

Morfometría y rendimiento de *Capsicum chinense* Jacq. en Arteaga, Michoacán

María Luisa Ontiveros-Sajuan¹

Jonathan Hernández-Ramos²

J. Jesús García-Magaña¹

Yolanda Beatriz Moguel-Ordóñez^{3,§}

Jesús Herrera-Basurto¹

1 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo-Facultad de Agrobiología. Paseo Lázaro Cárdenas 2290, Emiliano Zapata, Melchor Ocampo, Uruapan, Michoacán, México. CP. 60170. (luisa.osj@hotmail.com; jesus.magana@umich.mx, mcjhbasurto@hotmail.com).

2 Campo Experimental Chetumal-INIFAP. Carretera Chetumal-Bacalar km 25, Xul-Ha, Othón P. Blanco, Quintana Roo, México. CP. 77930. (hernandez.jonathan@gmail.com).

3 Campo Experimental Mocochoá-INIFAP. Antigua carretera Mérida-Motul km 25, Mocochoá, Yucatán, México. CP. 97454.

Autora para correspondencia: moguel.yolanda@inifap.gob.mx.

Resumen

En México, la producción de *Capsicum chinense* se limita debido al nivel tecnológico utilizado, incidencia de plagas y enfermedades y deficiente control de nutrición y riego. El objetivo fue evaluar la respuesta morfológica y de producción en *C. chinense* sometidos a seis tratamientos de fertilización bajo malla sombra en Arteaga, Michoacán, México. Se realizó un análisis de Pearson (r) para identificar correlaciones entre las variables morfológicas de las plantas en las que se evaluaron cinco tratamientos de nitrógeno-fósforo-potasio (NPK) y un testigo bajo un diseño de bloques completos aleatorizados con 10 repeticiones y un modelo lineal mixto (MLM). El valor de r reporta una correlación entre el rendimiento (g) y las dimensiones de diámetro foliar ($r= 0.622$) y base ($r= 0.497$). El Anova y la prueba de separación de medias de Tukey ($\alpha= 0.05$), señalan una diferenciación en las dimensiones de las plantas en la altura y diámetros basal y foliar, así como índice de esbeltez diverso a los 45 días posterior al trasplante. Tanto en el rendimiento ratificado a través del MLM y la morfometría, el tratamiento N240-K240-P240 fue el de mayor producción por planta. Los frutos obtenidos en este trabajo fueron de primera calidad, ya que el peso fue mayor a 6.5 g y el rendimiento promedio fue de 584 g planta⁻¹ en 10 cortes aplicados. Debido al rendimiento obtenido, el cultivo de esta hortaliza es una atractiva alternativa económica para esta región del país.

Palabras clave:

agricultura protegida, chile habanero, producción de hortalizas.



License (open-access): Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia **Creative Commons**

Introducción

En México, la producción de *Capsicum chinense* Jacq. (chile habanero), ha sido limitada debido al bajo nivel de tecnología en la producción, incidencia de plagas y enfermedades e insuficiente control de nutrición y riego (Rincones, 2009; Huez, 2013). Los requerimientos nutricionales para *C. chinense* indican que el uso de dosis de fertilización como medida para incrementar la productividad, es una actividad que se debe de analizar e implementar acorde a las condiciones de crecimiento.

El cultivo de chile habanero tiene una alta demanda de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), que según se ha documentado propician un incremento en el rendimiento y calidad del fruto (Borges *et al.*, 2010). Los problemas fitosanitarios de *C. chinense* hacen que esta actividad agrícola se torne poco rentable, por lo que buscar alternativas de producción como el sistema de cultivos protegidos con malla sombra brinda protección contra la excesiva exposición a radiación solar, lluvias torrenciales, vientos intensos y controlan el acceso a plagas y agentes orgánicos que son factores que repercuten de manera negativa en el desarrollo de las plantas, rendimiento y calidad del fruto (Santoyo y Martínez, 2012).

C. chinense, se cultiva en el sureste de México, principalmente en Yucatán que cuenta con la mayor producción y se reporta una superficie ≈ 708 ha, seguido por Tabasco, Campeche y Quintana Roo, donde los rendimientos en estas regiones del país varían de 10-30 t ha⁻¹, los cuales dependen del nivel de tecnificación empleado (Tucuch *et al.*, 2012; Latournerie *et al.*, 2015).

El 50% del área dedicada a esta hortaliza se siembra con materiales criollos y el resto con variedades de polinización libre con un área mínima de híbridos de reciente formación (Ramírez *et al.*, 2018). En Michoacán, *C. chinense* se produce normalmente en la zona de transición climática de templado a tropical en el municipio de Tacámbaro donde se siembran pequeñas superficies ya que su productividad se limita por condiciones ambientales y un deficiente manejo del cultivo.

En Michoacán no existe un control a nivel de variedad para este cultivo, además, la producción aún está lejos de cubrir la demanda, lo que propicia un precio elevado debido a sus propiedades organolépticas y alto grado de pungencia (Tapia *et al.*, 2016). Debido al área restringida de producción en Michoacán y demanda en el mercado, se considera indispensable ampliar la superficie de producción, promover un cultivo rentable en las zonas rurales de climas tropicales e implementar alternativas agronómicas viables para estas regiones.

Se planteó el objetivo de evaluar la respuesta morfométrica y el rendimiento de plantas de *C. chinense* sometidas a tratamientos de fertilización bajo malla sombra en Arteaga, Michoacán, México, bajo la hipótesis de que los distintos esquemas de nutrición empleados para *C. chinense* tienen influencia sobre el desarrollo y características de la planta, forma del fruto cosechado y rendimiento comercial.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en Espinoza, municipio de Arteaga, Michoacán, ubicado en las coordenadas 18° 28' 33.9" de latitud norte y 102° 15' 28.5" de longitud oeste, a una altitud de 952 m. El trabajo de campo abarcó de junio a diciembre de 2020, se empleó la técnica de agricultura protegida en donde el cultivo se cubrió con una malla sombra de 50% de intercepción de luz que mantuvo una temperatura promedio entre 19° C-30 °C, evaluada con un termómetro - higrómetro digital mod. HTC-2.

Previo al establecimiento del experimento, se propagaron 120 plántulas en una charola de poliestireno de 25 cm³ de capacidad, con mezcla de sustrato basada en peat moss-perlita (70-30%). La siembra se realizó a 1 mm de profundidad y las cavidades se cubrieron con plástico negro para mantener la temperatura y humedad hasta el desarrollo del embrión (Ramírez *et al.*, 2016). A 12 días de la siembra (dds) y posterior a la germinación, se retiró la cubierta plástica para incentivar el desarrollo del sistema radical y aéreo; a los 20 y 30 dds se aplicó un enraizador base de lenteja remojadas a razón de 5 ml planta⁻¹.

Las bolsas de polietileno negro de 30 x 30 cm, se llenaron con sustrato disponible en la región; tierra de monte cribada para eliminar elementos grandes e impurezas (regosol) y materia orgánica en descomposición del mismo suelo al 50-50%. Se seleccionaron 60 plántulas sin presencia de plagas o enfermedades con el mayor desarrollo para realizar el trasplante, el cual se hizo a los 60 dds cuando los individuos presentaron ocho hojas verdaderas, altura de 5 cm y 2 mm de diámetro basal en promedio (López *et al.*, 2018).

La separación entre plantas fue de 35 cm y 70 cm entre hileras (Ramírez *et al.*, 2016) (Villa *et al.*, 2010). El riego se realizó de acuerdo con las necesidades de la planta, en la etapa de germinación 20 ml planta⁻¹ día⁻¹, en el trasplante 0.5 L planta⁻¹ día⁻¹ y posterior de 1 L planta⁻¹ día⁻¹ (Medina, 2016). Se aplicaron riegos dos veces al día (9:00 y 18:00 h), estos se suspendieron en días nublados o con precipitación para reducir las probabilidades de enfermedades fungosas o problemas de manejo.

El programa nutrimental se estableció de acuerdo con INIFAP (1997); Tun (2001); Soria *et al.* (2002) para la producción de *C. chinense*, las cuales se encuentran en un intervalo de dosificación de 95-250 kg ha⁻¹ de NPK. Se evaluó el testigo (T6) que son plántulas sin fertilización, y cinco niveles de NPK. Las dosis de nutrimentos (tratamientos) fueron: 240-240-240 (T1), 120-120-120 (T2), 100-100-100 (T3), 160-160-160 (T4) y 200-200-200 (T5), las plantas se ubicaron bajo malla sombra en arreglo de un diseño de bloques completos aleatorizados (DBCA) con 10 repeticiones.

La nutrición se inició ocho días después del trasplante (Borges *et al.*, 2010) disolviendo el fertilizante en 2.5 L de agua correspondiente a cada tratamiento y se aplicó manualmente (250 ml de solución planta⁻¹). Esta actividad se realizó cada siete días y se suspendió cuando se presentó el primer fruto fisiológicamente maduro (Tun, 2001).

Cuando las plantas alcanzaron una altura ≈22 cm, se realizó la eliminación de brotes laterales por debajo de la primera bifurcación para evitar que dañasen al epicótilo, no compitieran por nutrientes, influyeran negativamente en la emisión de flores, efectividad de la polinización y amarre de frutos; además, se eliminaron las hojas localizadas por debajo de la primera bifurcación (Medina, 2016; Villegas, 2016). Al mes de trasplante con el fin de evitar la ruptura de tallos y ramas, se colocaron tutores de madera de 70 cm para mantener las plantas erguidas (Macías *et al.*, 2013).

En la evaluación de las características morfológicas de cada planta por bloque y tratamiento, se midieron las variables: altura de planta (Alt, cm), diámetro basal (Db, mm), diámetro foliar (Df, cm) e índices de esbeltez (Ie: Alt/Db) y saliente (Is: Alt/Df). La forma del fruto y el rendimiento comercial por tratamiento se realizó en 10 cosechas cada cuatro días, donde se cuantificaron el número de frutos por planta (Num), diámetro ecuatorial (dec, mm), longitud (long, cm) y peso de cada chile (Rend, g) (Borges *et al.*, 2010; López *et al.*, 2020).

Los datos de long y dec se promediaron por planta y tratamiento, en tanto que se sumó el peso de cada fruto para obtener el rendimiento en kg planta⁻¹. La medición de la Alt, Db y Df de las plantas se inició cuando los individuos presentaron ocho hojas verdaderas, Alt > 5 cm y 2 mm de Db. Con un flexómetro de cadena mod. MGA 3619 se midió la Alt y el Df, la primera se determinó desde la base del tallo hasta el ápice y el segundo se obtuvo al medir en cruz la copa de la planta y promediar el valor; el Db se obtuvo a 2 cm por encima del sustrato con un vernier digital pie de rey análogo plástico.

Con estos datos se calcularon los índices de esbeltez (Ie: Alt/Db) y saliente (Is: Alt/Df). La determinación de las variables Num, de, long y Rend, se evaluaron a partir de los 75 días después del trasplante (ddt) cuando las plantas presentaban su máximo desarrollo y en su mayoría frutos maduros. Para la primera variable se realizó el conteo y registro de los frutos cosechados, el de se determinó al medir el ancho en mm de cada fruto y la longitud se consideró desde la base del cáliz hasta el ápice del chile, se midió con una regla graduada de 30 cm y un vernier digital, el peso de cada fruto y rendimiento en kg planta⁻¹ se obtuvo con una báscula digital marca Escali.

El análisis de varianza (Anova) para las variables Alt, Db, Df, Ie, Is, Num, de, long y Rend, se procesó en el programa Rstudio[®] mediante la función aov (Chambers *et al.*, 1992) en donde se contrastaron las hipótesis de igualdad de medias entre los tratamientos (Ho) contra la hipótesis

alternativa la cual considera que al menos uno de los tratamientos es diferente al resto (Ha), ambos con un nivel significativo de 0.05.

El modelo matemático planteado para este diseño fue: $Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + e_{ij}$, $i = 1, \dots, 6$; $j = \dots, 10$. Donde: y_{ij} = variable dependiente por tratamiento i , del bloque j ; μ = efecto medio global; T_i = efecto por tratamiento; B_j = efecto de bloque; y e_{ij} = error (Martínez-González *et al.*, 2006) (Infante y Zarate, 2012).

Se calcularon los coeficientes de variación (CV) y la diferencia mínima significativa (DMS), además, se evaluó el cumplimiento de los supuestos de regresión de normalidad y homocedasticidad de los residuales mediante la prueba de Shapiro-Wilk (SW) y Bartlett, respectivamente (Martínez-González *et al.*, 2006). Para ambas pruebas se utilizó la regla de decisión en el valor de W (Shapiro-Wilk) y K^2 (Bartlett) a un nivel de confiabilidad del 99% ($p > 0.01$) (Infante y Zarate, 2012).

La agrupación de medias fue a través de la prueba de t de Tukey al considerar un $\alpha = 0.05$ (RStudio Team, 2020). Debido a que se dispone de múltiples variables morfométricas que podrían afectar el rendimiento de *C. chinense*, se construyó una matriz de correlación para identificar tendencias y grado de asociación a de las variables través de valor del coeficiente de Pearson (r): $r = 0$ indicaran nula correlación entre las variables, valores de $r < 0.3$ corresponden a una asociación débil, cuando $0.3 \leq |r| \leq 0.7$ la asociación es moderada, y valores de $r > 0.7$ denotar una correlación fuerte (Martínez-González *et al.*, 2006).

Con la variable de mayor asociación, se ajustó un modelo lineal sin intercepto para predecir el rendimiento por planta con la inclusión del efecto aleatorio por tratamiento de la forma siguiente: $y = b + b_i * x + e$ (Pinheiro *et al.*, 2019), donde y es el rendimiento o producción de chiles por planta (g), b es el parámetro relacionado con la variable x , y b_i el parámetro relacionado tratamiento y e el término de error.

Resultados

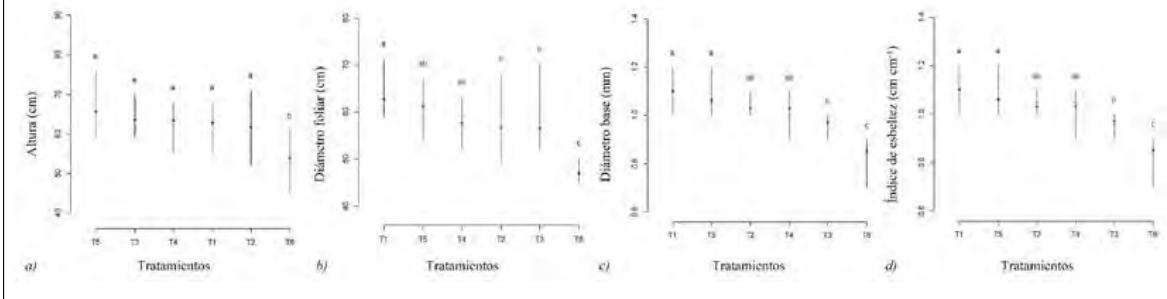
El Anova por medición para las variables morfométricas de Alt, Db, Df e le mostraron que, hasta el sexto registro (45 ddt), se encontraron diferencias significativas, posterior a ello, se empezaron a diferencias las plantas por tratamiento hasta la medición 9 donde se terminó de realizar el registro morfométrico. El Anova para las variables Alt, Db, Df e le señaló diferencias significativas, ya que los valores de F para los tratamientos fueron de 10.61 (residual: 15.706), 19.07 (residual: 15.813), 17.52 (residual: 0.004) y 4.13 (residual: 0.002), respectivamente, con un valor de probabilidad en todos los casos $p < 0.05$.

El rango del valor crítico estandarizado para estos análisis fue de 4.21 y la DMS fue muy semejante en las distintas mediciones realizadas, mientras que, CV disminuyó a medida que las plantas en cada tratamiento se hacían más longevas e incrementaban sus dimensiones. Para las variables Alt, Db, Df e le el Anova del último registro (medición 9) señala CV de 6.411, 6.981, 6.589 y 7.368, respectivamente, con valores de DMS de 5.274, 5.292, 0.088 y 0.061 para cada variable.

Se observa el cumplimiento de los supuestos de regresión de normalidad en la frecuencia de los residuales con valores de SW entre 0.978-0.98 y probabilidad $p > 0.05$, mientras que, la distribución homocedástica de los residuales en las variables de Alt (K^2 : 2.46), Db (K^2 : 11.78), Df (K^2 : 5.72) e le (K^2 : 0.78) fueron en todos los casos no significativos ($\alpha > 0.05$).

La agrupación de las variables de interés (t -Tukey) señaló que el tratamiento 1 (N240-K240-P240) sobresalió del resto en las dimensiones de Df, Db e le y con una menor respuesta resultó el testigo (Figura 1, T6). Se puede inferir que la Alt de las plantas no fue un indicador confiable para diferenciar la respuesta de *C. chinense* a distintos tratamientos, ya que la prueba de separación de medias no mostró diferencias entre los tratamientos, pero si con el testigo.

Figura 1. Agrupación por t-Tukey de novena medición para las variables en *Capsicum chinense*.



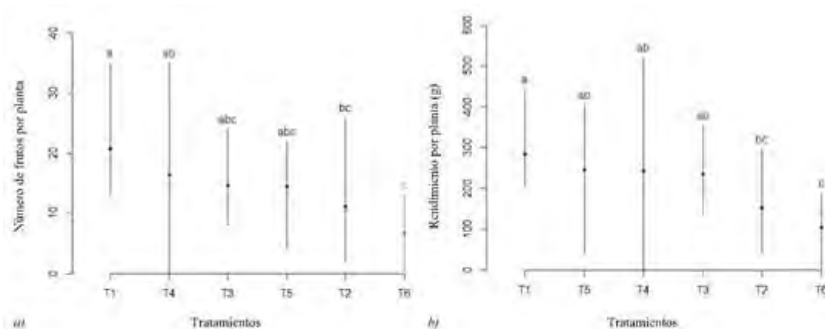
Sin embargo, las dimensiones de los diámetros e le evaluados si pueden tomarse como referencia de selección de planta y posible productividad, en donde los tratamientos T1 y T5 fueron los mejores de manera consistente, ya que presentaron en promedio los mayores valores (Figura 1).

El Anova reportó que para las variables de número de frutos ($F= 5.267$, $p= 0.0007$, $CV= 47.15$) y rendimiento planta⁻¹ ($F= 5.447$, $p= 0.0005$, $CV= 43.74$) existen diferencia significativa entre los tratamientos y se cumple con los supuestos de normalidad ($SW= 0.97$, $p= 0.1494$ y $SW= 0.99$, $p= 0.6869$) y homocedasticidad ($K^2= 12.2$, $p= 0.03213$ y $K^2= 10.94$, $p= 0.05212$). Para el diámetro y longitud de fruto no se cumplieron con los supuestos de regresión de normalidad ($SW= 0.85$, $p< 0.0001$ y $SW= 0.83$, $p< 0.0001$) y homocedasticidad ($K^2= 29.24$, $p< 0.0001$ y $K^2= 16.8$ $p= 0.005$), por tal motivo, se decidió procesar los datos bajo el análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis.

Para solventar el incumplimiento de la normalidad y homocedasticidad en el diámetro y longitud de fruto, se realizó la transformación de las variables a x^2 , raíz(x), $1/x$ y $\log(x)$ (Zar, 2010). Se corrió la prueba de Levene para ambas variables (Fox y Weisberg, 2019), en la cual se identificó una homogeneidad de la varianza entre los tratamientos ($F\text{-value}= 0.4516$, $Pr>F= 0.8103$; $F\text{-value}= 0.4883$, $Pr>F= 0.7835$) y da la pauta para utilizar el análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis (Fox, 2016).

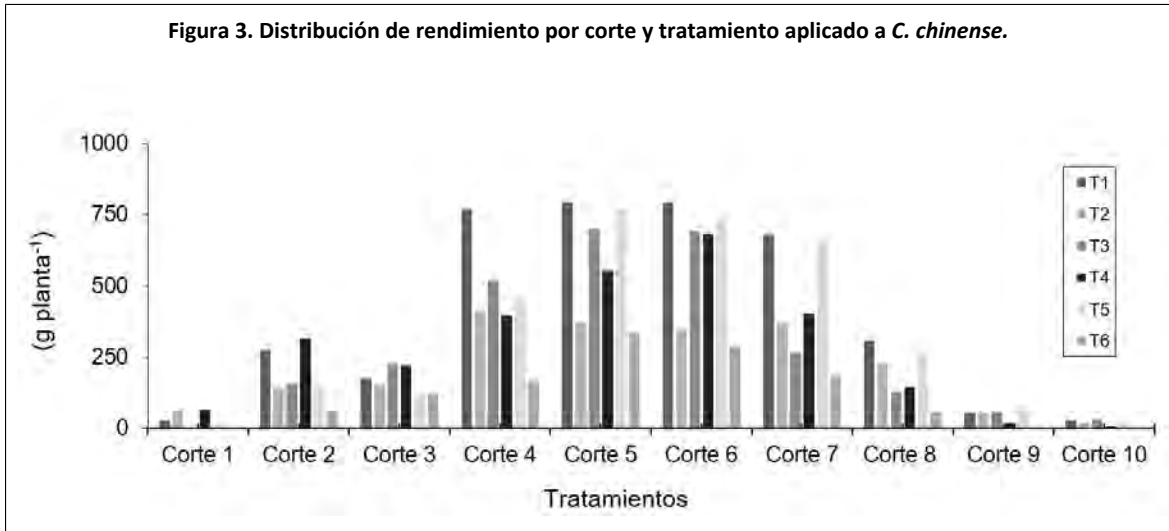
En la prueba de Kruskal-Wallis se identificó que no existen diferencias significativas entre las dimensiones del diámetro y longitud de fruto como respuesta a la aplicación de los distintos tratamientos ($\chi^2= 7.9532$, $p\text{-value}= 0.1588$; $\chi^2= 2.2205$, $p\text{-value}= 0.8179$), por lo tanto, se aceptó la H_0 de igualdad de medias entre los tratamientos. Para las variables de número de frutos y rendimiento planta⁻¹ (g), se observó una diferencia significativa entre los tratamientos, en donde el tratamiento 1 (240-240-240) es el que sobresalió de los demás y es el de mayor respuesta, mientras que, el testigo y el tratamiento 2 (120-120-120) fueron distintos entre sí, pero tuvieron la menor respuesta en el número de frutos y rendimiento planta⁻¹ (Figura 2).

Figura 2. Agrupación por Tukey para el diseño experimental aplicado en *Capsicum chinense*.



Al verificar estas diferencias estadísticas de manera gráfica con el rendimiento por corte (Figura 2), se puede observar como el tratamiento 1 muestra una mayor producción desde el inicio de la

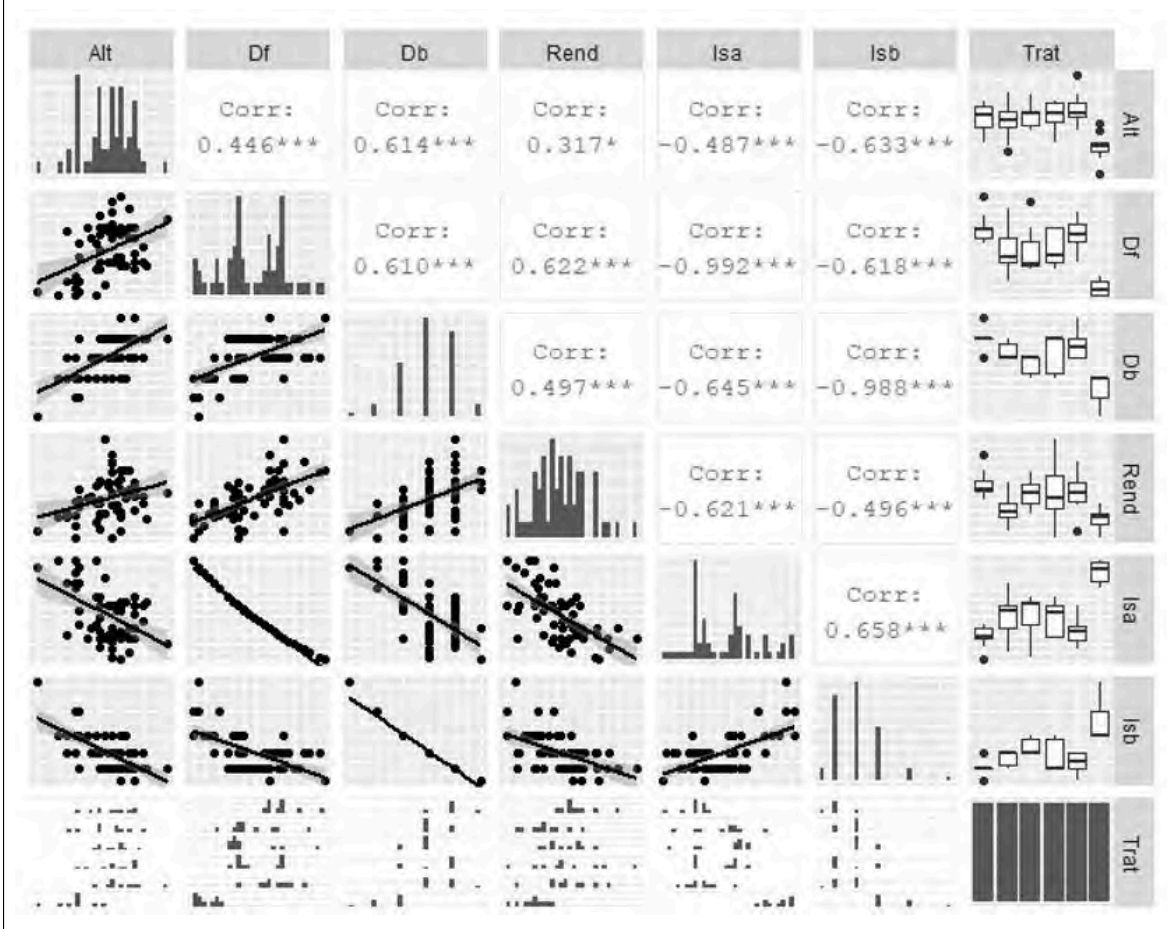
cosecha, además, en los cortes 4, 5 y 6 se alcanzó el mayor rendimiento, para posterior disminuir su producción (Figura 3).



El análisis de correlación de Pearson para las variables evaluadas dentro del Debca en *C. chinense* mostraron una relación directa de forma lineal entre el rendimiento de planta (g) con las dimensiones del Df alcanzado a los 45 ddt ($r= 0.622$) y en mejor asociación con el Db ($r= 0.497$) y Alt ($r= 0.317$) (Figura 4). En los índices construidos entre las dimensiones de diámetros con la Alt, se identificó un coeficiente de correlación mayor de 0.49 (Figura 4). Todos los resultados fueron significativos al 95% de confiabilidad.



Figura 4. Análisis de correlación de Pearson para las variables de *C. chinense*. Alt= altura (cm); Df= diámetro foliar (cm); Db= diámetro basal (mm); Rend= rendimiento (g); Isa y Asb= índice Alt/Df y Alt/Db, respectivamente; Corr= coeficiente de correlación de Pearson. Código de significancia= '****' 0.001; '***' 0.01; '*' 0.05.



Con el Df, variable de mayor asociación con el Rend (Figura 4), se ajustó el modelo lineal sin intercepto para predecir el rendimiento por planta con la inclusión del efecto aleatorio por tratamiento, el cual tomó la forma siguiente: $y = b + b_i \cdot Df + e$. Donde: y fue el rendimiento por planta (g); b fue el parámetro relacionado con Df y b_i el parámetro relacionado al factor aleatorio (tratamiento); y e el término de error.

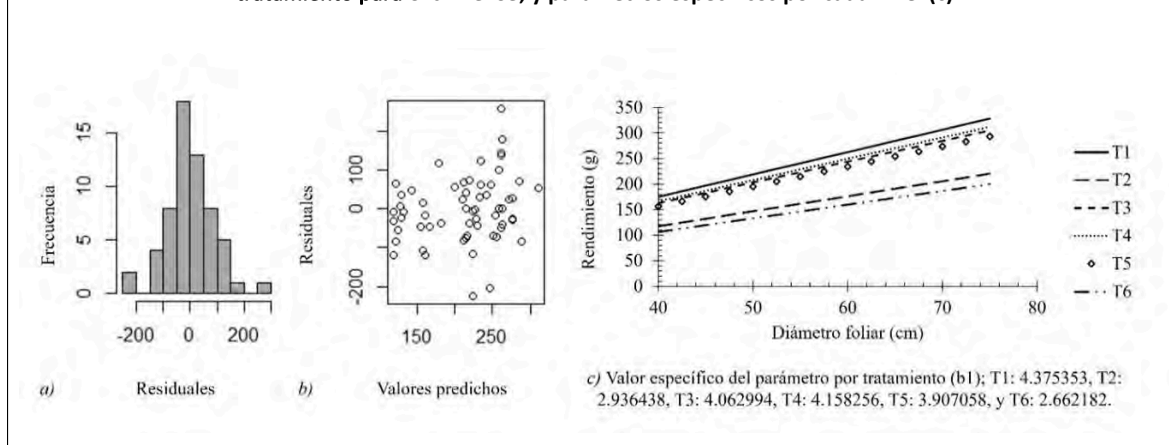
Al ajustar el modelo presentó parámetros significativos ($p > 0.05$) y un sesgo promedio evaluado a través de la raíz del cuadrado medio del error (RCME) de 1.8 g (Cuadro 1), además, cumplió con los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilk: $W = 0.99$, p -value = 0.2835; Figura 5a) y homocedasticidad (Kolmogorov-Smirnov: $D = 0.052364$, p -value = 0.8972; Figura 5b), así como de proporcionar la posibilidad de comparar la respuesta del Rend por cada plan de fertilización (Figura 5c) en donde se ratifica al emplear los parámetros específicos que la dosis de fertilización 240-240-240 de NKP es la que mayores rendimientos general.

Cuadro 1. Valor del parámetro y bondad de ajuste del modelo lineal sin intercepto bajo efectos mixtos por tratamiento en *C. chinense*.

Parámetro	Valor	Error estándar	Valor t	p-value	RCME	AIC
b_1	3.683713	0.3421674	10.76582	<0.001	1.807832	719.7855

RCME= raíz cuadrada media del error. AIC= criterio de información Akaike.

Figura 5. Pruebas de normalidad (a) y homocedasticidad; (b) del modelo lineal sin intercepto bajo efectos mixtos por tratamiento para *C. chinense*; y parámetros específicos por cada nivel (c).



Discusión

El tamaño de los frutos obtenidos en este trabajo corresponde en su mayoría a una producción de primera calidad, ya que el peso fue mayor a 6.5 g, tal y como lo proponen y clasifican (Borges et al., 2010): >6.5 g, primera, 5.5-6.4 g segunda y <5.4 g tercera. Además, concuerda con la dimensión promedio de diámetro del fruto (25.96 mm) y rendimiento (547.7 g planta⁻¹) reportado por Huez (2013) en la costa de Hermosillo, Sonora para *C. chinense* al evaluar el efecto de cinco dosis de fertilización nitrogenada.

Se consideró como una poda la eliminación de brotes laterales por debajo de la bifurcación del tallo en la planta, no se eliminaron tallos secundarios o ramas laterales como lo realizaron López et al. (2020), debido a que se reporta una disminución del rendimiento al realizar esta labor, por lo tanto, la actividad realizada puede incorporarse dentro de las labores culturales practicadas a *C. chinense* cultivado bajo malla sombra.

El máximo rendimiento promedio reportado para *C. chinense* (584 g planta⁻¹) fue superior a los 302 g planta⁻¹ obtenidos por Tucuch et al. (2012) con plantas de 89.65 cm de Alt promedio establecidas en suelos con diferentes tamaños de partículas. De igual manera, el rendimiento resultó superior a lo mencionado por Tapia et al. (2016) los cuales aplicaron complejos hormonales y establecieron las plantas en invernadero (419 g planta⁻¹), sin embargo, los rendimientos promedios planta⁻¹ fueron menores a los reportados por Borges et al. (2010) (1 253 g planta⁻¹) al producir *C. chinense* bajo diferentes condiciones de humedad y nutrición, y realizar la cosecha semanalmente y no cada cuatro días como se realizó en este trabajo.

La tendencia a la baja en el rendimiento en *C. chinense* a medida que las dosis de fertilización disminuían concuerda con Wierenga y Hendrickx (1985) los cuales cultivan *Capsicum annum* con distintas dosis de fertilización y cantidad de agua. Los resultados son consistentes con lo reportado por Pire y Colmenarez (1996); Jaimez (2000), ambos al mencionar que la disminución del nitrógeno disponible para la planta está estrechamente relacionada con la baja en el rendimiento por planta en los cultivos de *Capsicum* sp.

La tendencia de rendimiento decae a medida que se disminuye la dosis de fertilización y la producción merma proporcionalmente, situación que concuerda con Borges et al. (2010) quienes obtuvieron los mejores resultados con el mismo tratamiento de NPK (240-240-240) pero distinto sustrato y ambiente. La correlación lineal positiva entre el Df a los 45 ddt con el Rend ($r = 0.622$) y el modelo lineal sin intercepto, pueden ser una referencia para estimar el rendimiento esperado en *Capsicum* sp., bajo distintos tratamientos.

El índice de área foliar expresado a través del D_f es un indicador de la madurez fotosintética en la planta, determina las tasas de asimilación de los procesos fisiológicos y está correlacionado con el rendimiento de cada individuo, tal y como lo describen Jarma et al. (1999; Barraza et al. (2004) en otras hortalizas.

De manera análoga y aun cuando no se ajustó un modelo con la variable de D_b , por su correlación con el rendimiento ($r=0.497$), esta puede ser una variable morfométrica para predecir la productividad, tal como lo menciona Stoffella y Bryan (1988), al evaluar el crecimiento y rendimiento en *C. annuum*, quienes reportan que los altos rendimientos en función del estado de desarrollo morfológico, índice de esbeltez y características de diámetro en este cultivo.

Debido a los rendimientos mostrados en el trabajo y a que los insumos empleados son accesibles y a están a disposición de los productores en esta región de Michoacán, la cual no está considerada como zona de cultivo para *C. chinense*, esta actividad económica puede ser una alternativa económica viable para las zonas rurales en la región de Arteaga, Michoacán, México.

Conclusiones

La aplicación de los distintos niveles de fertilización tuvo influencia en las dimensiones morfológicas y rendimiento por planta de *C. chinense* Jacq. cultivado bajo malla sombra en Espinoza, Arteaga, Michoacán, México. La respuesta en producción obtenida con respecto a otras investigaciones se puede mejorar a través de la inclusión de labores culturales u hormonas dentro de la programación nutrimental del cultivo.

Los valores de correlación entre las variables morfológicas y el rendimiento de *C. chinense* pueden ser considerados en el manejo y podrían dar la pauta para la producción al realizar predicciones empleando el modelo lineal sin intercepto propuesto. Los tratamientos con 240-240-240 (T1) y 200-200-200 (T5) de nitrógeno (N)-potasio (K)- fósforo (P), respectivamente, mostraron una mayor productividad en su rendimiento ($g\ planta^{-1}$).

Además, por la calidad de fruto de primera obtenida con estas dosis de fertilización, así como el precio del mercado y la demanda de consumo en la región, este cultivo podría ser una alternativa de desarrollo económico y social para esta región rural del estado de Michoacán.

Bibliografía

- 1 Barraza, F. V.; Fischer, G. y Cardona, C. E. 2004. Estudio del proceso de crecimiento del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Valle del Sinú medio Colombia. *Agronomía Colombiana*. 22(1):81-90.
- 2 Borges, G. L.; Cervantes, C. L.; Ruiz, N. J.; Soria, F. M.; Reyes, O. V. y Villanueva, C. E. 2010. Capsaicinoides en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo diferentes condiciones de humedad y nutrición. *Terra Latinoamericana*. 28(1):35-41.
- 3 Chambers, J. M.; Freeny, A. and Heiberger, R. M. 1992. Analysis of variance designed experiments. Chapter 5 of statistical models in S. Wadsworth & Brooks/Cole. California, USA. 608 p.
- 4 Fox, J. 2016. Applied regression analysis and generalized linear models. 3^a Ed. Sage, Thousand Oaks, CA, USA. 816 p.
- 5 Fox, J. and Weisberg, S. 2019. An R companion to applied regression. 3^a Ed. Sage, Thousand Oaks, CA, USA. 608 p.
- 6 Huez, L. M. 2013. Productividad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) bajo condiciones de invernadero en la costa de Hermosillo. In: XVI Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas. 282-286 pp.
- 7 Infante, G. S. y Zárate L. G. P. 2012. Métodos estadísticos: un enfoque interdisciplinario. 3^a Ed. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 624 p.

- 8 INIFAP. 1997. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Fertigación de chile habanero en suelos pedregosos de Yucatán. In: tecnologías llave en mano. División Agrícola. Tomo I. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México, DF. 238-241 pp.
- 9 Jaimez, R. E. 2000. Crecimiento y distribución de la materia seca en ají dulce bajo condiciones de déficit de agua. *Agronomía Tropical*. 50(2):189-200.
- 10 Jarma, A.; Buitrago, C. y Gutiérrez. S. 1999. Respuesta del crecimiento de la habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) a tres niveles de radiación incidente. *Revista COMALFI*. 26(1-3):62-73.
- 11 Latournerie, M. L.; López, V. J. S.; Castañón, N. G.; Mijangos, C. J. O.; Espadas, V. G.; Pérez, G. A. y Ruiz, S. E. 2015. Evaluación agronómica de germoplasma de chile habanero (*Capsicum Chinense* Jacq.). *Agroproductividad*. 8(1):24-29.
- 12 López, L. R.; Inzunza, I. M. A.; Fierro, A. A. y Palma, L. D. J. 2018. Fechas de trasplante y productividad del chile habanero con riego por goteo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 9(1):51-64. 10.29312/remexca.v9i1.847.
- 13 López-Gómez, J. D.; Sotelo, N. H.; Villegas-Torres, O. G. y Andrade, R. M. 2020. Rendimiento y calidad del chile habanero en respuesta a la poda de conducción y régimen nutrimental. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 11(2):315-325. 10.29312/remexca.v11i2.1777.
- 14 Macías, R. H.; Muñoz, V. J. A.; Velásquez, V. M. A.; Potisek, T. M. del C. y Villa, C. M. M. 2013. Chile Habanero: descripción de su cultivo en la Península de Yucatán. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*. 12(2):37-43. Doi: 10.5154/r.rchsza.2012.06.028.
- 15 Martínez-González, M. A.; Sánchez-Villegas, A. y Faulin-Fajardo, J. 2006. *Bioestadística amigable*. 2ª Ed. Barcelona, España, Editorial Díaz de Santos. 919 p.
- 16 Medina, G. M. T. 2016. Fertilización orgánico-mineral en cultivo de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en suelo Aak'alche' (Vertisol pélico) bajo condiciones de invernadero. Instituto Tecnológico de la Zona Maya. Juan Sarabia, Quintana Roo. 27 p.
- 17 Pinheiro, J.; Bates, D. and R-core. 2019. *Nlme: linear and nonlinear mixed effects Models*. <https://CRAN.R-project.org/package=nlme>.
- 18 Pire, R. y Colmenarez, O. 1996. Extracción y eficiencia de recuperación de nitrógeno por plantas de pimentón sometidas a diferentes dosis y fraccionamiento del elemento. *Agronomía Tropical*. 46(4):353-370.
- 19 Ramírez, H.; Mendoza, C. J.; Vázquez, B. M. E. y Zermeño, G. A. 2016. La prohexadiona de calcio (P-CA): una alternativa hormonal viable en chile habanero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7(3):631-641. 10.29312/remexca.v7i3.323.
- 20 Ramírez, M. M.; Arcos, C. G. y Méndez, A. R. 2018. Jaguar: cultivar de chile habanero para México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 9(2):487-492. 10.29312/remexca.v9i2.1089.
- 21 Rincones, C. C. I. 2009. Plan rector. Sistema producto chile de Yucatán. Secretaría de Fomento Agropecuario y Pesquero-SAGARPA. Comité estatal sistema producto chile del estado de Yucatán AC. Mérida, Yucatán.
- 22 RStudio Team. 2020. *RStudio: Integrated development for R*. RStudio, PBC, Boston, MA. <http://www.rstudio.com/>.
- 23 Santoyo, J. J. A. y Martínez, A. C. O. 2012. Tecnología de producción de chile habanero en casa sombra en el sur de Sinaloa. SAGARPA. Fundación Produce Sinaloa. Gobierno del estado de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa, México. 22 p.
- 24 Soria, F. M.; Trejo, J. A.; Tun, S. J. M. y Terán, S. R. 2002. Paquete tecnológico para la producción de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Instituto Tecnológico Agropecuario. Conkal, Yucatán. 128 p.

- 25 Stoffella, P. J. y Bryan, H. H. 1988. Plant population influences growth and yield of bell pepper. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113(6):835-839. 10.21273/JASHS.113.6.835.
- 26 Tapia, V. M.; Larios, G. A.; Días, S. D. D.; Ramírez, O. G.; Hernández, P. A.; Vidales, F. I. y Guillén, A. H. 2016. Producción hidropónica de chile habanero negro (*Capsicum chinense* Jacq.). *Revista Fitotecnia Mexicana.* 39(3):241-245.
- 27 Tucuch, H. C. J.; Alcántar, G. G.; Ordaz, C. V. M.; Santizo, R. J. A. y Larqué, S. A. 2012. Producción y calidad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) con diferentes relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ y tamaño de partícula de sustratos. *Terra Latinoamericana* . 30(1):9-15.
- 28 Tun, D. J. C. 2001. Chile habanero características y tecnología de producción. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Mérida, Yucatán, México. 13-24 pp.
- 29 Villa, C. M.; Catalán, V. E.; Inzunza, I. M.; Román, L. A. y Macías, R. H. 2010. Población de plantas y manejo de la solución nutritiva del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en invernadero. In: XXII Semana Internacional de Agronomía. 569-573 pp.
- 30 Villegas, T. O. G. 2016. Productividad, calidad y pungencia del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en respuesta al régimen nutritiva, podas de conducción y fertilización foliar. *Tlamati sabiduría.* 7(2):1-6.
- 31 Wierenga, P. J. y Hendrickx, J. M. H. 1985. Rendimiento y calidad de los chiles con riego por goteo. *Universidad de Agricultura y Economía Doméstica-Universidad Estatal de Nuevo México. Agricultural Water Management.* 9(4):339-356.
- 32 Zar, J. H. 2010. *Biostatistical analysis*, 5th Ed. Pearson prentice Hall. NJ, USA. 960 p.



Morfometría y rendimiento de *Capsicum chinense* Jacq. en Arteaga, Michoacán

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 March 2024
Date accepted: 01 June 2024
Publication date: 14 September 2024
Publication date: Aug-Sep 2024
Volume: 15
Issue: 6
Electronic Location Identifier: e3763
DOI: 10.29312/remexca.v15i6.3763

Categories

Subject: Artículo

Palabras clave:

Palabras clave:

agricultura protegida

chile habanero

producción de hortalizas

Counts

Figures: 5

Tables: 1

Equations: 0

References: 32

Pages: 0