

Evaluation of growth parameters in "cabezona" pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) in response to NPK fertilization

Evaluación de parámetros de crecimiento en piña "cabezona" (*Ananas comosus* (L.) Merr.) en respuesta a la fertilización NPK

Pérez-Romero, Juventino¹, Salgado-García, Sergio¹, Córdova-Sánchez Samuel², Lagunes-Espinoza, Luz del Carmen¹, Ortiz-García, Carlos Fredy¹

¹Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, Producción Agroalimentaria Tropical. Km. 3.5 Periférico Carlos A. Molina S/N. H. Cárdenas, Tabasco. CP 86500. México. ²Universidad Popular de la Chontalpa - División de Académica de Ciencias Básicas e Ingeniería. Cuerpo Académico de Química Verde y Desarrollo Sostenible (CA-QVyDS). Carretera Cárdenas - Huimanguillo, Km. 2.0 Cárdenas, Tabasco, México. CP. 86500.

*Autor para correspondencia: salgados@colpos.mx

ABSTRACT

Objective: to evaluate the effect of NPK fertilization on the accumulation of dry biomass, NDVI, LAI and yield of the Cabezona pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.).

Design/Methodology/Approach: the experimental design was a randomized complete block with four replications, 14 treatments and one control. The treatments were generated with the Plan Puebla I matrix; N doses were, 120, 160, 200 and 240 kg ha⁻¹, of P were 70, 110, 150 and 190 kg ha⁻¹, and for K 150, 200, 250 and 300 kg ha⁻¹. The N and P doses were divided into four applications, at two, five, eight, and thirteen months. P was applied in a single exhibition at the beginning of the culture cycle.

Results: at the end of the cultivation cycle, all the treatments accumulated a greater quantity of biomass than the control, but no statistical difference was found between fertilization treatments. The NDVI showed no trend during the crop cycle and it was not correlated with biomass, LAI or yield. In Leaf area index (LAI) did not show statistical difference between treatments and control. In yield, a highly significant difference was observed between treatments, being treatments 5 (200-110-250) and 8 (200-150-250) where yields greater than 55 t ha⁻¹ were obtained.

Study limitations/implications. Cabezona pineapple susceptibility to mealybug attack may affect yield observations.

Findings/Conclusions: The Cabezona Pineapple accumulated on average 0.80±0.13 g of dry biomass per day, under environmental conditions of the Huimanguillo, Tabasco, savanna. Not relationship was found between NDVI and biomass accumulation in this crop. LAI increases dramatically after flower induction treatment. Fertilization dose recommended 200-110-250, since produced a yield of 55.5 t ha⁻¹ of fresh fruit, and it is cheaper than others dose tested.

Keywords: dry matter accumulation, LAI, NDVI, Yield.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 8, agosto. 2020. pp: 3-9.

Recibido: febrero, 2020. **Aceptado:** julio, 2020.

RESUMEN

Objetivo: evaluar el efecto de la fertilización con NPK sobre la acumulación de biomasa, NDVI, IAF y rendimiento en piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) "Cabezona".

Diseño/Metodología/Aproximación: el diseño experimental fue en Bloques completos al azar con cuatro repeticiones, 14 tratamientos y un testigo. Los tratamientos se generaron con la matriz Plan Puebla I, usando niveles de N de 120, 160, 200 y 240 kg ha⁻¹, de P: 70, 110, 150 y 190 kg ha⁻¹, y de K: 150, 200, 250 y 300 kg ha⁻¹. Los tratamientos fueron fraccionados en cuatro aplicaciones, a los dos, cinco, ocho y trece meses, el P se aplicó en una sola exhibición al inicio del cultivo.

Resultados: al finalizar el ciclo de cultivo todos los tratamientos acumularon mayor biomasa que el testigo, pero no se registró diferencia estadística entre tratamientos de fertilización. El NDVI no mostró relación con la biomasa, IAF, o rendimiento durante el ciclo del cultivo. El índice de área foliar (IAF) no mostró diferencia estadística entre tratamientos y testigo. En rendimiento, los tratamientos cinco y ocho (≥ 55 t ha⁻¹) mostraron diferencia altamente significativa.

Limitaciones del estudio/implicaciones: la susceptibilidad de la piña cabezona al ataque de piojos harinosos puede afectar las observaciones de rendimiento.

Hallazgos/conclusiones: la piña cabezona acumula en promedio 0.80 ± 0.13 g día⁻¹ de biomasa seca, bajo las condiciones ambientales de sabana. No mostró relación entre NDVI y acumulación de biomasa. El IAF aumentó drásticamente después del tratamiento de inducción floral. Se sugiere la dosis de fertilización N 200-P 110-K 250.

Palabras clave: acumulación de materia seca, IAF, NDVI, rendimiento.

bezona en las condiciones de la sabana de Huimanguillo se evaluó el efecto de la fertilización NPK en la acumulación de materia seca, IAF, NDVI y el rendimiento en piña.

MATERIALES Y METODOS

El experimento fue ubicado en el Ejido Pedregal Moctezuma Primera Sección de Huimanguillo, Tabasco (17° 40" N y 93° 38" O) bajo condiciones de temporal. Se estableció en un suelo Acrisol Úmbrico Cutánico (Hiperdístico, Húmico), con pH fuertemente ácido (4.4), sin problema de salinidad (3.9×10^{-4} dS m⁻¹), muy rico en materia orgánica (9.2%), contenidos altos en nitrógeno total (0.31%), medios en fósforo (5.56 mg kg⁻¹ Olsen) y potasio (0.41 Cmol kg⁻¹), muy bajos en calcio (0.71) y magnesio (0.38 cmol kg⁻¹), así como una alta capacidad de intercambio catiónico (CIC) (NOM-021-RECNAT-2000; Salgado *et al.*, 2017b). La precipitación durante la fase experimental (jul-2018 a nov-2019) osciló entre 19.2 y 394 mm y la temperatura promedio entre 23.5 y 31.3 °C mensuales. La preparación del suelo consistió en un pase de barbecho de arado de disco y dos pases de rastra cruzada. La siembra (12-jul-2018) se realizó de forma manual en hilera sencilla, con las medidas recomendadas para alcanzar 26,500 plantas ha⁻¹. La variedad utilizada fue Cabezona.

Tratamientos y diseño experimental

Se utilizó un diseño de bloques completo al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental fue constituida por cinco hileras de 10 m de largo, a una distancia de 0.375 m entre plantas y 1.0 m entre hileras. Entre parcelas experimentales 1.5 m y entre repetición 2.0 m. Este tamaño de parcela y número

INTRODUCCION

El cultivo de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) en México surge a inicios del siglo XX con un enfoque comercial (Uriza *et al.*, 2018). Cerca del 90% de la producción nacional se encuentra distribuida en Veracruz y Oaxaca; sin embargo, en Tabasco se cultivan 1,694 ha, que aportan el 7% de la producción nacional. Los cultivares son Cayena lisa, MD2 y "Cabezona" (SIAP, 2019). La piña cabezona es producida y consumida a nivel estatal (Salgado *et al.*, 2010), registra bajos rendimientos, y la fertilización realizada es de acuerdo con la usada para otros cultivares. Debido a la falta de estudios sobre su comportamiento agronómico, la mayoría de las investigaciones están dirigidas hacia el cv. Cayena lisa o MD2. En la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México, donde se cultiva la piña, los suelos son ácidos, de baja fertilidad, con alta fijación de fósforo, deficiencias de boro, calcio, magnesio, potasio y Zinc, además de presentar un porcentaje alto de saturación de aluminio (Zavala *et al.*, 2014; Salgado *et al.*, 2017a). Ocho dosis de fertilización para piña criolla, Cayena y MD2 se han generado para las regiones que comprenden Estación Chontalpa, Francisco Rueda y Nueva Esperanza en la sabana de Huimanguillo, donde los factores limitantes de esos suelos fueron la acidez, el exceso de humedad y deficiencia de P, K, Ca, Mg, Cu, Zn Y Mn (Salgado *et al.*, 2017b). Para continuar el estudio sobre comportamiento agronómico de la piña Ca-

de repeticiones son los óptimos para evaluar niveles de NPK según Leonardo *et al.* (2014). Los tratamientos de fertilización fueron generados por la Matriz Plan Puebla I para tres factores controlables (Turrent, 1985) usando niveles de N (Urea 46%): 120, 160, 200 y 240 kg ha⁻¹, P (DAP 18-46-0%): 70, 110, 150 y 190 kg ha⁻¹ de P₂O₅, y K (KCl 60%): 150, 200, 250 y 300 kg ha⁻¹ de K₂O. Se adicionó un testigo sin fertilizante. Las dosis de N y K se fraccionaron en cuatro aplicaciones a los dos, cinco, ocho y trece meses de crecimiento del cultivo, el total del fósforo se aplicó a los dos meses ya que el fraccionamiento de este nutriente no tiene efecto en la nutrición y rendimiento del cultivo de piña (Teixeira *et al.*, 2002; Spironello *et al.*, 2004).

Manejo agronómico

El control de malezas consistió en la aplicación del herbicida Ametrex[®] 80 WG (1.3 g L⁻¹ de agua) en combinación con GalatTM[®] (1.2 mL L⁻¹ de agua) como post-emergente dirigido a la maleza, a los 2, 5 y 8 meses de crecimiento del cultivo. La fertilización se realizó de forma manual y superficial, aproximadamente a 5 cm del tallo de las plantas, tomando como referencia los contenidos de humedad del suelo. La inducción floral (TIF) se realizó a los 354 días de desarrollo del cultivo. La cosecha de fruto se realizó a los 18 meses después de haber establecido el experimento.

Variables de estudio

La medición de las variables inició a los 143 d de establecido el cultivo y posteriormente se tomaron a los 211, 274, 361, 422 y 484 d. En los tratamientos de fertilización 5, 8, 10, 12, 14 y 15 se midió acumulación de biomasa, NDVI y IAF. El rendimiento se determinó al final del ciclo en todos los tratamientos de fertilización. Acumulación de Biomasa (MS). El procedimiento consistió en tomar tres plantas de cada parcela, que se pesaron, picaron y después de homogeneizar se tomó una muestra de 300 g para secar a 60 °C en una estufa con flujo de aire caliente (hasta que su peso fuera constante). A partir de los resultados de porcentaje de humedad por muestra se determinó el contenido de materia seca de las plantas de cada tratamiento.

$$\text{Materia seca} = \frac{(100 - \% \text{humedad})(\text{peso de planta en g})}{100 \text{ g}}$$

Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI). Las mediciones de NDVI se realizaron por triplicado con

un sensor de cultivo "Greenseeker" de la marca Trimble[®], la lectura se realizó a 0.6 m de altura del dosel de la planta. Índice de área foliar (IAF). Las lecturas del índice de área foliar se realizaron con el medidor LAI 2200C de la marca LI-COR[®], realizando una lectura fuera del cultivo y tres en el entresurco. Para el rendimiento, se cortaron 56 piñas (frutos) de las hileras centrales de cada tratamiento para determinar el peso promedio por fruto, que fue utilizado para calcular el rendimiento por hectárea con la siguiente fórmula.

$$\text{Rendimiento} = \frac{(\text{Peso promedio en kg})(26,500)}{1,000} = t \text{ ha}^{-1}$$

Para todas las variables se realizó un ANOVA del diseño de bloques completo al azar, comprobación de supuestos y pruebas de media Tukey a una significancia de 0.05 con el paquete estadístico R studio versión 3.5.1. (Gentleman y Ihaka, 1993).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Acumulacion de biomasa (MS)

A los 143, 211 y 361 d de crecimiento del cultivo no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos para acumulación de biomasa (Cuadro 1). A los 274 d, la diferencia entre los efectos de los tratamientos fue altamente significativa, siendo los tratamientos 8 y 14 los que acumularon mayor cantidad de biomasa seca (180 y 206.3 g día⁻¹ respectivamente) con respecto a los tratamientos 5, 10, 12 y testigo. Los tratamientos 8 y 14 contenían las dosis más altas de potasio (300 y 250 kg ha⁻¹ de K₂O). A los 422 d de crecimiento se observó diferencia estadística significativa entre tratamientos, siendo nuevamente los de dosis más altas de potasio (K) los que acumularon mayor cantidad de biomasa, corroborando la respuesta del cultivo de piña a este elemento deficiente en el suelo (Salgado *et al.*, 2017b). El Tratamiento testigo (T15) produjo menor cantidad de biomasa seca. La piña Cabezona acumuló la mayor cantidad de biomasa de los 274 a 361 d (91 g d⁻¹) y coincide con la finalización de la fase vegetativa (Figura 1). También se observó incremento en la acumulación de biomasa de 93 g de los 422 a 484 d, que correspondieron al periodo de inicio de llenado del fruto que concuerda con lo reportado por Rebolledo *et al.* (2006) para los cultivares Champaka, Oro y Smooth Cayenne.

En general la piña Cabezona acumula en promedio 0.80±0.13 g día⁻¹ de materia seca, y al finalizar el ciclo

Cuadro 1. Acumulación de biomasa por planta (g día^{-1} MS) de *Ananas comosus* (L.) Merr. con diferentes tratamientos de fertilización.

| Tratamientos (kg ha^{-1} de N, P_2O_5 , K_2O) | Días de crecimiento después de siembra | | | | | |
|---|--|--------------------|-----------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| | Acumulación de biomasa en (g día^{-1} de MS) | | | | | |
| | 143 | 211 | 274 | 361 | 422 | 484 |
| T5(200-110-250) | 50.3a [†] | 103.4a | 143.9bc | 250.7a | 269.3b | 359.4ab |
| T8(200-150-250) | 58.2a | 105.4a | 180.5ab | 254.8a | 318.7ab | 388.1ab |
| T10(240-150-250) | 46.3a | 93.1a | 147.0bc | 247.5a | 305.7ab | 457.6a |
| T12(200-190-250) | 52.8a | 110.8a | 143.8bc | 277.8a | 298.0b | 374.8ab |
| T14(200-150-300) | 57.5a | 107.2a | 206.3a | 255.1a | 348.2a | 461.6a |
| T15(00-00-00) | 44.1a | 69.5a | 118.1c | 199.4a | 238.1c | 294.4c |
| C.V (%): | 11.2 | 15.6 | 20.1 | 10.5 | 13.0 | 16.2 |
| Media | 51.5 | 98.2 | 156.6 | 247.6 | 296.3 | 389.3 |
| DMS | 18.10 | 79.69 | 59.34 | 91.17 | 99.51 | 145.61 |
| Prob. De F. | 0.12 ^{ns} | 0.58 ^{ns} | 0.0032 ^{***} | 0.19 ^{ns} | 0.04 [*] | 0.02 [*] |

[†]Medias con la misma literal son iguales estadísticamente (Tukey, 0.05). C.V.=coeficiente de variación, Prob. De F.=probabilidad de Fisher; ms=materia seca. DMS=diferencia mínima significativa.

del cultivo, registró 389.3 g día^{-1} de materia seca, cantidad menor comparado con los 800 g de materia seca por planta del cultivar Smooth Cayenne la cual, fue fertilizada con la dosis $700\text{-}480\text{-}700 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, P_2O_5 , K_2O en Isla, Veracruz, México (Rebolledo *et al.*, 2005).

La mayor acumulación de materia seca se podría explicar por la mayor cantidad de N y K aplicado (Del Ángel *et al.*, 2011), lo cual concuerda con lo que encontró Silva *et al.* (2012) donde al pasar de 100 a 600 kg ha^{-1} de N la planta gana 26% de peso fresco. Spironello *et al.* (2004) también observaron ganancia de peso fresco de la planta al pasar de 394 a 498 kg ha^{-1} de N; sin embargo, en este trabajo al aumentar el suministro de nitrógeno se registró una reducción de sólidos solubles totales y acidez titulable de la pulpa de fruta. En Piña Cabezona también se observó buena correla-

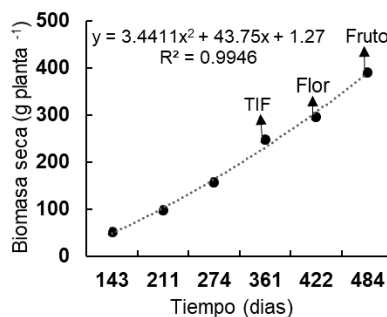


Figura 1. Acumulación de biomasa total base seca de la piña Cabezona *Ananas comosus* (L.) Merr. durante su ciclo de cultivo.

ción entre materia seca y rendimiento de fruto fresco obtenido (Figura 2a). Lo cual es similar a lo reportado por Ángel *et al.* (2011), donde menciona que existe una relación directa entre el peso fresco de la planta y peso del fruto, a mayor peso fresco de planta al momento del tratamiento de inducción floral, mayor será el peso del fruto obtenido (Del Ángel *et al.*, 2011).

NDVI

Respecto al Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), no se registraron diferencias significativas del NDVI con respecto a los tratamientos de fertilización y entre fechas de muestreo (Cuadro 2). Las medias de NDVI oscilaron entre 0.71 y 0.80 a través del crecimiento del cultivo. El mayor valor de NDVI (0.82) se observó a los 211 d después de la siembra con el T10, es decir antes de la etapa de mayor acumulación de biomasa aérea, sin importar la dosis de fertilizante

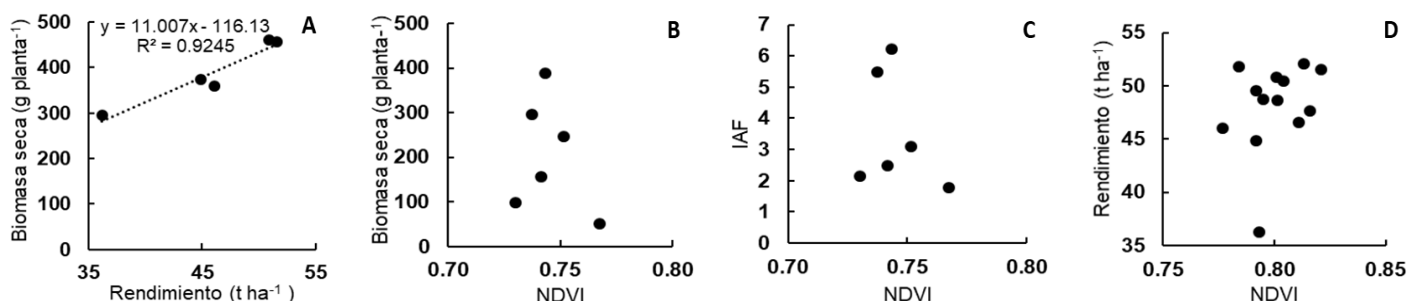


Figura 2. Correlaciones, A) biomasa seca y rendimiento de piña, B) biomasa seca y NDVI, C) IAF y NDVI, y D) rendimiento y NDVI.

Cuadro 2. NDVI durante el crecimiento del cultivo de piña cabezona (*Ananas comosus* (L.) Merr.) con diferentes tratamientos de fertilización.

| Tratamientos (kg ha ⁻¹ de N, P ₂ O ₅ , K ₂ O) | Valores de NDVI a través del tiempo (dds) | | | | | |
|--|---|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 143 | 211 | 274 | 361 | 422 | 484 |
| T5 ₍₂₀₀₋₁₁₀₋₂₅₀₎ | 0.71a [†] | 0.78a | 0.72a | 0.79a | 0.76a | 0.77a |
| T8 ₍₂₀₀₋₁₅₀₋₂₅₀₎ | 0.73a | 0.79a | 0.73a | 0.77a | 0.76a | 0.73a |
| T10 ₍₂₄₀₋₁₅₀₋₂₅₀₎ | 0.69a | 0.82a | 0.74a | 0.76a | 0.77a | 0.74a |
| T12 ₍₂₀₀₋₁₉₀₋₂₅₀₎ | 0.71a | 0.79a | 0.71a | 0.77a | 0.73a | 0.75a |
| T14 ₍₂₀₀₋₁₅₀₋₃₀₀₎ | 0.71a | 0.80a | 0.71a | 0.79a | 0.74a | 0.74a |
| T15 ₍₀₀₋₀₀₋₀₀₎ | 0.66a | 0.79a | 0.75a | 0.78a | 0.70a | 0.74a |
| C.V. (%): | 2.99 | 1.70 | 2.71 | 1.65 | 2.81 | 2.58 |
| Media | 0.71 | 0.80 | 0.74 | 0.77 | 0.76 | 0.76 |
| DMS | 0.10 | 0.82 | 0.15 | 0.059 | 0.09 | 0.09 |
| Prob. De F. | 0.43ns | 0.70ns | 0.95ns | 0.33ns | 0.25ns | 0.39ns |

dds=días después de siembra; [†]Medias con la misma literal son iguales estadísticamente (Tukey, 0.05). C.V.=coeficiente de variación, Prob. De F.=probabilidad de Fisher. DMS=diferencia mínima significativa.

aplicada. El suelo suministro parcialmente el N, P y K que el cultivo requirió en el T15, quien no recibió fertilizante. Los valores que se obtuvieron en piña fueron similares a los reportados por Balasundram-Kumar *et al.* (2013) en piña MD2 (0.65 a 0.85). Así mismo, estos autores tampoco reportaron correlación con la biomasa, tal como ocurrió en este trabajo (Figura 2b).

Índice de área foliar (IAF)

No se registró diferencia estadística significativa del índice de área foliar (IAF) entre tratamientos de fertilización a los 143, 211, 274 y 484 d de crecimiento del cultivo (Cuadro 3). A los 361 d hubo diferencia estadística entre tratamientos, sobresaliendo los T12, T14 y T15; y a los 422 d, se observó reducción significativa del LAI en T14 y T15,

etapa en que inicia el llenado del fruto, atribuido a mayor movilidad de reservas de la hoja (Salgado *et al.*, 2010). Los tratamientos de fertilización siguieron la misma tendencia al incrementar drásticamente el IAF de los 361 a 484 d de crecimiento, los cuales correspondieron al periodo de desarrollo del fruto. El máximo valor de LAI observado de 6.22 a los 484 d pudo deberse a la disminución del ángulo de inclinación de las hojas, provocado por la inflorescencia. Este incremento de LAI, también fue reportado por Rebolledo *et al.* (2005), quienes observaron que los cultivares Champaka, Oro y Smooth Cayenne, al término de la fase vegetativa y después del tratamiento de inducción floral el IAF incrementa drásticamente a 10, aun cuando las densidades evaluadas fueron mayores a 35,000 plantas ha⁻¹ comparado con las 26,500 plantas

Cuadro 3. Índice de área foliar (IAF) durante el crecimiento del cultivo de piña Cabezona (*Ananas comosus* (L.) Merr.) con diferentes tratamientos de fertilización

| Tratamientos (kg ha ⁻¹ de N, P ₂ O ₅ , K ₂ O) | IAF a través del tiempo (dds) | | | | | |
|--|-------------------------------|--------------------|--------------------|-------|--------|--------------------|
| | 143 | 211 | 274 | 361 | 422 | 484 |
| T5 ₍₂₀₀₋₁₁₀₋₂₅₀₎ | 1.90a | 1.96a | 2.06a | 2.56b | 5.27a | 5.64a |
| T8 ₍₂₀₀₋₁₅₀₋₂₅₀₎ | 1.62a | 1.96a | 2.24a | 2.53b | 5.34a | 6.39a |
| T10 ₍₂₄₀₋₁₅₀₋₂₅₀₎ | 1.53a | 1.78a | 2.18a | 3.18a | 5.40a | 5.97a |
| T12 ₍₂₀₀₋₁₉₀₋₂₅₀₎ | 1.85a | 2.05a | 2.34a | 3.16a | 5.32a | 6.28a |
| T14 ₍₂₀₀₋₁₅₀₋₃₀₀₎ | 2.15a | 2.36a | 2.54a | 3.32a | 4.89ab | 6.21a |
| T15 ₍₂₀₀₋₁₅₀₋₃₀₀₎ | 1.82a | 2.15a | 2.45a | 2.81a | 5.45ab | 5.94a |
| C.V. (%): | 9.87 | 9.42 | 10.32 | 12.68 | 6.14 | 4.13 |
| Media | 1.79 | 2.15 | 2.50 | 3.10 | 5.47 | 6.22 |
| DMS | 1.17 | 1.18 | 1.16 | 1.28 | 1.20 | 1.10 |
| Prob. De F. | 0.87 ^{ns} | 0.70 ^{ns} | 0.26 ^{ns} | 0.01* | 0.04* | 0.20 ^{ns} |

dds=días después de siembra; [†]Medias con la misma literal son iguales estadísticamente (Tukey, 0.05). C.V.=coeficiente de variación, Prob. De F.=probabilidad de Fisher; dds=días después de la siembra. DMS=diferencia mínima significativa.

ha⁻¹ usada para piña Cabezona. No se encontró correlación entre IAF y NDVI (Figura 2c), ya que el NDVI tiende a disminuir en la etapa de desarrollo del fruto y el LAI a incrementarse (Cuadro 2 y 3).

Rendimiento

Se observaron diferencias altamente significativas entre tratamientos de fertilización (Cuadro 4). Si el cultivo de piña Cabezona no se fertiliza el rendimiento se reduce en 8 t ha⁻¹. La prueba de Tukey establece dos grupos con diferencias significativas, donde el menor rendimiento se obtuvo en T15, y los mayores en T6 y T8 con más de 55 t ha⁻¹, lo que coincide con lo reportado para la región de estudio (Salgado *et al.*, 2010). El tamaño de fruto de 2.09 kg se considera medio y es similar a lo reportado para los cultivares Perola, Gold, Jupi, Smoth Cayenne e imperial cultivadas en Brasil (Sampaio *et al.*, 2011; Gusmao *et al.*, 2012), considerando que en la región los frutos grandes son de 5 kg. Una posible explicación a este bajo rendimiento puede ser la deficiencia de Ca, Mg y micronutrientes en el suelo, ya que, al suministrar estos nutrientes de forma creciente, aumenta el peso y diámetro del fruto de piña (Amorin *et al.*, 2011; Uriza *et al.*, 2018). No se encontró correlación entre el rendimiento y NDVI (Figura 2d).

La Figura 3a muestra el cambio de respuesta de la curva N-110-200 (bajas dosis de N) a la curva de respuesta N-150-250 (altas dosis de N), se debe a la interacción po-

| Cuadro 4. Rendimientos de frutos de piña (<i>Ananas comosus</i> (L.) Merr.) con diferentes tratamientos de fertilización NPK. | |
|--|-----------------------------------|
| Tratamientos (kg ha ⁻¹ de N, P ₂ O ₅ , K ₂ O) | Rendimiento (t ha ⁻¹) |
| T1(160-110-200) | 46.6 ab [†] |
| T2(160-110-250) | 49.5 a |
| T3(160-150-200) | 47.7 ab |
| T4(160-150-250) | 52.1 a |
| T5(200-110-250) | 46.1 ab |
| T6(200-110-250) | 55.5 a |
| T7(200-150-250) | 48.8 ab |
| T8(200-150-250) | 55.0 a |
| T9(120-110-200) | 48.7 a |
| T10(240-150-250) | 51.6 a |
| T11(160-70-200) | 51.8 a |
| T12(200-190-250) | 44.9 ab |
| T13(160-110-150) | 50.4 a |
| T14(200-150-300) | 50.9 a |
| T15(000-000-000) | 36.2 b |
| C.V (%) | 9.52 |
| Media | 49.04 |
| DMS | 12.2 |
| Prob. De F. | 0.0006** |

[†]Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05). C.V=coeficiente de variación; Prob. De F.=probabilidad de Fisher. DMS=diferencia mínima significativa.

sitiva que es indicativa de respuesta a la fertilización del cultivo de piña. Se observa que la curva de respuesta N-150-250, con 200 kg ha⁻¹ de N Indica el máximo rendimiento de fruto. Esto difiere con lo reportado por Spironello *et al.* (2004), Spejorin *et al.* (2011), del Ángel *et al.* (2011), Silva *et al.* (2012) y Uriza *et al.* (2018) quienes reportan dosis para el cultivo de piña que van desde 400 a 1000 kg ha⁻¹ de N obteniendo rendimientos de 36 a 70 t ha⁻¹ en diversas variedades. Con respecto al fósforo se observó una interacción positiva al pasar de la curva de respuesta 160-P-200 a la curva 200-P-250 (Figura 3b). Con 100 kg ha de P₂O₅ se obtuvo 0.5 t ha⁻¹ más de fruto, pues al aumentar la dosis, el rendimiento se reduce, corroborando la ley de los rendimientos decrecientes y confirmando que la respuesta del cultivo de piña a la aplicación de P₂O₅ es pequeña, incluso en condiciones bajas de P de suelo (Spironello *et al.*, 2004). El cambio de la curva 160-110-K a la 200-150-K en el rendimiento de fruto se debe a la interacción positiva del K (Figura 3c), corroborando que el suelo es pobre en este nutriente. En este caso con 250 kg ha⁻¹ de K₂O se satisface el requerimiento de K. Estos resultados son la mitad de lo recomendado para piña por Veloso *et al.* (2001), del Ángel *et al.* (2011) y Uriza *et al.* (2018).

CONCLUSIONES

La piña Cabezona acumuló 389.3 g de materia seca durante su ciclo de

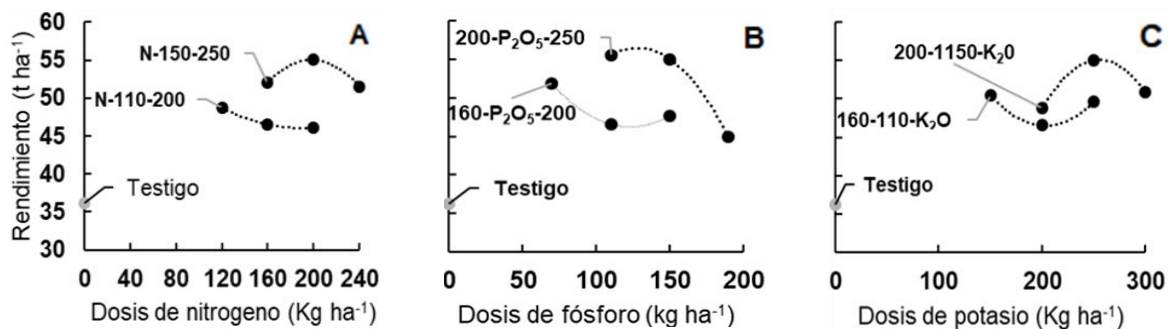


Figura 3. Respuesta del cultivo de piña Cabezona (*Ananas comosus* (L.) Merr.) a la fertilización con NPK.

crecimiento, promediando 0.80 ± 0.13 g día⁻¹ de materia seca. Se observó buena relación entre biomasa seca y rendimiento, ya que a mayor biomasa acumulada mayor fue el rendimiento obtenido. El cultivo resultó poco sensible al NDVI, no mostró relación con la biomasa acumulada, IAF o rendimiento. El IAF se incrementa drásticamente después del tratamiento de inducción floral, debido a la disminución del ángulo de inclinación de las hojas, provocado por la inflorescencia. Se recomienda utilizar la dosis de fertilización N200-P110-K250, ya que resulta más económica que N200-P150-K250 y permite obtener rendimiento de 55.5 t ha⁻¹ de fruta fresca.

LITERATURA CITADA

- Amorin, V.A., Feitosa, De L.C., Herbster, M.C.F., and G.F.E. (2011). Fruit size and quality of pineapples cv. vitória in response to micronutrient doses and way of application and to soil covers. *Rev. Bras. Frutic.* 33(Esp. 1): 505-510. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500068>.
- Balasundram-kumar, S., Abu-Kassim, F., Vadamalai, G., and Mohd-Hanif, A.H. (2013). Estimation of red tip disease severity in pineapple using a non-contact sensor approach. *Agricultural Sciences* 4(4): 206-208. DOI: 10.4236 / as.2013.44029.
- Del Ángel, P.A.L., Rebolledo, M.A., Uriza, A.D.E., Rebolledo, M.L. y Zetina, L.L. (2011). La piña y su cultivo en México: Cayena Lisa y MD2. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 233 p. ISBN 978-607-425-547-8.
- Gentleman, R., and Ihaka, R. (1993) R Studio (Version 3.5.1). Departamento de Estadística de la Universidad de Auckland.
- Gusmão, S.R., Aguilar, R.A., Silva, A.M., De Oliveira, F., & Rodrigues, M. (2012). Abacaxi 'turiacu': cultivar tradicional nativa do maranhão. *Rev. Bras. Frutic.* 34(4): 1270-1276. <https://www.scielo.br/pdf/rbf/v34n4/37.pdf>
- Leonardo, P.F.A., Pereira, E.W., Silva, M.S., Araújo, C.R., & Mendonça, N.R.M. (2014). Tamanho ótimo da parcela experimental de abacaxizeiro 'vitória'. *Rev. Bras. Frutic.* 36(4): 909-916. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-396/13>.
- NOM-021-SEMARNAT-2000. Especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Diario Oficial, 31 de diciembre de 2002. 85 p. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf>
- Rebolledo, M.A., del Angel, P.A.L., Becerril, R.A.E. y Rebolledo, M.L. (2005). Growth analysis for three pineapple cultivars grown on plastic mulch and bare soil. *Interciencia* 30(12): 758-763. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33911107.pdf>
- Rebolledo, M.A., del Ángel, P.A.L., Rebolledo, M.L., Becerril, R.A.E. y Uriza, A.D.E. (2006). Rendimiento y calidad de fruto de cultivares de piña en densidades de plantación. *Rev. Fitotec. Mex.* 29(1): 55-62. <https://www.redalyc.org/pdf/610/61029108.pdf>
- Salgado, G.S., Palma, L.D.J., Zavala, C.J., Ortiz, G.C.F., Lagunes, E.L.C., Ortiz, C.A.I., Córdova, S.S. y Salgado, V.S. (2017a). Los suelos ácidos de la sabana de Huimanguillo, Tabasco, México. *Agroproductividad* 10(12): 16-21. <http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/31/25>
- Salgado, G.S., Palma, L.D.J., Zavala, C.J., Ortiz, G.C.F., Lagunes, E.L.C., Castelan, E.M., Guerrero, P.A., Ortiz, C.A.I. & Córdova, S.S. (2017b). Integrated system for recommending fertilization rates in pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.) crop. *Acta Agron.* 66(4): 566-573. DOI: <https://doi.org/10.15446/acag.v66n4.62257>
- Salgado, G.S., Palma, L.D.J., Zavala, C.J., Ortiz, G.C.F., Lagunes, E.L.C., Castelan, E.M., Guerrero, P.A., Ortiz, C.A.I. y Córdova, S.S. (2010) Sistema integrado para recomendar dosis de fertilizantes (SIRDF): en la zona piñera de Huimanguillo, Tabasco. Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco, México. 81 p.
- Sampaio, C.A., De Fatima, F.T., & Leonel, S. (2011). Crescimento vegetativo e características dos frutos de cinco cultivares de abacaxi na região de bauru-sp. *Rev. Bras. Frutic.* 33(3): 816-822. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011005000101>.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2019). Avance de Siembras y Cosechas. Resumen nacional por estado. Consultado el 28 de noviembre de 2019 de http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do
- Silva, P.A.L., Silva, P.A., Souza, Pereira de A., Djail, S., Silva, de M.S., & Silva, B.V. (2012). Resposta do abacaxizeiro 'vitória' a doses de nitrogênio em solos de tabuleiros costeiros da paraíba. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* 36(2): 447-456. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000200014>.
- Spegiorin, L., Salatier, M.A., & Dos Santos, J. (2011). Produtividade e qualidade de abacaxizeiro cv. Smooth Cayenne, cultivado com aplicação de doses e parcelamentos do nitrogênio, em guaraçai-sp. *Rev. Bras. Frutic.* 33(3): 1004-1014. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011005000080>.
- Spironello, A., Quaggio, J.A., Teixeira, J.L.A., Furlani, P.R., & Monteiro, S.J.M. (2004). pineapple yield and fruit quality effected by npk fertilization in a tropical soil. *Rev. Bras. Frutic.* 26(1): 155-159. <https://doi.org/10.1590/S0100-294852004000100041>.
- Teixeira, J.L.A., Spironello, A., Furlani, P.R., & Sigríst, M.J.M. (2002). Parcelamento da adubação NPK em abacaxizeiro. *Rev. Bras. Frutic.* 24(1): 219-224. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452002000100047>.
- Turrent, A. (1985). El método gráfico-estadístico para la interpretación económica de experimentos conducidos con la matriz Plan Puebla I. Colegio de Posgraduados Chapingo. 65 p.
- Uriza, A.D., Torres, A.E.A., Aguilar, A.J., Santoyo, C.V.H., Zetina, L.R. y Rebolledo-Martínez, A. (2018). La piña mexicana frente al reto de la innovación. Avances y retos en la gestión de la innovación. Colección Trópico Húmedo. Chapingo, Estado de México. México: UACH. 479 p. ISBN: 978-607-12-0511-7.
- Veloso, C.C.A., Oeiras, L.A.E., Carvalho, M.E.J., & De Souza, S.F.R. (2001). Resposta do abacaxizeiro à adição de nitrogênio, potássio e calcário em latossolo amarelo do Nordeste Paraense. *Rev. Bras. Frutic.* 23(2): 396-402. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452001000200040>.
- Zavala, C.J., Salgado, S.G., Marín, A.A., Palma, L.D.J., Castelan, E.M. y Ramos, R.R. (2014). Transecto de suelos en terrazas con plantaciones de cítricos en Tabasco. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 1(2): 123-137. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-90282014000200004&lng=es.