

Densidad de siembra de cuatro variedades de jamaica para el trópico seco del estado de Michoacán

H. Jesús Muñoz Flores¹
Rocío Toledo Aguilar²
J. Trinidad Sáenz Reyes¹
Magali Ruíz Rivas¹
Jesús Zavala Rangel³
Rubén Barrera Ramírez^{4§}

¹Campo Experimental Uruapan-INIFAP. Av. Latinoamericana núm. 1101, Col. Revolución, Uruapan, Michoacán. CP. 60150. (muñoz.hipolitojesus@inifap.gob.mx; saenz.trinidad@inifap.gob.mx; ruiz.magali@inifap.gob.mx). ²Campo Experimental Iguala-INIFAP. Carretera Iguala-Tuxpan km 2.5, Iguala de la Independencia, Guerrero. CP. 4000. (toledo.rocio@inifap.gob.mx). ³Facultad de Agrobiología Pdte. Juárez-UMSNH. Paseo Lázaro Cárdenas núm. 2290, Col. Emiliano Zapata, Uruapan, Michoacán. CP. 60170. (1418888f@umich.mx). ⁴Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo-Postgrado en Ciencias Forestales. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP. 56230.

§Autor para correspondencia: ruben.barrera.ram@gmail.com.

Resumen

El objetivo fue evaluar el efecto del rendimiento de cuatro variedades de jamaica sembradas en dos densidades de siembra: 8 265 (2) y 13 889 (1) plantas ha⁻¹, en condiciones de trópico seco en Michoacán. El diseño experimental fue en bloques completos al azar con arreglo factorial 2 x 4, dos densidades de siembra (factor a) y cuatro variedades (factor b), con nueve repeticiones por tratamiento. Se registraron las variables altura de planta (ATP), diámetro de tallo basal (DTB), número de ramas (NR), peso fresco (PF) y seco (PS) por planta, y rendimiento en fresco (RFRES) y seco (RSEC) por hectárea. Se realizó un Anova ($\alpha=0.05$), prueba de comparación de media (Tukey, 0.05), para determinar el efecto de los factores y sus interacciones (a*b), se realizó también análisis de correlaciones entre las variables registradas. Se encontraron diferencias significativas dentro del factor a ($p\leq 0.05$) para la variable ATP, en densidad 1, la ATP fue de 217 cm y en la densidad 2 de 197 cm. En el factor b se detectaron diferencias altamente significativas ($p\leq 0.05$), la variedad Patriota alcanzó la mayor ATP con 232 cm. No se identificaron diferencias significativas para las variables DBT, NR y PF, PS, en ambos factores ni su interacción. Respecto al rendimiento del peso seco de los cálices en el factor densidades se presentaron diferencias significativas ($p\leq 0.05$), la densidad 2 alcanzó el mayor RSEC con 573.3 kg ha⁻¹. Las variables PF y PS se correlacionaron positivamente con RSEC ($r=0.82$).

Palabras clave: *Hibiscus sabdariffa* L., agricultura de temporal, manejo agronómico, manejo del cultivo, rendimiento.

Recibido: marzo de 2022

Aceptado: mayo de 2022

Introducción

En el estado de Michoacán se siembran 1 780 ha con jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) y las localidades productoras más importantes de este cultivo son La Huacana con 61.1% de la producción total del estado, con un rendimiento promedio de 570 kg ha⁻¹, seguido de Churumuco que aporta 16.7% y Aquila con 16.4% de la producción estatal (SIAP-SADER, 2022). Los rendimientos obtenidos en la región productora del trópico seco de Michoacán, se consideran bajos y se debe a la escasa tecnología que se emplea en los sistemas de producción. A pesar de que es un cultivo adecuado a las condiciones agroclimáticas de la región, es cultivado de manera marginal y de ahí su baja rentabilidad (Burgos, 2019).

La densidad de siembra es un factor de suma importancia que debe considerarse en el manejo de un cultivo y son nulos los trabajos reportados en el país para jamaica. Los pocos estudios con relación a la densidad poblacional en jamaica indican que existe variación en el peso de cálices obtenidos con diferentes densidades de siembra; Babatunde *et al.* (2002) identificaron que la separación entre las plantas de jamaica se correlaciona de manera positiva con la altura de la planta, diámetro de la copa, número de ramas, peso de los cálices y peso de las semillas, lo anterior se debe a que la planta tiene mayor oportunidad de producir ramas.

Por su parte, Terán y Soto (2004) evaluaron seis distancias de siembra, donde los rendimientos se comportaron en correspondencia con las densidades de plantación, obtuvieron 7.5 t ha⁻¹ de cálices frescos en la mayor densidad (13 888 plantas ha⁻¹) y 4.5 t ha⁻¹ en la menor (8 333 plantas ha⁻¹). Además, el rendimiento de cálix deshidratado por planta fue menor en densidades poblacionales altas (10 000 plantas ha⁻¹); sin embargo, su rendimiento aumenta debido a la mayor cantidad de plantas por unidad de superficie. En densidades de 13 888 plantas ha⁻¹, permiten obtener 87% de cálices secos por hectárea, en comparación con densidad de siembra de 8 333 plantas ha⁻¹.

Urbina (2009) menciona que la distancia de siembra es de 1.3 y 0.9 m. Por otra parte, Hidalgo (2013) recomienda 1 m x 0.8 m, con tres semillas por planta. Carrascal *et al.* (2013) con respecto al número de cálices producidos, los mejores resultados se presentaron en las distancias de 1.20 x 1.2 m con 240 cálices por planta, seguido de 1 x 1.2 m con 152 cálices planta⁻¹; además, el promedio de peso más bajo se presentó con un espaciamiento de 1 x 0.8 m, con 10.6 g planta⁻¹, seguido por 1 x 1 m y 0.5 x 1 m con 11 g planta⁻¹ en promedio y el mejor promedio lo presentó el espaciamiento 1.2 x 1.2 m con 11.6 g.

Otros autores como González y Chamorro (2017), evaluaron el efecto de la densidad poblacional sobre el crecimiento y rendimiento de Jamaica, con la variedad Reina Salvadoreña y encontraron que la densidad de 4 444 plantas ha⁻¹ (1.5 x 1.5 m) favoreció el crecimiento del diámetro basal, diámetro de copa y mayor número de cálices, pero no en la altura y número de ramas por planta. Además, mencionan que en densidades altas (10 000 plantas ha⁻¹), se obtienen valores promedio del diámetro basal y de copa menores con relación a las densidades bajas (4 444 plantas ha⁻¹), donde las plantas disponen de mayor espacio. Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el rendimiento de cuatro variedades de flor de jamaica sembradas en dos densidades de siembra en condiciones del trópico seco del estado de Michoacán (El Naim *et al.*, 2012).

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en la localidad ‘El Sifón’, municipio de Gabriel Zamora, Michoacán, que se ubica en las coordenadas 19° 10’ 27.458’’ latitud norte y 101° 55’ 59.005’’ longitud oeste, a una altitud media de 439.95 m, la región a la que pertenece forma parte de la Sierra Madre del Sur del estado (INAFED, 2019). El clima es de tipo Awo (w), cálido subhúmedo con lluvias en verano Köppen modificado por García (2004), la precipitación media anual es de 800 a 1 000 mm, con un porcentaje de lluvia invernal menor a 5 °C y temperaturas que oscilan entre 14 a 36 °C. El suelo es Vertisol pélico, de origen calcáreo, arcilloso y con profundidad superior a 1 m, contenido de materia orgánica de 1.64%, pH de 7.58 y con textura franca arcillo arenoso (20% limo, 25.40% arcilla y 54.6% arena), con 1.99% de materia orgánica. El terreno es ligeramente plano y la vegetación está conformada principalmente por bosque tropical caducifolio (INAFED, 2019).

Caracterización de las variedades

Las variedades Mulata, Estrella Costeña y Patriota, fueron caracterizados en el Campo Experimental Iguala-INIFAP. Mulata (JAM-007-231117): 5-6.5 cm de longitud del cáliz, 4 a 5 cm de ancho de cáliz, 110 días a floración (siembra en junio), 145 días a cosecha, 150-175 cm de altura de planta, 6 ramas planta⁻¹, 900-1 000 kg ha⁻¹ de rendimiento de cálices secos, con alto contenido de antioxidantes y de sabor dulce. Estrella Costeña (JAM-05-231117): 8-9.5 cm de longitud del cáliz, 8.5 a 9.5 cm de ancho de cáliz, 120 días a floración (siembra en junio), 150 días a cosecha, 170-190 cm de altura de planta, 5 ramas planta⁻¹, 1 300 kg ha⁻¹ de rendimiento de cálices secos, alto contenido de antioxidantes y de sabor dulce. Patriota (JAM-008-231117): 6.5 a 8 cm de longitud del cáliz, 5.5 a 7 cm de ancho de cáliz, 120 días a floración (siembra en junio), 165 días a cosecha, 170-200 cm de altura de planta, 5 ramas planta⁻¹, 1 000 kg ha⁻¹ de rendimiento de cálices secos, con alto contenido de antioxidantes y de sabor dulce.

Estrella (testigo): 5.7 cm de longitud del cáliz, 2.9 cm de ancho de cáliz, 102 días a floración, (siembra en julio), 165 días a cosecha, 192-200 cm de altura de planta, 12 ramas planta⁻¹, 440 kg ha⁻¹ de rendimiento de cálices secos, con alto contenido de antioxidantes y de sabor dulce (caracterización propia). De acuerdo con su ciclo vegetativo, estas variedades son consideradas como precoces (136 a 160 días desde la emergencia hasta la cosecha) y de precocidad media (161 a 180 días) (SAGARPA, 2012).

Manejo del experimento

El área experimental fue de 1 473 m², donde se ubicaron las parcelas experimentales. Los tratamientos fueron densidad poblacional 13 889 (1) y 8 265 (2) plantas ha⁻¹, que corresponde a un espaciamiento de 0.9 m x 0.8 m y 1.1 m x 1.1 m, entre plantas y surcos, respectivamente. Se evaluaron las variedades de jamaica: Patriota, Estrella Costeña, Mulata y Estrella (testigo de la región). La siembra se realizó el 30 de junio de 2021, al inicio de la temporada de lluvias, se depositaron 10 semillas por golpe a una profundidad de 1 cm, posteriormente de la emergencia de las plantas, se realizó un aclareo para dejar una planta por punto.

Debido a la presencia del gusano cortador (*Agrotis* spp.), se aplicó Cipermetrina® y Sicoro® 20 EC en dosis de 35 ml de producto en 7 L agua. Además, de hormiga arriera (*Atta mexicana*), para su control se utilizó Patrón ultra® a dosis de 90 g, también se realizaron aplicaciones alternas de Siroco® en dosis de 50 g hormiguero⁻¹, Trompa® (abamectina) y Patrón ultra (imidacloprid) aplicando 120 g hormiguero⁻¹. También, se tuvo presencia de babosas (*Deroceras* spp.) y (*Diabrotica* spp.), para ambas se aplicó Siroco® en dosis de 35 ml de producto en 7 L agua.

Los principales arvenses encontrados en la parcela fueron: lentejilla (*Lepidium virginicum* L.), mala mujer (*Cnidocolus urens*), quelite (*Amaranthus palmeri* Wats.), chayotillo (*Sicyos deppei*), abrojo (*Tribulus terrestris* L.), panguica (*Aldama dentata* La Llave & Lex.), huizache (*Acacias* sp.) entre otras (Rzedowski, 2008). Para su control se aplicó herbicida Fogonazo® a una dosis de 135 ml de producto en 15 L de agua. Al mes de la siembra se fertilizó con Sulfamin 45® (sulfato de amonio, N 21, S 24), con aplicación de 5 g planta⁻¹. En agosto se realizó una escarda y aporcado; además, de un deshierbe manual para eliminar la maleza.

Variables registradas

Se registró la altura de la planta (ATP) en centímetros medido con un estadal metálico, diámetro en la base del tallo (DBT) en milímetros medido con un vernier digital Truper®, número de ramas (NR) con el conteo directo de cada planta marcada, peso en fresco (PF) y peso seco (PS) de los cálices por planta, con una báscula portátil digital Vagalbox® graduada en gramos, la determinación en fresco se realizó posterior al corte (PF) y el peso seco se obtuvo después de secado al aire libre durante siete días. Con los datos de PF y PS se estimó el rendimiento en fresco (RFRES) y seco (RSEC) por hectárea de acuerdo con la densidad del tratamiento.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental en bloques completos al azar con arreglo factorial 2 x 4, dos densidades de plantación (Factor a) y cuatro variedades de jamaica (Factor b), con nueve repeticiones por tratamiento. En tres surcos de 10 m de largo y en el surco central se seleccionaron al azar nueve plantas por tratamiento, cada planta de jamaica representó una unidad experimental. Se realizó un análisis de varianza (Anova) con nivel de significancia ($\alpha= 0.05$), para determinar el efecto de los factores y sus interacciones (a*b) sobre los valores promedio de las variables registradas.

El modelo matemático fue $Y_{ijk}=\mu +A_i+B_j+AB_{ij}+E_{ijk}$. Donde: Y_{ijk} = valor de la variable respuesta de la repetición 1 del nivel i de A y nivel j de B; μ = media general; A_i = efecto del nivel i del factor A (densidad de siembra); B_j = efecto del nivel j del factor B (variedad); AB_{ij} = interacción del nivel i de A y nivel j de B; E_{ijk} = error experimental correspondiente a la repetición k del nivel i de A y j de B. Cuando se presentaron diferencias significativas en los factores evaluados por separado o en interacción, se realizó una prueba de comparación de medias con Tukey ($\alpha= 0.05$) además, se realizó un análisis de correlación de Pearson entre las variables registradas. Los análisis estadísticos se realizaron con el software SAS ver 9.4 (SAS Institute, 2013).

Resultados y discusión

Altura de la planta

En el factor densidad de siembra (a), el Anova mostró diferencias altamente significativas ($p \leq 0.05$) para esta variable (Cuadro 1), la densidad de 13 888 plantas ha^{-1} (1) fue superior con promedio de 217 cm, con relación a la densidad de 8 264 plantas ha^{-1} (2) que obtuvo 197 cm en promedio de altura de planta (Cuadro 2).

Cuadro 1. Análisis de varianza del efecto de densidades de siembra, variedades, y las interacciones en componentes de rendimiento de jamaica.

Fuente de variación	GL	Variables										
		ATP (cm)	DBT (mm)	NR	PS (g)	PF (g)	Rendimiento fresco (kg ha^{-1})	Rendimiento seco (kg ha^{-1})				
Densidad (a)	1	17.87 ***	0.0016 ns	0.56 ns	8.7E-06 ns	0.06 ns	14.38 ***	14.99 ***				
Variedad (b)	3	12.43 ***	0.92 ns	0.73 ns	0.76 ns	0.62 ns	0.82 ns	0.79 ns				
a*b	3	0.68 *	0.27 ns	0.22 ns	0.3 ns	0.43 ns	0.4 ns	0.62 ns				

GL= grados de libertad; ATP= altura de la planta; DBT= diámetro de tallo; NR= número de ramas; ns= no significativo; * = significativas estadísticas ≤ 0.05 ; *** = significativas estadísticas ≤ 0.001 .

Respecto al factor variedades (b), se presentaron diferencias altamente significativas ($p \leq 0.001$) en el Anova (Cuadro 1) y la prueba de Tukey ($p = 0.05$) mostró que la variedad Patriota alcanzó la mayor ATP con un promedio de 232 cm y en un segundo grupo las variedades Mulata, Estrella costeña y testigo presentaron una ATP promedio de 202, 195 y 199 cm, respectivamente (Cuadro 2). En la interacción de los factores a*b, la mayor ATP se registró en la densidad 13 888 plantas ha^{-1} y la variedad Patriota con 247 cm y en la densidad 8 264 plantas ha^{-1} también con la variedad Patriota que alcanzó una altura de 217 cm, con igualdad estadística (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de medias del efecto de densidades de siembra, variedades y sus interacciones en altura de planta y rendimiento de jamaica (Tukey, $p = 0.05$).

Fuente de variación	ATP (cm)	Rendimiento fresco (kg ha^{-1})	Rendimiento seco (kg ha^{-1})
Densidad (a)			
13 888 (1)	217.1 a	4947.6 a	573.3 a
8 264 (2)	196.8 b	2944.8 b	351.2 b
DMS	9.6	1000.4	114.58
Variedad (b)			
Patriota (1)	232 a	3620.4 a	446.9 a
Mulata (2)	201.6 b	4203.3 a	485.9 a
Estrella costeña (3)	194.9 b	4487.4 a	518.1 a
Testigo (4)	199.3 b	3473.7 a	399.9 a
DMS	17.92	505.8	213.98

Fuente de variación	ATP (cm)	Rendimiento fresco (kg ha ⁻¹)	Rendimiento seco (kg ha ⁻¹)
Interacción a*b			
1*1	246.6 a	4752.8 a	570.9 a
1*2	209.6 b	5092.3 a	591.1 a
1*3	207.1 b	5871.5 a	678.9 a
1*4	205.1 b	4073.8 a	452.1 a
2*1	217.4 ab	2473.7 b	321.3 a
2*2	193.6 bc	3314.4 b	379.2 a
2*3	182.7 c	3103.3 b	357.1 a
2*4	193.4 bc	2873.7 b	347 a
DMS	30.11	1695.9	359.45

ATP= altura total planta, letras distintas sobre columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$); DMS= diferencia mínima significativa.

Las diferencias del crecimiento en la altura de la planta se deben principalmente a la competencia por luz solar, lo que repercute directamente sobre su producción por ser una planta fotoperiódica, término que se relaciona con la respuesta de la planta a la longitud del día y noche (Chavarría, 2012), además, entre menor sea la distancia entre plantas (mayor densidad de plantación) éstas compiten por nutrientes, al existir una mayor competencia entre ellas, lo que se ve reflejado en un mayor desarrollo en la altura de las plantas. En la Figura 1, se muestra la interacción entre los factores densidad*variedad para la ATP de jamaica donde se observa mayor crecimiento de la planta para la variedad Patriota en la densidad de 13 888 plantas ha⁻¹.

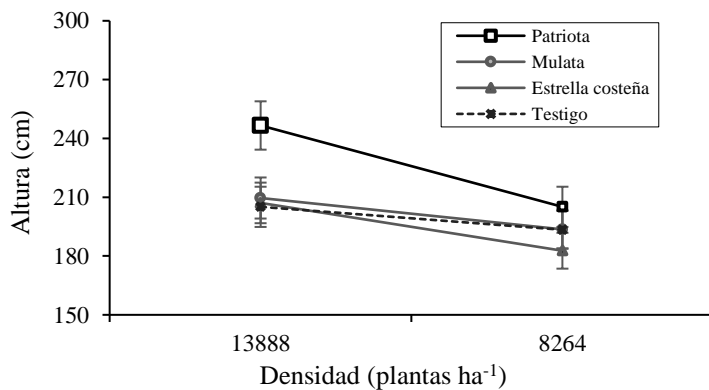


Figura 1. Interacción densidad*variedad en el crecimiento en altura de planta en jamaica. ‘El Sifón’, Gabriel Zamora, Michoacán.

Al respecto, Terán y Soto (2004) en Cuba, encontraron diferencias significativas en altura de plantas de jamaica, a los 90 días después del trasplante, con las densidades más altas (12 345 y 13 888 plantas ha⁻¹), se obtuvieron las mayores alturas, con registro de 104.82 y 102.7 cm en promedio y en las densidades menores (8 333 y 9 260 plantas ha⁻¹), la altura fue menor (80.8 a 70.37 cm, respectivamente). Por lo contrario, González y Chamorro (2017), evaluaron el efecto de la densidad sobre el crecimiento y rendimiento de la variedad Reina Salvadoreña y determinaron que 4 444 plantas ha⁻¹ favoreció el crecimiento en diámetro basal, diámetro de copa y en mayor número de cáliz, no así para altura de la planta y número de ramas (Caro *et al.*, 2012).

Diámetro basal del tallo

En esta variable no se detectaron diferencias significativas para los factores a, b y su interacción (Cuadro 1), presentaron un valor promedio entre 21.63 a 22.36 mm. González y Chamorro (2017), en Nicaragua indicaron que la densidad menor de 4 444 plantas ha⁻¹ favoreció el crecimiento en el diámetro basal, mientras que, con una densidad alta de 10 000 plantas ha⁻¹, el diámetro basal del tallo es menor, condición que se asocia a menor espacio por nutrientes para su desarrollo. Esta afirmación es consistente cuando se comparan densidad de siembra alta contra densidades muy bajas, sin embargo, en este estudio las dos densidades podrían considerarse como altas. Terán y Soto (2004) en Cuba, no observaron una tendencia en seis densidades de siembra, ya que los intervalos del DBT fueron similares de 1.89 a 2.18 cm para 13 888 y 12 345 plantas ha⁻¹ y en densidades de 8 333 a 9 260 plantas ha⁻¹, los DBT fueron de 1.83 a 2.15 cm, respectivamente.

Número de ramas por planta

Para esta variable no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) para los factores a, b y su interacción; sin embargo, a los 71 dds el número de ramas por planta en las cuatro variedades y dos densidades de siembra fue muy similar. A 103 dds, la variedad Estrella costeña con densidad de 13 888 plantas ha⁻¹ mostró el mayor registro con 13 ramas; en la densidad más baja para esta fecha, se obtuvo un promedio de 10 ramas por planta. Para los 134 dds se obtuvieron entre 12 y 14 para todos los tratamientos analizados (Barrera *et al.*, 2019).

En este caso, el número de ramas no fue significativa, pero si la altura de la planta, al respecto se sabe que la planta utiliza la energía disponible para aumentar la elongación del tallo y no en generar más ramas (Salisbury, 1992). De ahí que, para esta especie se recomienda la poda apical para estimular la formación de ramas. Salinas y Bustillo (2012) identificaron mayor número de ramas en densidades bajas de 12 500 a 16 600 plantas ha⁻¹, con 6 ramas por planta. Por lo contrario, González y Chamorro (2017), detectaron que la densidad baja favoreció el crecimiento en diámetro basal, diámetro de copa y mayor número de cáliz, no así para el número de ramas por planta.

Peso fresco de cálices

La variable de peso fresco por planta no mostró diferencias entre los tratamientos para ambos factores y su interacción, pero si se obtuvo diferencias para el factor densidad de siembra en rendimiento de cáliz frescos por hectárea (Cuadro 1). La prueba de comparación de medias (Tukey, $p > 0.05$) con respecto a la densidad, mostró que el mayor rendimiento se obtuvo en la densidad alta de 13 888 plantas ha⁻¹, con un promedio de 4 947.6 kg ha⁻¹, mientras que la densidad baja de 8 264 plantas ha⁻¹, alcanzó un promedio de 2 944.8 kg ha⁻¹ en fresco de los cálices (Cuadro 2). Para el factor variedades no se detectaron diferencias significativas, todas las variedades mostraron un comportamiento similar de 3 473.7 a 4 487.4 kg ha⁻¹ (Cuadro 2).

En la interacción entre densidad*variedad, se identificaron dos grupos, en el grupo a donde se engloba a todas las variedades con la densidad de siembra 13 888 plantas ha⁻¹, con un rendimiento promedio entre 4 073.8 a 5 871.5 kg ha⁻¹, el mayor rendimiento en fresco se detectó en la variedad Estrella Costeña y el menor en el testigo regional.

En el grupo b, que englobó a las cuatro variedades en la densidad baja de 8 264 planta ha⁻¹, el rendimiento en fresco varió de 2 473.7 a 3 314.4 kg ha⁻¹ (Figura 2). En comparación del mayor rendimiento (5 861 kg ha⁻¹ obtenido en la densidad 1 con la variedad Estrella Costeña) con el menor (2 874 kg·ha⁻¹, obtenido en la densidad 2 y el testigo regional), se tiene una diferencia de 2 987 kg ha⁻¹ de peso en fresco de los cálices de jamaica a favor de la variedad Estrella Costeña, que representa un aumento en el rendimiento del peso fresco de 51%.

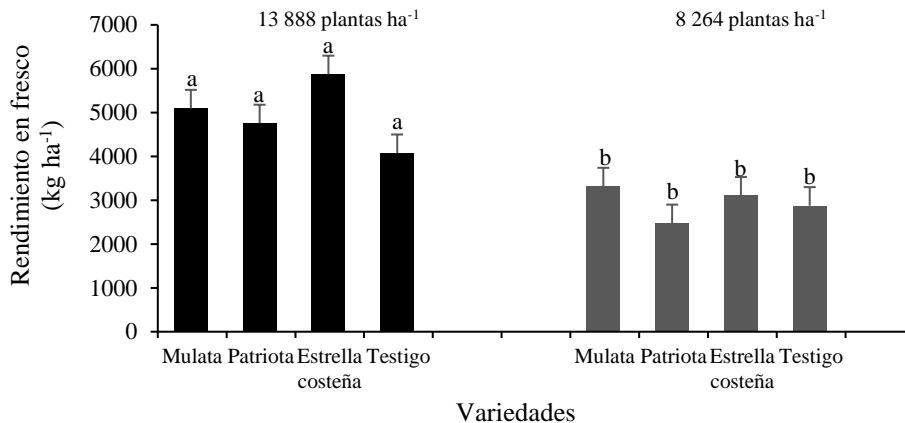


Figura 2. Rendimiento en fresco de cálices de cuatro variedades de jamaica establecidas en dos densidades de siembra. El Sifón, Gabriel Zamora, Michoacán.

Para Terán y Soto (2004), los rendimientos superiores se obtuvieron en las mayores densidades (13 888 y 12 345 plantas ha⁻¹), donde las densidades de plantación se comportaron en correspondencia con los rendimientos, y reportaron 7.5 t ha⁻¹ de cálices frescos en la mayor densidad y 4.5 t·ha⁻¹ en la menor. De igual forma, Salinas y Bustillo (2012) reportaron el mayor rendimiento en densidad alta de 50 000 planta ha⁻¹ con siembra en septiembre, y un rendimiento de 8 835 kg ha⁻¹.

Rendimiento de cálices secos

En peso seco por planta no se obtuvo diferencias entre los tratamientos para ambos factores y su interacción; sin embargo, en el factor densidad de siembra para el rendimiento por hectárea de cálices secos, se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) (Cuadro 1). En la densidad 1 (13 888 plantas ha⁻¹) presentó el mayor rendimiento promedio de 573.27 kg ha⁻¹, mientras que, en la densidad 2 (8 264 plantas ha⁻¹) fue de 351.17 kg ha⁻¹, con una diferencia de 222.1 kg ha⁻¹ (Figura 3).

Por su parte, Terán y Soto (2004), indican que con densidades de 13 888 plantas ha⁻¹, se obtiene 87% más de cálices secos por hectárea en comparación de una densidad menor de 8 333 plantas ha⁻¹, lo que coincide con los resultados obtenidos en la presente investigación. En el factor variedades no se presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$), ni en la interacción densidad*variedad (Cuadro 1). Sin embargo, numéricamente se obtuvo mejor rendimiento para las cuatro variedades en la densidad de 13 888 plantas ha⁻¹, donde el rendimiento más alto lo obtuvo la variedad Estrella Costeña con un rendimiento de cálices secos de 679 kg ha⁻¹, seguido de la variedad Mulata y Patriota con rendimiento de 591 y 571 kg ha⁻¹ respectivamente. Los más bajos rendimientos en peso seco para ambas corresponden a la variedad testigo (Estrella) con 452.1 y 347 kg ha⁻¹ (Figura 3).

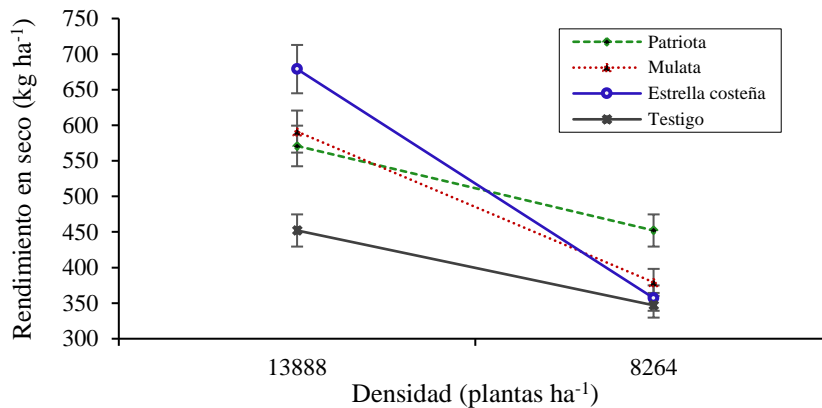


Figura 3. Interacción densidad*variedad para el rendimiento en seco de cálices de jamaica. El Sifón, Gabriel Zamora, Michoacán.

Al comparar los resultados del rendimiento de este estudio obtenidos con la variedad Estrella Costeña, se tiene un aumento promedio de 100 kg ha^{-1} en el rendimiento por hectárea, respecto con los rendimientos reportados en 2019 en Michoacán de 570 kg ha^{-1} (SIAP-SADER, 2022), con un promedio de venta de \$71.00, se obtendría una ganancia extra de 7 100.00 pesos. De igual manera, al contrastar los rendimientos a nivel nacional (430 kg ha^{-1}); sin embargo, no se supera a lo reportado en Morelos, 980 kg ha^{-1} de cálices secos (SIAP-SADER, 2022).

Al respecto, González y Chamorro (2017), en Nicaragua, con una densidad de $10\,000 \text{ plantas ha}^{-1}$, alcanzó el mayor rendimiento de $1\,087.7 \text{ kg de MS ha}^{-1}$. Además, concuerdan con Terán y Soto (2004), quienes mencionan que, en densidades altas, permite obtener 87% más de cálices secos por hectárea en comparación a densidades menores, donde el rendimiento fue más bajo.

Correlación entre variables

Se detectó correlación positiva y altamente significativa entre el peso seco de los cálices y peso en fresco ($r=0.95$, $p<0.0001$); es decir, entre mayor peso fresco se obtenga de los cálices habrá mayor peso en seco, lo que se correlaciona directamente con el rendimiento por hectárea ($r=0.82$, $p<0.0001$; $r=0.86$, $p<0.0001$). La variable del DBT resultó correlacionada ($r=0.63$, $p<0.0001$) con el NR, lo cual indica que a mayor grosor de tallo se obtiene mayor cantidad de ramas. También el DBT está correlacionado ($r=0.6$, $p<0.0001$) con el PS, a mayor DBT aumenta el peso seco de los cálices, lo que es favorable para soportar una mayor carga en la planta.

Si bien la densidad de siembra es un factor que no mostró correlación directamente con el rendimiento por hectárea, si es un factor que afecta otros aspectos como en el desarrollo de la planta, crecimiento en ATP y DBT en este caso, ya que estas variables están correlacionadas directamente con la producción de cálices de las plantas de jamaica, por lo tanto se apreció que a densidades altas, aumenta el PF de los cálices y de igual manera el PS, demostrando que es conveniente establecer cultivos con las variedades Patriota, Mulata, Estrella Costeña y Testigo (estrella) en densidades de al menos $13\,888 \text{ plantas ha}^{-1}$ (densidad 1), ya que tal y como lo señalan varios autores, a mayor densidad aumenta el número de cálices y por lo tanto el rendimiento en fresco y seco por hectárea será mayor.

Para esta región que se encuentra dentro del trópico seco del estado de Michoacán, los resultados obtenidos con las cuatro variedades (incluida el testigo local) superan hasta 65% a los que comúnmente se han reportado para la zona y localidades aledañas (SIAP-SADER, 2022). Por lo tanto, los resultados obtenidos en la presente investigación son de importancia para mejorar la producción del cultivo de jamaica en esta región del estado de Michoacán, pero también se deben de tomar en cuenta otros aspectos importantes como el manejo integrado del cultivo y comercialización final del producto, o bien en productos secundarios y derivados de la jamaica.

Conclusiones

La densidad de siembra fue determinante para incrementar el rendimiento por hectárea de cálices en fresco y seco, con 13 888 plantas ha⁻¹ se obtuvo el mayor rendimiento con 4 947.6 y 573.27 kg ha⁻¹. Con esta densidad de siembra, las plantas crecieron más que con la densidad menor. Las cuatro variedades evaluadas mostraron un comportamiento similar para todas las variables, y numéricamente la variedad Estrella Costeña mostró el mejor rendimiento en fresco y seco (4 487.4 y 518.3 kg ha⁻¹) en ambas densidades. Pero con la interacción en la densidad 13 888 plantas ha⁻¹, Estrella Costeña obtuvo 679 kg ha⁻¹, lo cual supera a la media reportada para la región, y se obtienen un incremento de 17% en la producción promedio, con un aumento de ganancia de \$7 029.00 pesos.

Las variables peso en fresco y peso en seco, fueron las que presentaron la mayor correlación con el rendimiento ha⁻¹ con valores superiores a ($r= 0.82$), y un grado de confianza de 99.9%. Con menor correlación se detectó al diámetro basal del tallo con el número de ramas y peso de cálices seco por planta. Si se utiliza la variedad Estrella Costeña con densidad de 13 888 plantas ha⁻¹ se obtiene del 15 a 20% de incremento en el rendimiento por hectárea, en condiciones del trópico del estado de Michoacán.

Literatura citada

- Babatunde, F. E.; Oseni, T. O.; Auwalu, B. M. and Udom, G. N. 2002. Effect of sowing dates, intra-row spacings and nitrogen fertilizers of the productivity of red variant roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Pertanika J. Trop. Agric. Sci. Pertanika J. Tropical Cienc. Agríc.* 25(2):99-106.
[http://www.pertanika.upm.edu.my/pertanika%20papers/jtas%20vol.%2025%20\(2\)%20sep.%202002/04%20jtas%20vol.25%20\(2\)%202002%20\(Pg%2099-106\).pdf](http://www.pertanika.upm.edu.my/pertanika%20papers/jtas%20vol.%2025%20(2)%20sep.%202002/04%20jtas%20vol.25%20(2)%202002%20(Pg%2099-106).pdf).
- Barrera, P. O. T.; Burgos, A. L.; López, M. M. y Reina, G. J. L. 2021. Intervención para la innovación rural en cooperativas de jamaica orgánica del trópico seco mexicano. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento.* 23(11):1-22. Doi: 10.22201/enesl.20078064e.2021.23.78964.
- Burgos, A. L. 2019. Conservación y producción orgánica: El caso de la jamaica en la Huacana (Michoacán, México). *In: La biodiversidad en Michoacán. Estudio de estado. Comisión Nacional de la Biodiversidad (CONABIO). México, DF. 109-114 pp.*
- Caro, V. F. J.; Machuca, S. M. L y Flores, B. E. P. 2012. El cultivo de jamaica en Nayarit. Segunda edición. Universidad Autónoma de Nayarit. Nayarit, México. 103 p.
- Carrascal, O. R. y Vergara, J. R. A. 2013. Evaluación de cuatro distancias de siembras de la Flor de jamaica *Hibiscus sabdariffa* L. en la vereda kilómetro tres del municipio de Yondó, Antioquia. *Revista Citecsa.* 3(5):54-73.

- Chavarría, P. M. 2012. Guía: Flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) e (*Hibiscus cruentus* Bertol). Chinandega-Nicaragua. Asociación para el Desarrollo Eco-Sostenible (ADEES). <https://bit.ly/2N09Obx>.
- El-Naim, A. M.; Ibrahim, M. I.; Mohammed, E. A. R. y Elshiekh, A. 2012. Evaluation of some local sorghum (*Sorghum Bicolor* L. Moench) Genotypes in Rain-Fed. Inter. J. Plant Res. 2(1):15-20.
- García, E. A. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www.librosoa.unam.mx/handle/123456789/1372>.
- González, M. Á. J. y Chamorro, Í. M. A. 2017. Efecto de la densidad poblacional sobre el crecimiento y rendimiento de la flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.). Agronomía & Ambiente. 37(2):131-138.
- Hidalgo, S. G. 2013. Manual técnico del cultivo de rosa de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) 'Rosicta' (en línea). Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola: 27. [http://www.icta.gob.gt/publicaciones/Miscelaneos/Manual técnico del cultivo de rosa de jamaica ROSICTA](http://www.icta.gob.gt/publicaciones/Miscelaneos/Manual_técnico_del_cultivo_de_rosa_de_jamaica_ROSICTA).
- INAFED. 2019. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Municipio de Apatzingán. Medio físico y descripción de los municipios de Michoacán. <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/municipios/16006a.html>.
- Montiel, G. C.; Gallegos, T. A.; Ortega, G. A. M.; Bautista, F.; Gopar, M. F. y Velázquez, A. 2019. Análisis climático para la agricultura de temporal en Michoacán, México. Ecosistemas y recursos agropecuarios. 6(17):307-316.
- Rzedowski, J. R. y Calderón, de R. G. 2008. Familia Compositae, Tribu Heliantheae I (géneros Acemella-Jefea). Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Pátzcuaro, Michoacán. Instituto de Ecología, AC, Centro Regional del Bajío. 157-159 pp.
- SAGARPA. 2012. Guía técnica para la descripción varietal de Jamaica [*Hibiscus sabdariffa* (L.) Torr.]. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). Estado de México. 32 p. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/120828/Jamaic>.
- Salinas, E. C. E. y Bustillo, O. A. M. 2012. Evaluación del rendimiento del cultivo Rosa de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) en tres fechas y cuatro distancias de siembra en el Campus Agropecuario UNAN-León, ciclo 2011. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Facultad de Ciencias y Tecnología, Departamento de Agroecología. 50 p.
- Salisbury, F. B. 1992. Fisiología vegetal. (Ed.). Iberoamérica. México, DF. 759 p.
- SAS Institute. 2013. Base SAS® 9.4 Procedures Guide: Statistical procedures. Second edition. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 220-245 pp.
- SIAP-SADER. 2022. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Anuario estadístico de la producción agrícola 2019 en México. Jamaica. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Ciudad de México <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- Terán, Z. y Soto, F. 2004. Evaluación de densidades de plantación en el cultivo de la jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.). Cultivos Tropicales. 25(1):67-69. <http://www.redalyc.org/pdf/1932/193230179011.pdf>.
- Urbina, T. F. 2009. Cultivo de flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) y *Hibiscus cruentus* Bertol. Chemonics International. Cuenta Reto del Milenio, Managua, Nicaragua. Programa de Diversificación Hortícola. 1-9 pp.