yuca de mayor área sembrada a nivel mundial y ocupa el quinto lugar en el ranking de cultivos de mayor producción en todos los sistemas de producción (González et al., 2020; Rodríguez-Delfín et al., 2014). En el Perú, el cultivo de camote se siembra desde el nivel del mar hasta los 2 500 m s.n.m., bajo sistemas de producción convencional (Valverde-Reyes y Pinedo-Taco, 2022). La superficie sembrada de camote alcanza aproximadamente a 14 167 hectáreas con un rendimiento de 18.1 t ha<sup>-1</sup>; siendo Lima, Lambayeque e Ica los departamentos que concentran mayor superficie de área sembrada con 6 615, 1 942 y 1 121 ha respectivamente; solo el valle de Cañete produce el 48 % de la producción de Lima, lo que constituye el 38 % de la producción nacional (MINAGRI, 2019).

El rendimiento de camote puede ser influenciado por factores ambientales (temperatura, humedad), edáficos (textura, estructura, CIC, pH, fertilidad química, física y biológica), biológicos (plagas, calidad de la semilla) y aspectos socioeconómicos (tipo de agricultor, tenencia de tierras, tecnología y manejo del cultivo) (Cuzumano y Zamudio, 2013; Darko et al., 2020; Montaldo, 1991; Shi et al., 2021, Pinedo et al., 2017; Valverde-Reyes y Pinedo-Taco, 2022).

Entre los factores antes indicados en el manejo del cultivo, referidos la calidad de semilla, densidad de siembra y las dosis de fertilización y las condiciones climáticas pueden ser limitantes para la producción sostenible (Darko et al., 2020; González et al., 2020; Pinedo et al., 2017; Valverde-Reyes y Pinedo-Taco, 2022). Según las condiciones idóneas para su cultivo son una temperatura media durante el período de crecimiento, superior a los 21 °C, y un ambiente húmedo (80-85 %) (Flórez et al., 2016).

En el Perú se han desarrollado y liberado variedades mejoradas de camote de pulpa amarilla como el INIA 100, Huambachero de piel morada y pulpa naranja claro, la variedad INIA 320 Amarillo Benjamín y la variedad INIA 329-Bicentenario (Cantoral et al., 2020). Generalmente el camote se propaga a través de esquejes vegetativos de 25 a 40 cm. Bajo condiciones del valle de Cañete-Perú, según Valverde et al. (2020), los pequeños productores siembran en promedio 3.56 ha, con un rendimiento promedio de

20 548 kg ha<sup>-1</sup>, bajo una densidad de 45 000 plantas por hectárea.

La densidad de siembra es una manera de controlar el tamaño de la raíz; mayores densidades de plantas por hectárea puede ser con el propósito de producir forraje y menor densidad repercutirá en el tamaño y calidad de raíces reservantes (Badge et al., 2021; Cusumano y Zamudio, 2013; Szarvas et al., 2018; Szarvas et al., 2019). En un marco de siembra de (0.90 m x 0.20 m), se siembra alrededor de 55 000 plantas ha<sup>-1</sup> y se puede alcanzar rendimientos promedio de 25 t ha<sup>-1</sup> hasta 58.5 t ha<sup>-1</sup> (Szarvas et al., 2019).

La distancia entre hileras de mayor aplicación en la producción de camote varía entre 70 y 107 cm, siendo la más usada 100 cm. La distancia habitual de planta a planta es de 17 a 30 cm, siendo la más utilizada 30 cm (Clark, 2013). La alta densidad de plantas (60 x 30 cm) puede disminuir el rendimiento por planta, pero alcanza los mayores rendimientos de tubérculos por hectárea (Badge et al., 2021).

En relación a los niveles de fertilización el cultivo de camote es poco exigente en nutrientes, produce en suelos pobres siempre que exista humedad suficiente de mediana calidad o poco preparados (González et al., 2020). Sin embargo, el cultivo continuo resulta en el agotamiento de la materia orgánica y nutrientes minerales del suelo, de ahí la necesidad de fertilización (Darko et al., 2020). Las cantidades bajas o excesivas de nitrógeno pueden ser perjudiciales, afectando negativamente su potencial de rendimiento; no se requieren altos niveles de nitrógeno para iniciar la formación de raíces tuberosas (Cusumano y Zamudio, 2013; Montaldo, 1991).

Altas dosis de fertilizantes nitrogenados pueden provocar un crecimiento excesivo de la parte aérea y un menor rendimiento o puede ocasionar la producción desuniforme de las raíces preservantes (Duan et al., 2019; Cusumano y Zamudio, 2013; Reetz, 2016).

El fósforo es un macronutriente esencial en la respiración. y procesos de plantas de fotosíntesis. es parte de nucleoproteínas, lípidos y fosfolípidos. Actúa sobre el desarrollo de raíces y tejidos meristemáticos y su eficiencia de absorción varía de acuerdo a las fuentes de P disponibles (Pinedo-Taco et al., 2020; Reetz, 2016). Se conoce que el N y P son deficientes en los suelos de la costa peruana, de ahí la importancia de aplicar dosis adecuadas del mismo.

El potasio influye en el rendimiento de los tubérculos a través de un aumento en la proporción de materia seca desviada a los tubérculos y un aumento en el número de tubérculos por planta (Pinedo-Taco et al., 2020). El potasio juega un papel importante en relación con la absorción de agua, el uso eficiente del nitrógeno, la translocación de asimilados, la fotosíntesis, la sequía y la resistencia a enfermedades (Darko et al., 2020). Para las condiciones del valle de Cañete la recomendación de fertilización es 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, 60 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Sin embargo, las expectativas de rendimiento varían de acuerdo al tipo y experiencia del agricultor o a la zona agroecológica de producción (Darko et al., 2020; Valverde et al., 2020; Pinedo et al., 2017). En un estudio de Interacción Genotipo x Ambiente (IGA) en cuatro localidades del Perú (Trujillo, La Molina, San Ramón y Huaral), se identificaron clones avanzados con rendimientos de 37.78 y 96.34 t ha<sup>-1</sup>, resultado que confirma que el rendimiento y calidad de las raíces reservantes es influenciado por el genotipo y el lugar de producción (Castillo et al., 2014; Darko et al., 2020; Pinedo et al. 2017).

Por lo indicado, el objetivo fue evaluar dos densidades de siembra de esquejes-semillas de camote, dos dosis de fertilización química en el comportamiento agronómico y rendimiento total y comercial de raíces reservantes de tres clones avanzados de camote bajo las condiciones edáficas, climáticas y manejo agronómico del valle costero de Cañete, Lima, Perú.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación de la zona de estudio

La investigación se realizó en el Instituto Regional de Desarrollo de Costa (IRD Costa) de la Universidad

Nacional Agraria La Molina, ubicada en el distrito de San Vicente de Cañete, Lima, Perú, ubicada a 380 m s.n.m., Latitud 13°07'00" S y Longitud 76°20'00" O. Durante la realización del experimento la temperatura máxima fluctuó entre 26.3 y 29.4 °C y la mínima entre 13.9 y 18.8 °C, con 82.94 % de humedad relativa promedio.

### Metodología

El material genético utilizado (esquejes de clones) fueron segmentos de tallo apicales de 0.30 m a 0.35 m de longitud aproximadamente, proporcionados por el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Los clones fueron diferenciados por el color de pulpa de las raíces reservantes: clon de pulpa anaranjada, de pulpa amarilla y un clon de pulpa morada.

Como fuentes de fertilización nitrogenada (N), fosfórica (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y potasio (K<sub>2</sub>O) se emplearon el nitrato de amonio (33 % N y 3 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), fosfato diamónico (18% N y 46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), cloruro de potasio (60 % K<sub>2</sub>O) y como complemento estiércol procesado de vacunos.

La parcela experimental se instaló bajo un arreglo factorial 3x2x2, conducidos con un diseño de bloques completos al azar. Se dispuso de tres niveles en el factor A clones (C1 = clon anaranjado, C2 = amarillo y C3 = clon morado); dos niveles en el factor B dosis de fertilización (F1 = 60-40-100; F2 80-60-120 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O) y dos niveles en el factor C densidad (D1 = 50 000 y D2 = 33 333 plantas ha<sup>-1</sup>). Los tratamientos resultaron de la combinación de los niveles de cada uno de los factores en estudio, resultando 12 tratamientos, con cuatro repeticiones, totalizando 48 unidades experimentales (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos en estudio: clon, dosis de fertilización y densidad de siembra.

Tratamiento	Clave	C	F	D	Distanciamiento (m)	
					Entre surcos	Entre plantas
T1	C1F1D1	Anaranjado	60 - 40 - 100	50 000	1	0.2
T2	C1F1D2	Anaranjado	60 - 40 - 100	33 333	1	0.3
T3	C1F2D1	Anaranjado	80 - 60 - 120	50 000	1	0.2
T4	C1F2D2	Anaranjado	80 - 60 - 120	33 333	1	0.3
T5	C2F1D1	Amarillo	60 - 40 - 100	50 000	1	0.2
T6	C2F1D2	Amarillo	60 - 40 - 100	33 333	1	0.3
T7	C2F2D1	Amarillo	80 - 60 - 120	50 000	1	0.2
T8	C2F2D2	Amarillo	80 - 60 - 120	33 333	1	0.3
T9	C3F1D1	Morado	60 - 40 - 100	50 000	1	0.2
T10	C3F1D2	Morado	60 - 40 - 100	33 333	1	0.3
T11	C3F2D1	Morado	80 - 60 - 120	50 000	1	0.2
T12	C3F2D2	Morado	80 - 60 - 120	33 333	1	0.3

C = clon; F = dosis de fertilización; D = densidad de siembra.

La siembra se realizó colocando los esquejes frescos en forma de media luna al borde de los surcos y luego fueron asentados con un riego ligero, similar a lo realizado por Pinedo et al. (2017). La fertilización se realizó a los 22 días después de la siembra (dds), aplicando 20 g por planta en forma de media luna al contorno de la planta para posteriormente ser tapados con tierra. Se realizaron cinco riegos por gravedad cuya frecuencia estuvo condicionada a la demanda del cultivo y las condiciones ambientales. Se realizó un aporque con tractor a los 22 dds para la eliminación de malezas y mejoramiento del camellón del surco; por consiguiente, un mejor soporte mecánico para el desarrollo de las plantas, mayor protección de las raíces tuberosas frente a plagas y daños físicos por quemaduras o verdeo del sol del producto comercial.

Para control de las malezas *Nicandra physalodes* y *Portulaca oleracea* se realizaron empleando métodos mecánicos y labores culturales en la fase del periodo crítico de competencia con el cultivo (22 dds). En la fase vegetativa del cultivo se constató daños ocasionado por el gusano ejército (*Spodoptera eridania*) y para su control se realizaron dos aplicaciones con un insecticida piretroide.

La cosecha fue mecanizada y se realizó a los 134 dds, previamente se realizó el corte de la parte aérea de las plantas, para facilitar el trabajo de la maquinaria. El tractor dejó expuesto las raíces reservantes encima de los surcos, y en forma manual se clasificó en raíces reservantes de categoría comercial y no comercial.

#### *Factores en estudio*

Índice de cosecha (IC): se evaluaron plantas de los surcos centrales en cada unidad experimental. Se pesaron inicialmente en su totalidad para obtener el rendimiento biológico, posterior a ello se pesó el rendimiento de raíces reservantes.

Contenido de materia seca: se consideró el peso fresco de la raíz de una planta cosechada de los surcos centrales y luego fueron colocados a estufa a 75 °C hasta obtener un peso constante.

Rendimiento: se pesó el total de raíces cosechadas en los dos surcos centrales de cada tratamiento. Los resultados se expresaron en toneladas por hectárea estimándose según la relación matemática: Rendimiento ( $t\ ha^{-1}$ ) = peso total de raíces reservantes por parcela (kg)  $\times$  10 000  $m^2$  / Área de la parcela ( $m^2$ )  $\times$  1 000 kg.

Rendimiento de raíces reservantes por categoría comercial: Se consideraron raíces reservantes con un peso entre 80 a 200 gramos, sin daños mecánicos, por plagas, deformaciones ni rajaduras. Se realizaron las pruebas de normalidad de los datos y para el análisis de varianza (ANAVA), se utilizó el software Infostat (Di Rienzo et al., 2013). Para verificar la interacción entre los factores estudiados, además se usó la prueba de comparación de medias Duncan al 0.05 de probabilidad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de efectos combinados y simples

Los cultivares, la densidad de siembra, las dosis de fertilización y su respectiva interacción no fueron significativas para el rendimiento total, rendimiento comercial, materia seca (%) e índice de cosecha (Tabla 2). Lo anterior indica que, para las condiciones del experimento, no existe algún efecto en los clones al utilizar distintos niveles de densidad de siembra y las respectivas dosis de fertilización. Por lo tanto, existe influencia de una variación factorial controlada en el experimento. Al constatar una excepción en la interacción ( $p < 0.05$ ) entre clones y fertilización para las variables rendimiento total y comercial se puede indicar que existe suficiente evidencia estadística para afirmar que al menos uno de los niveles del factor fertilización influye en el rendimiento total de raíces reservantes de los clones en estudio.

### Rendimiento total

Aun cuando no se halla interacción entre cultivar, dosis de fertilización y densidad de siembra el mayor rendimiento total de 76.21  $t\ ha^{-1}$  se observa con el tratamiento C1F1D2 (Clon anaranjado + dosis 60-40-100 + 0.30 m de distanciamiento entre plantas), superior en 186.72 % al C2F1D2, que alcanzó un rendimiento de 26.58  $t\ ha^{-1}$  (Figura 1).

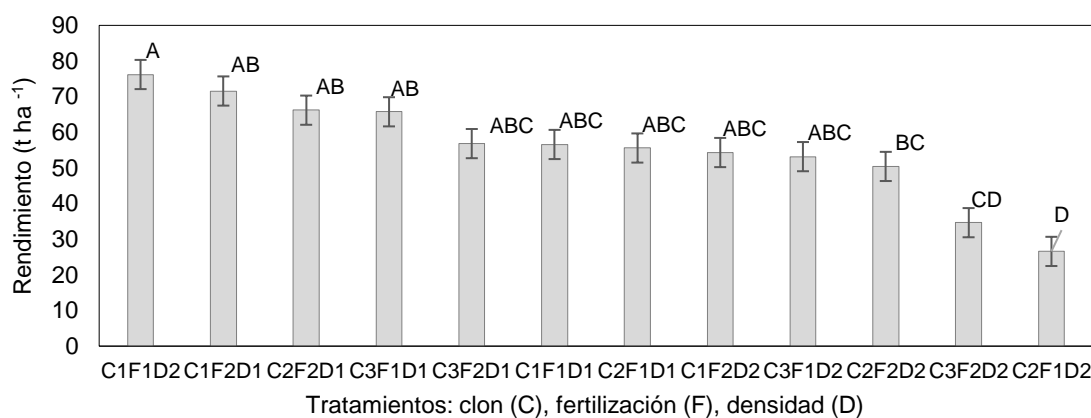


Figura 1. Efecto combinado de los factores clon (C), dosis de fertilización (F) y densidad de siembra (D) en el rendimiento total. Letras no iguales significan una diferencia significativa ( $P > 0.05$ ). (C1 = clon anaranjado, C2 = clon amarillo, C3 = clon morado, F1 = dosis de fertilización 60-40-100 NPK, F2 = dosis de fertilización 80-60-120 NPK, D1 = densidad de siembra 33 333 plantas por hectárea, D2 = densidad de siembra 50 000 plantas por hectárea).

El clon C1, independiente de la dosis de fertilización y densidad de siembra es superior en 22.95 % y 30.12 % al C2 y C3 al alcanzar un rendimiento total de 64.97 t ha<sup>-1</sup>, Mientras que con la densidad de siembra (D1) se constata el mayor rendimiento 62.02 t ha<sup>-1</sup> superior en 20.72 % (Tabla 2). El factor fertilización, independiente de los efectos del clon y dosis de siembra es mayor cuando se aplicó la dosis F1; sin embargo, estadísticamente similar a lo efectos de la dosis F2, lo cual evidencia que ambas dosis de fertilización tienen similares respuestas en cuanto a rendimiento. Al evaluar las características agronómicas de 61 clones en la localidad de Cañete, Reynoso (2003) indica un rendimiento promedio de 23.5 tha<sup>-1</sup>; mientras que con las variedades

comerciales Huambachero y Jhonatan la media los rendimientos son 10.6 y 27.3 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Con la densidad de siembra D1 (50 000 plantas ha<sup>-1</sup>), sin considerar los efectos combinados del clon y de la dosis de fertilización (Tabla 2), se constata el mayor rendimiento total (69.49 t ha<sup>-1</sup>) superior en 29.16 % al rendimiento logrado con la densidad D2 (49.22 t ha<sup>-1</sup>). Una mayor densidad de plantas de 6.25 plantas m<sup>2</sup> (80 x 20 cm), según Szarvas et al. (2018) a pesar de disminuir el rendimiento por planta, resulta en la producción de los mayores rendimientos de raíces reservantes por hectárea. Con una densidad de 62 500 plantas ha<sup>-1</sup> (configuración de 80 x 20 cm) se puede lograr hasta 52.8 t ha<sup>-1</sup> (Szarvas et al., 2019).

Tabla 2. Efecto de dos niveles de fertilización y dos densidades de siembra sobre el rendimiento, rendimiento comercial producción de materia seca e índice de cosecha, en función a tres clones avanzados de camote.

Factor/tratamiento	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Rendimiento comercial (t ha <sup>-1</sup> )	Materia seca (%)	Materia seca (t ha <sup>-1</sup> )	Índice de cosecha
<b>Efecto del cultivar</b>					
C1	64.97 a	26.44 a	21.36 a	11.20 a	0.63 a
C2	52.60 b	19.82 b	16.15 b	10.05 a	0.52 a
C3	49.70 b	19.37 b	15.67 b	7.97 b	0.50 b
<b>Efecto de la de densidad</b>					
D1	62.09 a	23.15 a	17.99 a	11.09 a	0.57 a
D2	49.22 b	20.60 a	17.46 a	8.39 b	0.54 a
<b>Efecto de dosis de fertilización</b>					
F2	55.67 a	23.46 a	18.02 a	10.01 a	0.56 a
F1	55.65 a	20.28 a	17.46 a	9.47 a	0.54 a
<b>p-valor ANOVA</b>					
Clon (C)	0.0165*	0.0204 *	<0.0001 *	0.0022 *	0.0360 *
Fertilización (F)	0.9963	0.1471	0.4596	0.4283	0.5808
Densidad (D)	0.0049	0.2408	0.4987	0.0005 *	0.5284
Cx F	0.0174*	0.0308*	0.7744	0.0156 *	0.1402
Cx D	0.0682	0.0762	0.9453	0.0688	0.1561
Fx D	0.1913	0.4403	0.8119	0.1587	0.3471
Cx Fx D	0.065	0.0972	0.7651	0.169	0.3333

Letras iguales no son significativamente diferentes; \* significativo;  $p < 0.05$ . (C = clon, D = densidad, F = fertilización).

Las características físico-químicas del suelo donde se desarrolló el ensayo fueron favorables para la expresión positiva de los clones en función de las dosis de fertilización. El pH ligeramente alcalino (7.53), textura franco arcillo arenoso, conductividad eléctrica 3.58 dS m<sup>-1</sup> (suelo ligeramente salino), contenido de carbonato de calcio 2.60 %; 1% de materia orgánica (bajo), fósforo disponible alto (78.9 ppm), y potasio disponible alto (994 ppm); CIC de 16.64 meq 100g<sup>-1</sup>, lo que favoreció al desarrollo de raíces reservantes. León-Pacheco et al. (2021), afirman que las plantas de camote aún bajo condiciones de estrés hídrico se adaptan fisiológicamente para no perder agua por la transpiración sin sacrificar las tasas de fotosíntesis; en su experimento constataron en un suelo con 6.1 de pH y conductividad hidráulica de 0.13 d m<sup>-1</sup> un rendimiento de 18.3 t ha<sup>-1</sup>.

### Rendimiento comercial

El rendimiento comercial, independientemente de los efectos de la densidad de siembra y dosis de fertilización el clon C1, resulta con el mayor rendimiento (26.44 t ha<sup>-1</sup>; p<0.05) superior en 25.04 y 26.73 % a los clones C2 y C3 respectivamente (Tabla 2). Asimismo, con la D1 resulta el mayor rendimiento (23.15 t ha<sup>-1</sup>), independientemente del tipo de clon y dosis de fertilización. Al emplear la dosis de fertilización F2, independientemente del clon y densidad de siembra se constata el mayor rendimiento (23.46 t ha<sup>-1</sup> superior a F1 en 13.55 %). Los rendimientos antes reportados fueron inferiores al rendimiento comercial de raíces reservantes reportado por Pinedo et al. (2017), en su trabajo de investigación realizado en cuatro localidades constataron que los clones PJ05.212 (96.34 t ha<sup>-1</sup>); PJ05.052 (85.13 t ha<sup>-1</sup>); PH06.011 (39.59 t ha<sup>-1</sup>) y PJ07.119 (37.77 t ha<sup>-1</sup>) alcanzaron los mayores rendimientos en Trujillo, La Molina, San Ramón y Huaral, respectivamente. El rendimiento comercial está directamente relacionado al rendimiento total, puesto que resulta de la selección y clasificación de raíces con características aceptables para el mercado; en consecuencia, la fracción comercial generalmente fluctúa entre un 70 a 80 % del rendimiento total.

### Materia seca

Las clones de camote difieren en el porcentaje de materia seca, con un promedio 29.12 % para el

camote amarillo, 31.20 % para el morado y 32.05 % para el camote blanco. Castillo et al. (2014), bajo condiciones de Costa Rica al evaluar 13 genotipos de camote reporta que el contenido de materia seca de la raíz reservante varía entre 18.70 y 30.81 %.

En relación a la materia seca expresada en t ha<sup>-1</sup>, Los tratamientos con mayor contenido de materia seca son: T9 y T11 con 14.04 y 12.36 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, menor a los encontrados por Pinedo et al. (2017) con rendimientos entre 6.04 y 37.34 t ha<sup>-1</sup>. Los tratamientos con el clon anaranjado (T1, T2, T3 y T4), muestran promedios homogéneos entre sí, que no difieren estadísticamente, siendo el tratamiento T2 con dosis baja de fertilización y 33 333 plantas ha<sup>-1</sup> presenta un promedio de 11.55 t ha<sup>-1</sup> de materia seca. Pinedo et al. (2017), en un experimento regional en cuatro zonas afirman que los mayores rendimientos en materia seca de raíces reservantes por hectárea respecto a la presente investigación fueron con la variedad Huambachero (37.74 t ha<sup>-1</sup>) en Trujillo y PJ05.052 (18.76 t ha<sup>-1</sup>) en La Molina; mientras que fueron similares al ensayo con 12.16 t ha<sup>-1</sup> en Huaral y PJ07.691 con 13.68 t ha<sup>-1</sup> en San Ramón.

### Índice de cosecha (IC)

Con respecto al índice de cosecha el factor clon es el único factor que obtuvo resultados significativos, lo que nos indica que el índice de cosecha difiere estadísticamente para cada nivel de este factor. Las interacciones entre factores evaluados resultan ser no significativa, por lo tanto, no existe suficiente evidencia, estadística para aceptar que al menos uno de los niveles de estos factores influye en el índice de cosecha, bajo las condiciones del ensayo. Dos grupos difieren estadísticamente para el factor clon; los clones anaranjado y amarillo con 0.63 y 0.52 presentan los mayores valores de índice de cosecha.

Con relación al efecto de la densidad de siembra independientemente del cultivar o clon y dosis de fertilización el mejor IC se halló con D1 (0.57) que fue superior al efecto de la densidad D2 con 0.54. En el efecto de los niveles de fertilización sin la interacción del clon y densidad de siembra el mayor IC se halló con F2 0.56, que fue mejor que el efecto de F1 en 3.57 %. En una evaluación de los efectos integrados de fertilizantes en camote en suelos Andosol y Nitisol, Tang y Ngome (2022) reportan una fluctuación de 0.28 a 0.45 de IC en dos variedades locales en Camerún, las diferencias en cuanto a IC se deben al tipo de

suelo, las enmiendas aplicadas y el tipo y dosis de fertilización aplicados.

## CONCLUSIONES

Los factores clones, dosis de fertilización y densidad de siembra actuaron en forma independiente, bajo esa condición el mejor rendimiento total resulta al emplear el clon anaranjado con una densidad de siembra no mayor a 33 mil plantas por hectárea y aplicando una dosis por hectárea de 60 kg de N, 40 kg de P y 100 kg de K. En consecuencia, este tratamiento puede ser empleado como un paquete tecnológico para la intensificación sostenible de la producción de camote en el valle de Cañete y otras zonas con similares características agroecológicas.

El clon anaranjado expresa el mejor comportamiento agronómico en las variables evaluadas e inciden en el mayor rendimiento de raíces reservantes con respecto a los clones amarillo y morado (C1>C2>C3). Los tres clones superan el rendimiento promedio nacional en 75.37, 69.60 y 67.80 % respectivamente, por consiguiente, se perfilan como nuevas variedades promisorias para satisfacer la demanda futura de los productores de camote; considerando que, las actuales variedades comerciales de mayor uso como Jonathan y Huambanero están siendo afectadas por enfermedades y nematodos del sistema radicular ocasionando pérdidas económicas a los productores del valle de cañete, principal zona productora del país.

Para las condiciones del ensayo, densidades de siembra mayores a 33 000 plantas por hectárea disminuyen los rendimientos y la calidad comercial aproximadamente en 11 % en los tres clones evaluados debido a la mayor competencia por agua, nutrientes, luz y anhídrido carbónico, además con el atenuante de la producción de raíces reservantes de tamaño pequeño y que no favorecen en la calidad comercial del camote. Los tres clones avanzados no requieren altas dosis de fertilización; con dosis medias (40-60-100 kg ha<sup>-1</sup> de NPK) complementado con otras fuentes de materia orgánica como el guano de corral son suficientes para alcanzar rendimientos óptimos. Dosis mayores de N favorecen el crecimiento inicial y el desarrollo de la biomasa aérea de la planta y el exceso se pierde por volatilización y lixiviación en el suelo con posteriores repercusiones negativas en los agroecosistemas, El incremento de 20 unidades P y K no se traduce en mayor rendimiento debido a la baja a que ambos fertilizantes son de lenta absorción.

## BIBLIOGRAFÍA

- Badge, B; Ganvir, GB; Raut, M. 2021. Effect of Different Spacing on Growth and Yield of Sweet Potato, *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 10(02):643-647.
- Cantoral, E; Chávez, A; Flores, A. 2020. Nueva variedad de camote (*Ipomoea batatas* L, Lam.) con mejores características agronómicas y comerciales, *Scientia Agropecuaria*, 11(1): 39-48.
- Castillo, R.; Brenes, AEP; Gómez-Alpizar, L. 2014. Evaluación agronómica de trece genotipos de camote (*Ipomoea batatas* L.). *Agronomía Costarricense*, 38(2):67-81.
- Clark, C. 2013. Cultivation and storage. In: Clark, C.A.; Ferrin, D.M.; Smith, T.P.; Holmes, G.J. (eds.): *Compendium of Sweet potato disease, pests, and disorders*, Second edition, APS Press. St. Paul, Minnesota, pp: 4-7.
- Cusumano, C; Zamudio, N. 2013. Manual técnico para el cultivo de batata (camote o boniato) en la provincia de Tucumán, Argentina, Ediciones INTA. 48 p.
- Darko, C; Yeboah, S; Amoah, A; Opoku, A; Nketiah, J. 2020. Productivity of sweet potato (*Ipomoea batatas* (L) Lam) as influenced by fertilizer application in different agro-ecologies in Ghana (n línea). *Scientific African*, 10(10):e00560. Consultado 18 ago. 2022. Disponible en <https://www.infostat.com.ar/>
- Di Rienzo, JA; Casanoves F; Balzarini MG; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, CW. 2013. InfoStat versión 2013 (en línea). Grupo InfoStat. FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Consultado 17 feb. 2023. Disponible en <https://www.infostat.com.ar/>
- Duan, W; Zhang, H; Xie, B; Wang, B; Zhang L. 2019. Impacts of nitrogen fertilization rate on the root yield, starch yield and starch physicochemical properties of the sweet potato cultivar Jishu 25. *PLoS ONE*, 2019;14: e0221351.
- Flórez, CH; Uribe, CP; Contreras, CA. 2016. Perspectivas tecnológicas y comerciales para el cultivo de la batata en Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica), Colombia, 110 p.
- González, CA; Giménez, LI; Burgos, AM. 2020. Evaluación del rendimiento potencial de cuatro cultivares de batata (*Ipomoea batatas* L.) Lam.) en Corrientes. *Agrotecnia* 30: 89-96.
- León-Pacheco, RI; Pérez-Macias, M; Fuenmayor-Campos, FC; Rodríguez-Izquierdo, AJ; Rodríguez-Yzquierdo, GA; Villagran-Munar, EA. 2021. Evaluación agronómica y fisiológica en clones de camote (*Ipomoea batatas*) sometidos a condiciones de estrés hídrico (en línea). *Agronomía Mesoamericana*, 32(3):719-732. Consultado 12 feb. 2023. Disponible en <https://dx.doi.org/10.15517/am.v32i3.42303>
- MINAGRI. 2019. Plan nacional de cultivos (Campaña Agrícola 2018-2019). Ministerio de Agricultura y Riego. Lima, Perú. 293 p. Consultado 17 feb. 2023. Disponible en [https://www.sierraexportadora.gob.pe/descargas/plan-anual/plan\\_nacional\\_cultivos.pdf](https://www.sierraexportadora.gob.pe/descargas/plan-anual/plan_nacional_cultivos.pdf)

- Montaldo, A. 1991. Cultivo de raíces y tubérculos. 2a ed. Instituto interamericano de Cooperación para la Agricultura-IIICA, San José Costa Rica. 408 p.
- Pinedo, R; Rodríguez, G; Valverde, N. 2017. Rendimiento de 10 clones de camote (*Ipomoea batatas* L.) en Trujillo, La Molina, San Ramón y Huaral. Aporte Santiaguino, 10 (1):87-98.
- Pinedo-Taco, R; Olivas-Alvarado, T; Rodríguez-Soto, G; Castro-Capero, V. 2020. Effect of nitrogen and phosphorus fertilization sources on the potato crop yield (*Solanum tuberosum* L.). Revista Facultad Nacional Agronomía Medellín, 73(3):9255-9261.
- Reetz, H. 2016. Fertilizers and their efficient use (en línea). First edition, IFA, Paris, 110 p. ISBN 979-10-92366-04-4. Consultado 15 feb. 2023. Disponible en [https://www.fertilizer.org/images/Library\\_Downloads/2016\\_ifa\\_reetz.pdf](https://www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2016_ifa_reetz.pdf)
- Reynoso, D. 2003. Desarrollo de productos de camote para América Latina: Materia seca de las raíces de camote, Identificación de variedades para procesamiento. Informe Técnico final del Proyecto FONTAGRO, CIP - Perú, 98 p.
- Rodríguez-Delfín, A.; Posadas, A.; Quiroz, R. 2014. Rendimiento y absorción de algunos nutrimentos en plantas de camote cultivadas con estrés hídrico y salino. Revista Chapingo Serie Horticultura, 20(1):19-28.
- Shi, L; Li, Y; Lin, L; Bian, X; Wei, C. 2021. Effects of Variety and Growing Location on Physicochemical Properties of Starch from Sweet Potato Root Tuber. Molecules; 26(23):7137.
- Szarvas, A; Herczeg, E; Papp, L; Monostori, T. 2018. The effect of planting density on the yield of sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) lam.] in South-East Hungary in 201. Research Journal of Agricultural Science, 50 (1).
- Szarvas, A; Szél Hódi, M; Monostori, T. 2019. The effect of plant density on the yield of sweet potato. Acta Agraria Debreceniensis, (1):125-128.
- Tang, EN; Ngome, FA. 2022. The Integrated Effects of Fertilizer on Sweet Potato (*Ipomoea Batatas*, Lam,) in Andosol and Nitisol Soils. International Journal of Sustainable Agricultural Research, 9(1):28-45.
- Valverde-Reyes, N; Pinedo-Taco, R. 2022. Índice de sostenibilidad de la producción de camote (*Ipomoea batatas* Lam.): análisis multivariado. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 25 (2022): #128.
- Valverde, N; Blas, R; Pinedo, R. 2020. Caracterización de unidades de producción de camote (*Ipomoea batatas*) en San Luis, Cañete. IDESIA, (38):5-13.

Artículo recibido en: 26 de enero 2023

Aceptado en: 11 de abril 2023