

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DE TRES CULTIVARES DE PIÑA EN DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

A. Rebolledo-Martínez¹; L. del M. Ruiz-Posadas^{2†}; A. E. Becerril-Román¹; R. Mosqueda-Vázquez¹;
A. Castillo-Morales³; L. Rebolledo-Martínez⁴; D. Uriza-Ávila⁴

¹Especialidad de Fruticultura, Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco, km 35.5, Montecillo, Estado de México, C. P. 56230. México. Tel/Fax (5) 95 2 02 47

²Especialidad de Botánica. Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco, km 35.5, Montecillo, Edo de México, C.P. 56230. México. Tel/Fax (5) 95 2 02 47 ([†]Autor responsable) Correo-e: lucpo@colpos.colpos.mx.

³Departamento de Matemáticas. Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalpa. D. F. México.

⁴Campo Experimental Papaloapan (INIFAP), Apartado postal 43, Cd. Isla, Veracruz, C. P. 95641. México.

RESUMEN

En México el cv. Cayena Lisa de piña es básicamente el único cultivado; por ello es necesario el estudio de otros genotipos antes de ser introducido a nuestro país; en este estudio se determinaron algunas características sobre relaciones hídricas en tres cultivares de piña en dos condiciones de desarrollo; los tratamientos fueron con y sin cubierta plástica con los cultivares Cayena Lisa, Champaka y Oro en diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones en parcelas divididas. Se hicieron muestreos en época seca, inicio de lluvias, justo antes del tratamiento de inducción floral (TIF) y durante la floración. Los resultados mostraron que los tres cultivares se comportaron como plantas MAC típicas. En etapas tempranas de desarrollo y durante la floración, el CO₂ fijado, fue similar en cubierta y no cubierta, sin embargo, al momento del TIF cubierta plástica tuvo valores más altos. 'Oro' fue más eficiente para fijar CO₂ en etapas tempranas de desarrollo y durante las primeras horas del día; también hubo relación inversa entre pH y contenido de ácido málico. Durante el periodo seco, el contenido relativo de agua fue menor en no cubierta, mientras que 'Cayena Lisa' y 'Champaka' superaron a 'Oro'; así mismo 'Oro' tuvo mayor contenido de clorofila y menor número de estomas aunque éstos fueron más grandes que en los otros cultivares.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Ananas comosus* L. Merr., fijación de CO₂, estomas, ácido málico, contenido relativo de agua

SOME PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THREE PINEAPPLE CULTIVARS GROWN UNDER TWO DIFFERENT PRODUCTION SYSTEMS

SUMMARY

'Cayena' Lisa is the pineapple cultivar most widely used in Mexico. However, the study of other cultivars before introducing them into our country is imperative. In this study some features related to drought resistance were determined under two growth conditions: plastic mulch and bare soil. In each treatment the cultivars 'Cayena Lisa', 'Champaka' and 'Oro' were evaluated under a randomized block design with four replicates, in split plot. Samples were collected in the dry season, at the beginning of the rainy season, just before floral induction and during flowering. The results showed that the pineapple cultivars behaved as a typical CAM plant. In the early development stage and during blooming, CO₂ fixation was similar in plastic mulch and bare soil treatments; however, at floral induction, the plastic mulch treatment had higher values. In the early development stage cv. Oro was more efficient in the CO₂ fixation, but this happened only in the early morning. There was also an inverse relationship between pH and malic acid content. During the dry season, RWC (relative water content) was lower in bare soil than in the plastic mulch treatment. RWC values obtained for 'Cayena Lisa' and 'Champaka' were higher than those obtained for cv. Oro. The cv. Oro had the higher chlorophyll content and the fewer stomata, but larger in size, than in the other cultivars.

ADDITIONAL KEY WORDS: *Ananas comosus* L. Merr., CO₂ fixation, stomata, malic acid, relative water content.

INTRODUCCIÓN

El cv. Cayena Lisa de piña (*Ananas comosus* L. Merr.) fue introducido en México desde hace un siglo y actualmente se cultiva en el 90 % de las aproximadamente 12,500 ha que se dedican a la producción de piña en este país con rendimiento promedio de 52 t·ha⁻¹ (Rebolledo *et al.*, 2000). Sin embargo, en las principales zonas productoras de piña en el mundo existen cultivares que han desplazado al 'Cayena Lisa' porque lo superan significativamente en rendimiento y calidad, como son el clon 'Champaka F 153' y el híbrido 'MD-2', también llamado 'Oro' (Jiménez, 1996). Estos cultivares promisorios deben ser evaluados en nuestros agrosistemas antes de ser introducidos, ya que la mayor parte de la producción de México se realiza en condiciones de temporal, donde, y a pesar de que la precipitación anual oscila entre 1100 y 1800 mm, el 80 % de la lluvia cae de junio a octubre, 14 % en noviembre y diciembre y el 6 % de enero a mayo (Rebolledo *et al.*, 1998).

Aunque existen algunos informes acerca de la tolerancia a sequía de la piña, es un hecho que su crecimiento, desarrollo, rendimiento y calidad se reduce cuando disminuye el contenido de agua en el suelo (Py, 1965; Rebolledo *et al.*, 1997). Con el fin de reducir estos efectos, la cubierta plástica es regularmente usada en Hawaii y por algunos productores piñeros en Australia y Costa de Marfil (Bartholomew y Malézieux, 1994). Aunque la cubierta plástica ofrece muchos beneficios (Py *et al.*, 1984), el ahorro de agua es la razón más importante para el uso de este sistema (Bartholomew y Malézieux, 1994).

Bajo condiciones de sequía, la primera respuesta de la planta es evitar la excesiva pérdida de agua por medio del cierre de estomas; esta respuesta también afecta la tasa de asimilación de CO₂ lo que se refleja en un menor crecimiento del cultivo. Debido a que la piña es una planta MAC, el CO₂ absorbido durante la noche, es metabolizado vía carboxilación de fosfoenol piruvato a oxaloacetato, el cual es entonces reducido a malato (Bartholomew y Malézieux, 1994). La acumulación de ácido málico equivalente a la cantidad de CO₂ asimilado durante la noche ha sido reconocida desde hace mucho tiempo como una acidificación nocturna de la hoja (Sideris *et al.*, 1948; Aubert, 1971; Sale y Neales, 1980), en donde una hoja fresca puede alcanzar hasta 10 mg·g⁻¹ de ácido málico (Bartholomew y Kadzimin, 1977).

Con base en esta información y debido a que a la fecha no hay suficiente información sobre las ventajas o desventajas a nivel fisiológico que la práctica de cubierta plástica le puede brindar al cultivo de piña (Bartholomew y Malézieux, 1994) se planteó esta investigación cuyo objetivo fue estudiar algunas características fisiológicas de los cultivares Cayena Lisa, Champaka F 153 y Oro, cultivadas bajo los sistemas de plantación con y sin cubierta plástica en condiciones agoecológicas del trópico subhúmedo de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización geográfica y material vegetal

El experimento fue realizado en el Campo Experimental Papaloapan del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado a 18° 06' latitud norte y 95° 31' longitud oeste a 50 m de altitud. El clima del sur del estado de Veracruz, México, es clasificado como Aw₀: el más seco de los sub húmedos con temperatura media anual de 24 °C; el periodo más frío es de diciembre a febrero con un promedio 19 °C y el más caliente de abril a junio con un promedio de temperaturas máximas de 37 °C (García, 1988). Los suelos son Cambisoles, de textura migajón-arenosa, pobres en materia orgánica y nutrimentos, pH de 4.5 y 0.06 dS·m⁻¹ de conductividad eléctrica. La precipitación media anual durante 1998 fue de 1175 mm, de los cuales 80 % cayeron de junio a octubre (Rebolledo *et al.*, 2000).

El material vegetativo utilizado, se originó de las yemas del tallo (clavos) con un peso promedio de 400 g y fue obtenido en el Banco de Germoplasma del Campo Experimental Papaloapan (INIFAP).

Diseño experimental y tratamientos

El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro repeticiones con arreglo de tratamientos en parcelas divididas; la unidad experimental estuvo constituida por 120 plantas, colocadas en cuatro camas de 9 m de anchura con dos hileras por cama a una densidad de 45,000 plantas·ha⁻¹; las parcelas grandes fueron: con cubierta plástica y sin cubierta; las parcelas chicas los cultivares Cayena Lisa, Champaka y Oro; la combinación de los niveles de los factores totalizó seis tratamientos. Inmediatamente antes de la plantación se colocó manualmente sobre la cama de siembra el plástico negro calibre 125. El experimento se estableció en enero de 1998 y el tratamiento de inducción floral (TIF), 11 meses después. La fertilización y demás prácticas de manejo se hicieron de acuerdo como lo indica Rebolledo *et al.* (1998).

Ácido málico

Por cada unidad experimental, con ayuda de un sacabocado, se tomaron dos segmentos de 2 cm de diámetro de la parte media de la hoja "D" (la hoja más joven fisiológicamente madura) de dos plantas medianas (Sanford, 1962) y se colocaron en nitrógeno líquido mientras eran transportados al laboratorio en donde los segmentos se molieron con 10 de agua destilada. El porcentaje de ácido málico fue determinado por titulación (AOAC, 1990). El cálculo se hizo como sigue:

Ácido málico (%) = $G \times N \text{ (meq ácido málico) (Vt)} / 100$
 $[w (V_a)]$. G = ml de NaOH usado; N = normalidad de NaOH; miliequivalentes ácido málico = 0.067; V t = volumen total

de la muestra (ml); w = peso de la muestra (g); V_a = volumen de la alícuota titulada.

Se hicieron cuatro muestreos a partir del sexto mes de plantación; en el primero se tomaron las muestras en 11 diferentes horas del día durante las 24 horas; el segundo muestreo se hizo en siete diferentes tiempos y en los últimos dos muestreos en ocho horas del día diferentes.

pH

El extracto que se usó para determinar el ácido málico en los dos últimos muestreos fue utilizado para obtener el pH. La medición se hizo por medio de un potenciómetro (Corning 12) antes de la titulación.

Longitud y número de estomas

Las impresiones de la hoja fueron tomadas de tres secciones de la hoja "D" (basal, media y apical) con un material dental de baja viscosidad (Xantopren, Bayer Dental, London). Se colectó una hoja por unidad experimental y a la impresión obtenida se le aplicó barniz transparente de uñas que al secar fue colocado en un portaobjetos para realizar el conteo y medición con ayuda de un microscopio compuesto (Weyers y Johansen, 1985); antes de iniciar el proceso de impresión de epidermis, la cutícula de la hoja fue raspada con una navaja para reducir su grosor y poder obtener mayor detalle de los estomas. Se obtuvo el número de estomas por unidad de área y la longitud fue medida en términos de la distancia (mm) entre las paredes terminales de las células oclusivas.

Contenido relativo de agua

De cada unidad experimental, se tomaron dos segmentos de 2 cm de diámetro en la parte media de la hoja "D" de dos plantas medianas, de acuerdo con la técnica de Sanford (1962). Después de que el peso fresco fue obtenido, los discos se sumergieron en agua durante ocho horas, se pesaron nuevamente y se pusieron a secar en la estufa a 72 °C durante tres días con el fin de obtener el peso seco. El cálculo fue como sigue:

$$\text{CRA (\%)} = (\text{Peso Fresco} - \text{Peso Seco}) / (\text{Peso Turgente} - \text{Peso Seco}) \times 100.$$
 Se realizaron cinco muestreos en las siguientes fechas: 5 de junio, 12 de junio, 23 de julio, 15 de septiembre y 12 de noviembre de 1998.

Clorofila

Las determinaciones se realizaron con el medidor de clorofila Spad-502 (Minolta Co. ETD) en 10 hojas por unidad experimental por muestreo en la parte media de la hoja "D"; se tomaron lecturas a los seis, siete nueve y diez meses después de la plantación.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico, se utilizó el sistema de análisis estadístico (SAS) para Windows Ver. 8, realizando el análisis de varianza dentro de cada muestreo y prueba de Tukey para la comparación de medias de tratamientos cuando esta procedió en cada una de las variables estudiadas. Las figuras se elaboraron con el programa Sigma-Plot 2000.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ácido málico

El ritmo de fijación de CO_2 , durante el día y la noche, medido como contenido de ácido málico, tuvo la misma tendencia en los cuatro estados de desarrollo evaluados; inició con la oscuridad, cerca de las 20:00 h y justo después del amanecer (9:00 h) alcanzó el valor más alto; a partir de ahí se presentó una caída en el contenido de ácido málico que después del medio día no rebasó $4 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ con valores mínimos a las 16:00 h (Figuras 1 y 2), comportándose los tres cultivares como plantas MAC completas como lo reportan Aubert (1971), Sale y Neales, (1980), Nose *et al.*, (1986) y Neales (1975), quienes indican que la fijación de CO_2 medida como acidez titulable decrece drásticamente durante las horas más calurosas del día cuando existe mayor irradiación. Este ritmo de fijación se relaciona con la apertura estomática, es decir que con luz pero con temperaturas diurnas bajas la planta puede fijar CO_2 (Chen y Liaw, 1968; Bartholomew y Malézieux, 1994). Las concentraciones de ácido málico de cerca de $10 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ fueron similares a los obtenidos por Bartholomew y Kadzimin, (1977) y Aubert (1971) para piña.

Se observó que a lo largo del ciclo, las plantas más jóvenes tuvieron más ácido málico (Figuras 1 y 2) debido probablemente a que en esa época las temperaturas fueron más altas que en el resto del año y la enzima fosfoenol-pyruvato-carboxylasa es más eficiente para fijar CO_2 en esas condiciones; además la planta está en pleno crecimiento y producción de hojas, y demanda mayor cantidad de carbohidratos; parte de ellos serán almacenados en el tallo y utilizados para el desarrollo de flores y frutos, como lo mencionan Neales *et al.* (1980); Nose *et al.* (1986) y; Bartholomew y Malézieux (1994).

En diferentes estados de desarrollo la cubierta plástica no tuvo efecto en el contenido de ácido málico (Figura 1A, B, D); a excepción de la etapa justo antes del TIF en donde la cubierta fue estadísticamente superior al sin cubierta durante la madrugada y a las 7:00 am ($P = 0.10$) (Figura 1C). Aunque no se lograron detectar las diferencias en etapas iniciales de desarrollo, las plantas con cubierta plástica cercanas al TIF tienen mayor crecimiento y alcanzan su mayor tasa de fijación de CO_2 ; durante la floración el efecto de la cubierta es nulo al bajar la actividad fotosintética ya que la planta deja de producir hojas.

En comparación con 'Champaka' y 'Cayena Lisa', el cultivar Oro mostró mayor actividad fotosintética durante la época seca y al inicio de lluvias durante las horas tempranas del día ya que produjo estadísticamente más ácido málico (Figura 2A, B); mientras que el comportamiento fue inverso en el TIF y durante la floración (Figura 2C, D). Esto pudiera estar influenciado por el fotoperiodo y temperatura como lo mencionan Sideris *et al.* (1948), Aubert (1971) y Sale y Neales (1980), ya que la inducción floral y la floración coincidieron con días cortos y temperaturas bajas, situación que no parece favorecer a 'Oro', el cual manifiesta diferencias marcadas para esta variable y probablemente en condiciones ambientales más estables pudiera manifestarse diferente.

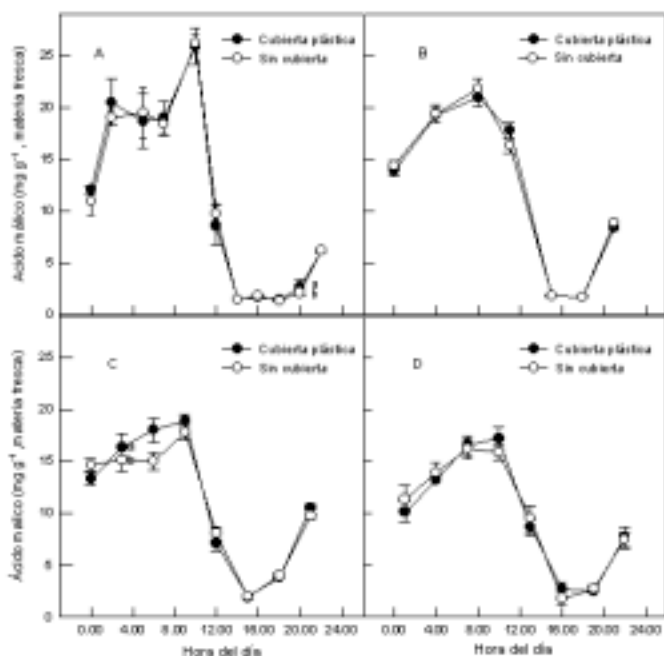


Figura 1. Concentración de ácido málico en la hoja "D" de piña (*Ananas comosus* L. Merr.) cultivada con y sin cubierta plástica de suelo: A) a los seis meses de edad en época seca; B) a los siete meses de edad al inicio de lluvias; C) inmediatamente antes de la inducción floral; y, D) durante la floración. (Medias con letras similares dentro de hora de muestreo y fase fenológica son estadísticamente iguales; Tukey, $P \leq 0.05$; cada punto graficado es resultado del promedio de 12 mediciones; barras \pm error estándar.

pH

Con relación al contenido de ácido málico y su pH, puede observarse (Figura 3A, C) que cuando se incrementa el contenido de ácido málico, el pH es más ácido por lo que esta variable podría ser usada como indicativo del contenido de ácido málico y como consecuencia del ritmo de fijación de CO_2 ; esto también está ligado con el comportamiento estomático, de acuerdo con lo encontrado con Kubota *et al.* (1997) para la especie *Phalaenopsis*.

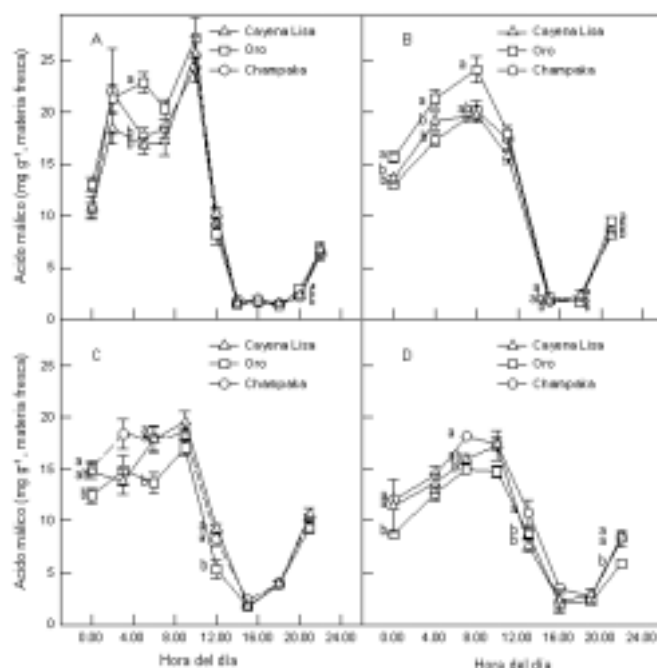


Figura 2. Concentración de ácido málico en la hoja "D" de tres cultivares de piña (*Ananas comosus* L. Merr.): A) a los seis meses de edad en época seca; B) a los siete meses de edad al inicio de lluvias; C) inmediatamente antes de la inducción floral; y, D) durante la floración. Medias con letras similares dentro de hora de fase fenológica son estadísticamente iguales, Tukey, $P \leq 0.05$; cada punto graficado es resultado del promedio de 12 mediciones, barras \pm error estándar.

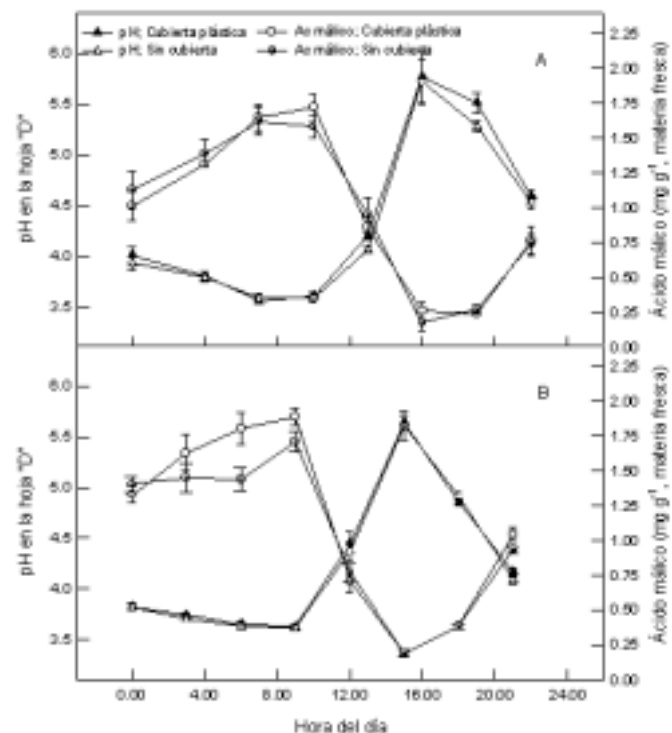


Figura 3. Concentración de ácido málico y pH en el tercio medio de la hoja "D" de piña (*Ananas comosus* L. Merr.) cultivada con y sin cubierta de suelo en dos etapas fenológicas: A) iniciación floral y B) floración. Cada punto graficado es resultado del promedio de 12 mediciones, barras \pm error estándar.

Estomas

La cubierta plástica no produjo ningún cambio en distribución, frecuencia y tamaño de estomas con relación a las plantas crecidas sin este tratamiento; sin embargo, se observó que el cv. Oro tuvo menos estomas ($46 \text{ estoma} \cdot \text{mm}^{-2}$) que los otros dos cultivares (73 y $71 \text{ estoma} \cdot \text{mm}^{-2}$ para 'Champaka' y 'Cayena Lisa', respectivamente) como se muestra en la Figura 4A. Los estomas más largos se encontraron en 'Oro' con $27.34 \mu\text{m}$ en promedio sin haber variación a lo largo de la hoja en tanto que 'Champaka' y 'Cayena Lisa', tuvieron los estomas más pequeños en la parte media y apical de la hoja (Figura 4B).

El mayor número de estomas encontrados en la parte media de la hoja "D" en los tres cultivares coincide con la zona de mayor grosor donde se encuentra el tejido almacenador de agua el cual es más delgado hacia el ápice; la menor cantidad de estomas encontrados en la base de la hoja coincide con el inicio de la parte clorofílica, equivalente al pecíolo en otras plantas y la actividad fotosintética es menor que en el resto de la hoja (Bartholomew y Kadzimin, 1977). La frecuencia y tamaño de estomas coincide con lo reportado por Bartholomew y Kadzimin (1977) quienes encontraron de 75 a $85 \text{ estomas} \cdot \text{mm}^{-2}$ y $26.5 \mu\text{m}$ de longitud para 'Cayena Lisa', sin embargo, no mencionan nada acerca de su distribución en la hoja. 'Oro', quizá por ser un híbrido (Jiménez, 1996), presentó diferencias notables con respecto a los otros dos materiales evaluados.

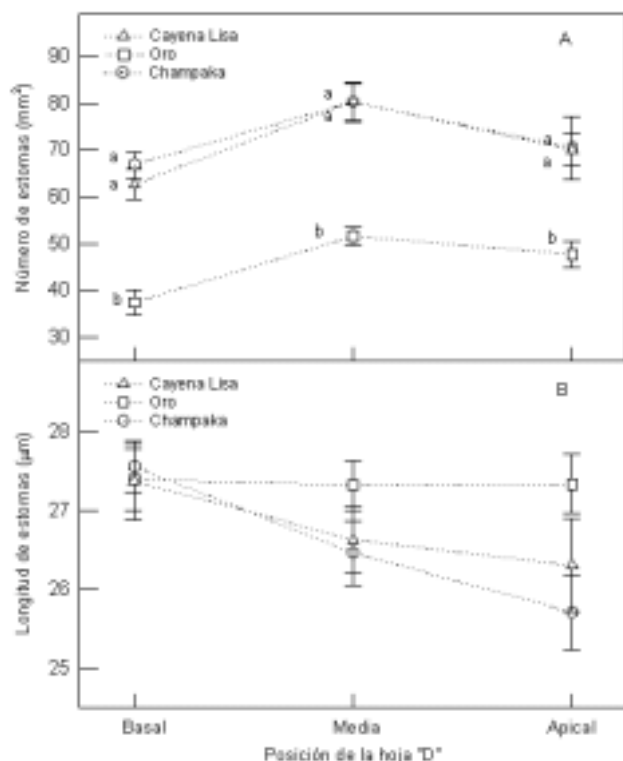


Figura 4. Estomas en la hoja "D" de tres cultivares de piña (*Ananas comosus* L. Merr.) en la parte basal, media y apical: A) frecuencia y distribución y B) longitud. Medias con letras similares dentro de posición son estadísticamente iguales; Tukey, $P \leq 0.05$; cada punto graficado es resultado del promedio de 12 mediciones, barras \pm error estándar.

Contenido relativo de agua (CRA)

La Figura 5A muestra el CRA durante el periodo vegetativo; en el periodo seco, correspondiente a los primeros dos muestreos, las plantas desarrolladas con cubierta plástica tuvieron mayor CRA; después no hubo algún efecto debido a que con el establecimiento de las lluvias ambos tratamientos tuvieron humedad suficiente en el suelo.

Durante la época seca el CRA fue estadísticamente mayor en 'Champaka' y 'Cayena Lisa' que en 'Oro' (Figura 5B). En la época lluviosa, todos los tratamientos tuvieron un comportamiento similar en el CRA y este decreció durante el día con valores menores alrededor de las 16:00 h y más altos durante la mañana (Figuras 6 y 7).

Los altos valores de CRA encontrados en mayo con respecto al siguiente muestreo fueron debido a que una semana antes de muestrear la segunda vez llovieron 15 mm suficientes para absorber la humedad del suelo pero no para igualar al tratamiento con cubierta plástica, además de que se midió una semana después lo que confirma que las bondades de la práctica de cubierta plástica (Py, 1965; Rebolledo *et al.*, 1997). A partir de la segunda decena de junio se establecieron las lluvias y al haber mayor humedad disponible el CRA se incrementó igual en ambos tratamientos. En la época seca 'Oro' fue menos eficiente en la acumulación de agua en sus tejidos, pero en buenas condiciones de humedad, en el muestreo al TIF, su eficiencia tendió a aumentar ($P=0.06$) con relación a los otros dos cultivares. Esta información muestra que el híbrido 'Oro' pudiera ser más eficiente cuando se mejora su ambiente como se reflejó en la asimilación de ácido málico. El CRA fue menor durante la tarde debido a que aunque los estomas estaban cerrados, el déficit de presión de vapor es mayor y consecuentemente existe mayor pérdida de agua; durante la noche la humedad relativa es alta y la planta tiende a estar en equilibrio con el ambiente. Nuevamente 'Oro' con buenas condiciones de humedad tendió a almacenar mayor cantidad de agua en sus tejidos a los 11 meses de edad en relación con los otros dos cultivares. Los valores de CRA podrían ser utilizados como un indicador del potencial hídrico al coincidir con lo encontrado por George *et al.* (1986), quienes obtuvieron una alta y positiva correlación entre esas dos variables en condiciones de sequía.

Clorofila

El contenido de clorofila no fue afectado por el de cubierta plástica, sin embargo, 'Oro' tuvo mayor cantidad que los otros dos cultivares (Figura 8). Las diferencias encontradas entre los cultivares pudieran ser un indicador de la fotosíntesis, como lo mencionan Buttery y Buzzell, (1977) y Syvertsen, (1984), quienes consideraron a este parámetro para seleccionar genotipos de alta tasa fotosintética en otras especies.

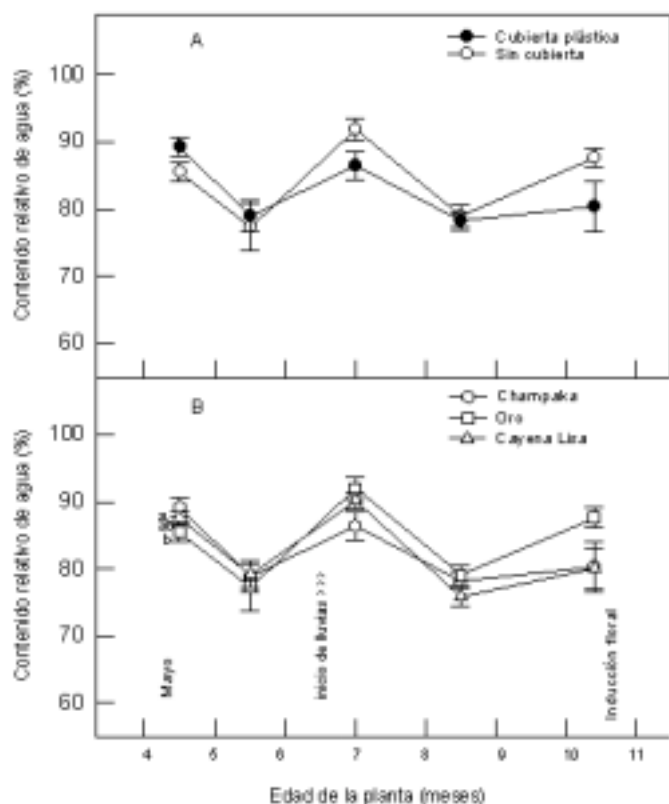


Figura 5. Contenido relativo de agua en la hoja "D" de piña (*Ananas comosus* L. Merr.) desde los cinco meses de edad hasta la inducción floral: A) factor cubierta y B) factor cultivares. Medias con letras similares, dentro de muestreo y factores de variación, son estadísticamente iguales, Tukey, $P \leq 0.05$; cada punto graficado es resultado del promedio de 12 mediciones; barras \pm error estándar.

CONCLUSIONES

El cv. Oro fue más eficiente para fijar ácido málico en fases tempranas de desarrollo pero solamente durante las horas más frescas; asimismo tuvo mayor contenido de clorofila.

Los cultivares Champaka y Cayena Lisa tuvieron mayor cantidad de estomas, pero más pequeños y menos distribuidos en la hoja que 'Oro'.

Al momento del Tratamiento de introducción floral, el de cubierta plástica asimiló más CO_2 que en otras etapas de desarrollo; asimismo tuvo mayor CRA durante la época seca en relación con el de no cubierta.

En general El cv. Oro mostró mejores y diferentes características fisiológicas cuando se le presentaron las mejores condiciones de humedad al tener mayor capacidad de almacenamiento de agua en sus tejidos, por lo que en condiciones de riego podría expresar mayormente potencial.

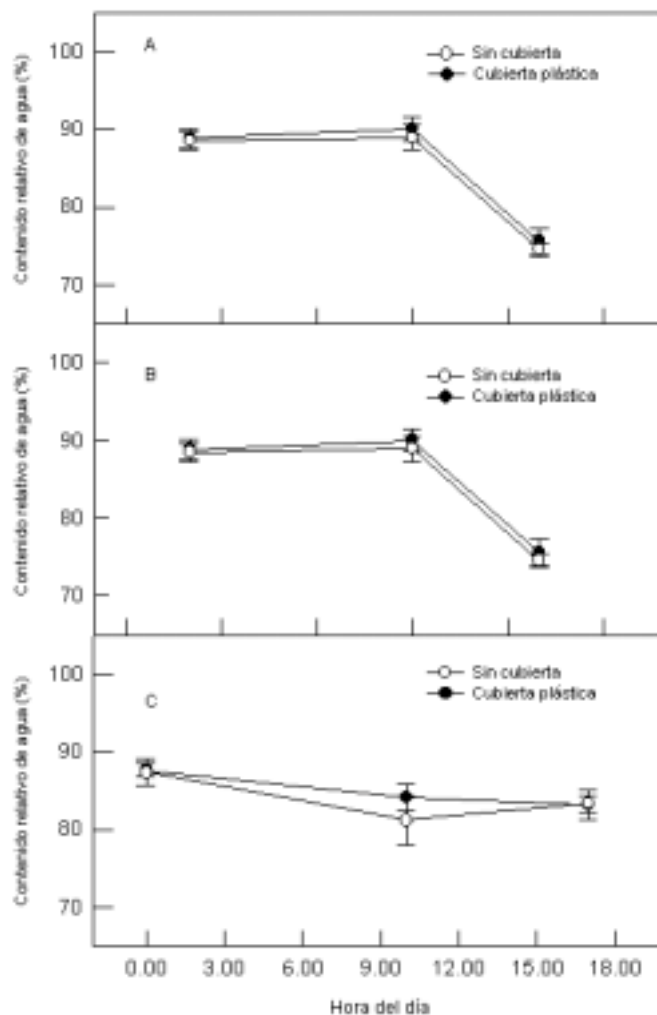


Figura 6. Contenido relativo de agua en la hoja "D" de piña (*Ananas comosus* L. Merr.) cultivada con y sin cubierta del suelo durante el día y la noche: A) a los siete meses de edad al inicio de lluvias; B) a los nueve meses de edad; y, C) a los once meses de edad en la inducción floral. Cada punto graficado es resultado del promedio de 12 mediciones, barras \pm error estándar.

LITERATURA CITADA

- AOAC (Association of Official Agricultural Chemist). 1990. Official Analytical Chemist. 13 ed. Washington, D.C., USA. 1023 p.
- AUBERT, B. 1971. Etude de la radiation globale sur la synthese d'acoriorganiques et la régulation stomatique des plantes succulentes. Exemple d'*Ananas comosus* (L) Merr. Oecol. Plant. 6:25-34.
- BARTHOLOMEW, D. P.; KADZIMIN, S. B. 1977. Pineapple, pp. 113-149. In: Ecophysiology of Tropical Crops. Academic Press. New York, USA.
- BARTHOLOMEW, D. P.; MALÉZIEUX, E. 1994. Pineapple, pp. 243-291. In: Handbook on Environmental Physiology of Fruits Crops, Vol. II, Subtropical and Tropical Crops. Schafer, B, and Anderson, P. C, (eds.) CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.

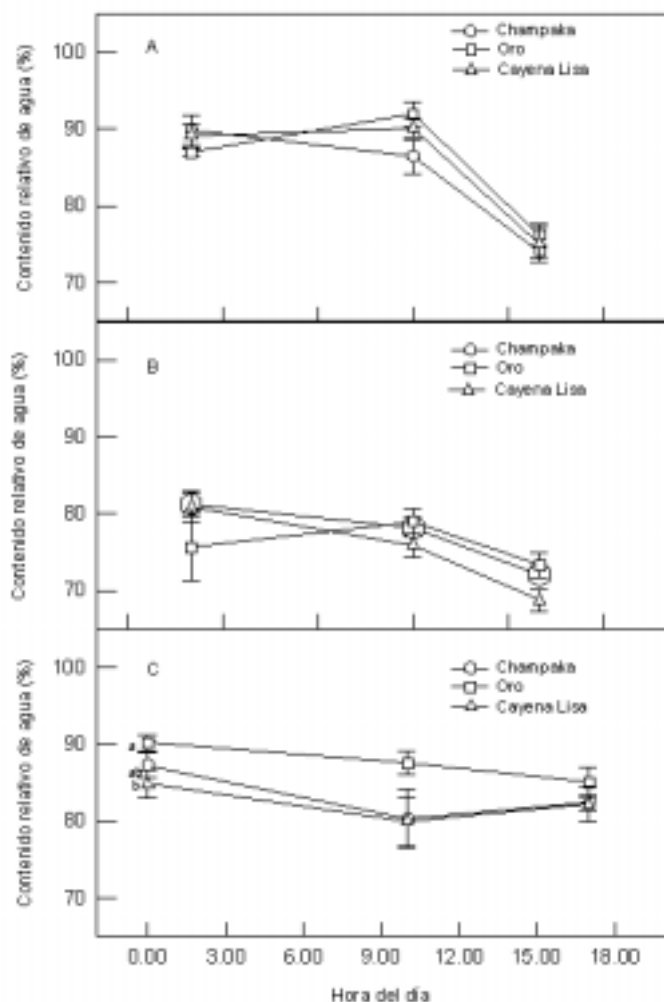


Figura 7. Contenido relativo de agua en hoja "D" de tres cultivares de piña (*Ananas comosus* L. Merr.) durante el día y la noche: A) a los siete meses de edad al inicio de lluvias; B) a los nueve meses de edad; y, C) a los once meses de edad en inducción floral. Medias con letras similares, dentro de hora de muestreo y fase fenológica, son estadísticamente iguales, Tukey, $P \leq 0.05$; cada punto graficado es resultado del promedio de 12 mediciones, barras \pm error estándar.

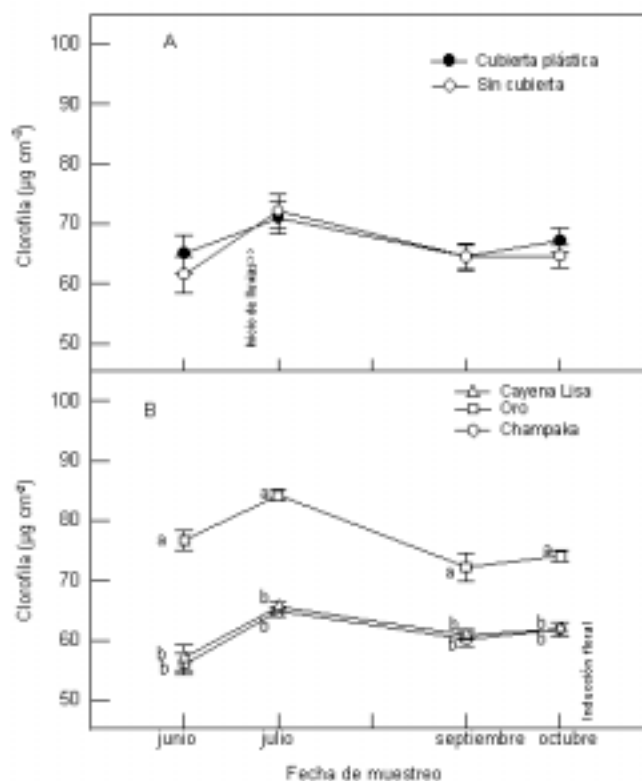


Figura 8. Concentración de clorofila en piña (*Ananas comosus* L. Merr.) a los seis (junio, época seca), siete (julio, inicio de lluvias), nueve (septiembre) y diez (octubre, inducción floral) meses de edad por efecto de: A) factor cubierta y B) factor cultivar. Medias con letras similares, en cultivar o cubierta dentro de fecha de muestreo, son estadísticamente iguales, Tukey, $P \leq 0.05$; cada punto graficado es resultado del promedio de 40 mediciones, barras \pm error estándar.

BUTTERY, B. R.; BUZZELL, R. I. 1977. The relation between chlorophyll content and rate of photosynthesis in soybeans. *Can. J. Plant Sci.* 57:1-5.

CHEN, C. Y.; LIAW, Y. S. 1968. A study of stomatal movement in pineapples. *J. Agric. Assoc. China (New Series)* 64: 23-28.

DEL MONTE. 1994. Del Monte Shifts over to new pineapple Variety: Golden Ripe developed in Costa Rica. *Eurofruit Magazine*. 40 p.

GARCÍA, E. 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4ª. Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F., México. 217 p.

GEORGE, A. P.; NISSEN, R. J.; CHAPMAN, K. R.; KERSLAKE R. G. 1984. Measurement of plant water status in pineapple [*Ananas comosus* (L) Merr. Cv. Queensland Cayenne (Clone 13)]. *Queensland Journal of Agriculture and Animals Sciences* 41: 57-64.

JIMÉNEZ, D., J. A. 1996. El cultivo de la Piña de Exportación. Instituto del Trópico Húmedo de Tabasco, Tabasco, México. 167 p.

KUBOTA, S.; HISAMATSU, T.; KOSHIOKA, M. 1997. Estimation of malic acid metabolism by measuring pH of hot water extracts of *Phaellaenopsis* leaves. *Scientia Horticulturae* 71: 251-255.

NEALES, T. F. 1975. The gas exchange pattern of CAM plants, pp. 299-310. *In: Environmental and Biological Control of Photosynthesis*. R. Marcelle, (ed.).

NEALES, T. F.; SALE, P. J. M.; MEYER, C.P. 1980. Carbon dioxide assimilation by pineapple, *Ananas comosus* (L) Merr. II: Effects of variation of the day/night temperature regime. *Aust. J. Plant Physiol.* 7:375-385.

NOSE, A.; HEIMA, S.; MURAYAMA, K. 1986. Effects of day-length on CAM type CO_2 and water vapour exchange of pineapple plant. *Photosynthetica* 20(2): 20-28.

PY, C.; LACOEUILHE, J. J.; TEISSON, C. 1984. L'ananas, sa culture, ses produits, techniques agricoles et productions tropicales. Ed Maisonneuve, Larose, Paris, France. 962 p.

PY, C. 1965. Approches pour combler le deficit en eau, principal facteur limitant de la culture de l'ananas en Guinée. *Fruits* 20:315-321.

REBOLLEDO, M. A.; URIZA, A. D.; REBOLLEDO, M. L. 1997. Utilisation du paillage plastique pour la culture de l'ananas. *Plasticulture* 114(2): 45-54.

- REBOLLEDO, M. A.; URIZA, A. D.; REBOLLEDO, M. L. 1998. Tecnología para la producción de piña en México. INIFAP.CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Folleto Técnico Núm. 20. Veracruz, México. 159 p.
- REBOLLEDO, M. A.; URIZA, A. D.; REBOLLEDO, M. L. 2000. The Pineapple in Mexico: Currents Status and Prospects. Acta Horticulturae 529: 85-88.
- SIDERIS, C. P.; YOUNG, H. Y.; CHUN, H. H. Q. 1948. Diurnal changes and growth rates as associated with ascorbic acid, titratable acidity, carbohydrate and nitrogenous fractions in the leaves of *Ananas comosus* (L.) Merr. Plant Physiol. 23: 38-43.
- SALE, P. J. M.; NEALES, T. F. 1980. Carbon dioxide assimilation by pineapple plants, *Ananas comosus* (L.) Merr. I: Effects of daily irradiance. Aust. J. Plant Physiol. 7: 363-373.
- SANFORD, W. G. 1962. Pineapple crop Log-Concept. Better Crops for Plant Food 46: 32-43.
- SYVERTSEN, J. P. 1984. Light accumulation in citrus leaves. II. CO₂ assimilation and light, water and nitrogen use efficiency. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109(6): 812-817.
- WEYERS, J. D. B.; JOHANSEN, L. G. 1985. Accurate estimation of stomatal aperture from silicone rubber impressions. New Phytologist 101: 109-15.