

## RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO DE CULTIVARES DE PIÑA EN DENSIDADES DE PLANTACIÓN

### FRUIT YIELD AND QUALITY OF PINEAPPLE CULTIVARS UNDER PLANTING DENSITIES

Andrés Rebolledo Martínez<sup>1\*</sup>, Ana Lid del Ángel Pérez<sup>1</sup>, Laureano Rebolledo Martínez<sup>3</sup>, A. Enrique Becerril Román<sup>2</sup> y Daniel Uriza-Ávila<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Cotaxtla, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Km 34.5 Carr. Veracruz-Córdoba. Apdo. Postal No. 423, C.P. 91700, Medellín de Bravo, Ver. México. Tel. 01 (228) 934-8354; 934-2926. Correo electrónico: rebolledoandres@yahoo.com.mx

<sup>2</sup>Programa de Fruticultura, Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carr. México-Texcoco. C.P. 56230, Montecillo, Edo. de México. <sup>3</sup>Campo Experimental Papaloapan, INIFAP. Km 66 Carr. Cd. Alemán-Sayula, Apdo. Postal No. 43, C.P. 95641, Cd. Isla, Ver. México.

\* Autor para correspondencia

#### RESUMEN

Ante el advenimiento de nuevos cultivares de piña y dado que en México sólo se tiene definida la tecnología para el manejo agronómico del cultivar 'Cayena Lisa', el objetivo de la presente investigación fue determinar el rendimiento y la calidad de frutos de tres cultivares de piña en tres densidades de plantación en el trópico subhúmedo. El trabajo se estableció con un diseño experimental de parcelas divididas en bloques completos al azar con cuatro repeticiones, con tres densidades de plantación (30 000, 45 000 y 60 000 plantas/ha) y tres cultivares ('Champaka', 'Oro' y 'Cayena Lisa'). Se midió el peso de fruto y su relación con área foliar, número de frutos individuales y rendimiento; sólidos solubles totales y acidez titulable en tres tercios del fruto; longitud del pedúnculo, densidad, peso de corona de frutos, diámetro en los tres tercios, la relación entre diámetro superior e inferior y forma de fruto. En 30 000 plantas/ha, 'Cayena Lisa' superó en peso de fruto y rendimiento a 'Champaka' y 'Oro' (10 y 35 % respectivamente); mientras que en 45 000 y 60 000 plantas/ha, 'Champaka' fue similar a 'Cayena Lisa'. En 30 000 plantas/ha los frutos fueron 8.5 y 16 % más grandes que a 45 000 y 60 000 plantas/ha. Con la densidad de 60 000 plantas/ha se logró un rendimiento superior a 100 t ha<sup>-1</sup> en todos los cultivares. Los frutos de 'Champaka' y 'Oro' tuvieron más sólidos solubles que 'Cayena Lisa' y en acidez hubo diferencias entre cultivares. 'Oro' no presentó frutos cónicos, y 'Cayena Lisa' tuvo más frutos cónicos que 'Champaka' en 30 000 plantas/ha. 'Champaka' es la mejor opción para mercado nacional en 30 000 plantas/ha y para exportación en fresco en 60 000 plantas/ha; en tanto que 'Oro' tiene la calidad más alta de fruto y potencial para ambos mercados.

**Palabras clave:** *Ananas comosus*, cultivar, densidades de plantación, rendimiento, calidad.

#### SUMMARY

With the advent of new pineapple cultivars and because in Mexico there is technology management only for cultivar Smooth Cayenne, the aim of this research was to evaluate the yield and fruit

quality of three pineapple cultivars grown under three planting densities in a subhumid tropical conditions. The trial was carried out using a split plot design in four randomized blocks, with three planting densities (30 000, 45 000 and 60 000 plants/ha) and three cultivars ('Champaka', 'Oro' and 'Smooth Cayenne'). Fruit weight and its relation with foliar area, fruitlet number and yield; total soluble solids and titratable acidity for three fruit lengthwise sections; peduncle length, density and crown weight of fruits; and fruit diameter for three lengthwise sections, the rate between top and basal section diameter and fruit shape, were measured. For 30 000 plants/ha, 'Smooth Cayenne' fruit weight and yield were higher than those of 'Champaka' and 'Oro', while at 45 000 and 60 000 plants/ha 'Champaka' was similar to 'Smooth Cayenne'. In fruit weight and yield 30 000 plants/ha, the fruits were 8.5 and 16 % heavier than at 45 000 and 60 000 plants/ha, respectively. With 60 000 plants/ha, yield was higher than 100 t ha<sup>-1</sup> in all cultivars. 'Champaka' and 'Oro' fruits had higher total soluble solids than fruits of 'Smooth Cayenne', and there were no significant differences for titratable acidity among cultivars. 'Oro' did not show conical shaped fruits, whereas 'Smooth Cayenne' showed more conical fruits than Champaka at 30 000 plants/ha. 'Champaka' could be a better option for domestic fresh market at 30 000 plants/ha, and for fresh export market at 60 000 plants/ha. 'Oro' showed the highest fruit quality and it showed potential for both market types.

**Index words:** *Ananas comosus*, cultivar, planting density, yield and quality.

#### INTRODUCCIÓN

México ocupa el séptimo lugar en producción de piña en el mundo con alrededor de 650 000 t de fruta fresca cosechadas anualmente en 12 500 ha, con un rendimiento de 52 t ha<sup>-1</sup> (Rebolledo *et al.*, 1998). El rendimiento, aunque es superior al promedio mundial, es inferior a las 80 t ha<sup>-1</sup> obtenidas en Hawaii o las 70 t ha<sup>-1</sup> producidas en Costa Rica y Filipinas; aunque en México también se alcanzan

rendimientos de 115 t ha<sup>-1</sup> (Rebolledo *et al.*, 2000). El cultivar más utilizado es 'Cayena Lisa' en 80 % de las plantaciones, además, se está introduciendo el cultivar 'Champaka' y el híbrido MD-2 (conocido como 'Oro'), que han dado buenos resultados en los agroecosistemas piñeros del país, al igual que en otras regiones productoras en el mundo.

La introducción de estos cultivares, desarrollados por programas de mejoramiento genético de Hawaii (Williams y Fleisch, 1992), responde a la necesidad de diversificar (Py *et al.*, 1984; Nakasone y Paull, 1998; Cunha *et al.*, 1999), ya que la agroindustria mexicana relacionada con la piña se ha basado únicamente en el cultivar 'Cayena Lisa' (Coppens y Duval, 1993; Leal y García, 1993). 'Champaka' es una selección de 'Cayena Lisa' obtenida en la India, con frutos que presentan altos sólidos solubles totales, color intenso de la pulpa, mayor densidad y mejor forma, además de tener menor cantidad de espinas en las hojas, y podría desplazar a 'Cayena Lisa' en las principales zonas piñeras del mundo (Jiménez, 1996). El híbrido MD-2 ('Oro') tiene un color amarillo más intenso en su pulpa, niveles mayores de vitamina C (Chan *et al.*, 2002), más fibra y más dulce que 'Champaka'; éste último tiene contenido de sólidos solubles totales de 12 a 15 °Brix, mientras que 'MD-2' alcanza de 15 a 17 °Brix (Morgan y Thompson, 2000). En Brasil, Reinhardt *et al.* (2002) reportan que 'Cayena Lisa' supera en rendimiento al cv. 'Pérola', pero con la desventaja de tener el pedúnculo más largo y fruto de forma cónica, aunque su pulpa es menos fibrosa y presenta baja acidez titulable.

El proceso de comercialización de piña en México tiene básicamente tres mercados, en función del tamaño de la fruta: a) El mercado fresco de exportación, que requiere fruta de 1.3 a 2.2 kg; b) El mercado para la industria, que exige tamaños de 2.0 a 2.5 kg; y c) El mercado fresco nacional, que demanda frutas de 2.5 kg en adelante (Rebolledo *et al.*, 2000). Para cada tamaño de fruto se requiere establecer una densidad de plantación específica, por lo que el productor planifica su plantación con base en el mercado al que destine su producción (Py y Tisseau, 1957; Rebolledo *et al.*, 1998). La densidad comúnmente utilizada para mercado fresco es de 28 000 plantas/ha (Rebolledo *et al.*, 1997a); también se establecen 50 000 plantas/ha cuando el fruto se destina a la elaboración de conservas (1.8 kg/fruto) y de 60 000 a 70 000 plantas/ha si se va a exportar como fruta fresca (1.3-1.5 kg/fruto) (Py *et al.*, 1984; Rebolledo *et al.*, 1998). El peso de los frutos decrece a medida que se incrementa la densidad, pero el rendimiento por hectárea aumenta hasta llegar a un máximo (Sanford, 1961; Py *et al.*, 1984; Kist *et al.*, 1991), ya que el rendimiento está en función de la eficiencia fotosintética

por unidad de área foliar (Bartholomew y Malézieux, 1994; Zhang y Bartholomew, 1997).

Según Sanford (1961), entre las densidades de 22 000 a 64 000 plantas/ha, por cada incremento de 2 470 plantas/ha el peso del fruto decrece 45 g; así, en densidades de 41 000 y 46 000 plantas/ha se produjeron frutos de 2.8 y 2.0 kg, respectivamente. En Sudáfrica, Dalldorf (1993) evaluó densidades de 42 250 a 82 500 plantas/ha y observó que en las altas densidades la temperatura del suelo fue casi 2 °C inferior comparado con las densidades más bajas, y la translucidez del fruto fue mayor al aumentar la dosis de nitrógeno y la densidad de plantación. En Costa Rica, donde más de 90 % de la superficie cultivada con piña se destina para la exportación en fresco, se usa la densidad de plantación de 70 000 plantas/ha para obtener frutos de 1.8 kg ((Rebolledo *et al.*, 1997a).

Ante la introducción de nuevos cultivares y porque en México se tiene definida la tecnología solamente para el manejo agronómico de 'Cayena Lisa' (Rebolledo *et al.*, 1998), esta investigación se hizo para determinar el rendimiento y la calidad de frutos de tres cultivares de piña en tres densidades de plantación, en condiciones de trópico sub-húmedo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización.** El experimento se estableció en el Campo Experimental Papaloapan del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado al sur del estado de Veracruz, a 18° 06' de LN y a 95° 31' de LO, a 50 m de altitud, con clima Aw<sub>0</sub> (García, 1988).

**Condiciones ambientales y edáficas.** Durante el desarrollo del experimento, de enero de 1998 a junio de 1999, la temperatura media fue de 22 °C; el periodo más frío ocurrió de diciembre a febrero con promedios de temperaturas mínima y máxima de 16.2 y 28.9 °C, respectivamente, con una media de 19.2 °C; la época más caliente del año se presentó de abril a junio, con temperaturas máxima y mínima de 36.7 y 20.9 °C, respectivamente, y una media de 23.5 °C. La precipitación desde plantación hasta cosecha fue de 1344 mm. En 1998 se registró una precipitación total de 1173 mm, y de enero a junio de 1999 llovió 171 mm. El suelo es Cambisol Dystrico, de textura migajón-arenosa, pobre en materia orgánica y bajo contenido de nutrimentos, con pH que varía de 4 a 4.5 y conductividad eléctrica de 0.06 dS m<sup>-1</sup>.

**Materia vegetal.** Se utilizaron tres cultivares de piña: 'Cayena Lisa', 'Champaka' y 'Oro'.

‘Cayena Lisa’ posee espinas solamente en el ápice de las hojas, con pedúnculo corto y fuerte, fruto ovoide de 1.5 a 3.5 kg y maduración gradual de la base al ápice del fruto, pulpa amarilla y sólidos solubles totales de 13 °Bx, ‘Champaká’ es un clon de ‘Cayena Lisa’, sin espinas, con fruto más cilíndrico que ovoide de 1.3 a 3 kg, sólidos solubles totales de 15 °Brix, maduración gradual de la base hacia el ápice del fruto, ‘Oro’ tiene hojas menos extendidas que los otros dos cultivares, de color verde intenso, fruto cilíndrico de 1.3 a 2.0 kg; cada uno de los frutos individuales que forman la infrutescencia son aplanados, amarillo anaranjados, pulpa dulce, con color amarillo intenso y fibrosa, sólidos solubles totales de 16 °Brix, y valores altos de ácido ascórbico.

**Establecimiento y desarrollo del experimento.** El material para plantación se obtuvo del Banco de Germoplasma del Campo Experimental Papaloapan; se utilizaron vástagos brotados del tallo, de 400 a 500 g, plantados del 16 al 20 de diciembre de 1997 en camas preparadas y cubiertas con plástico negro calibre 125.

La fertilización fue según la densidad de plantación y de acuerdo con las dosis recomendadas para el cultivo en la región (Rebolledo *et al.*, 1998): a) Para 60 000 plantas/ha se aplicó la dosis 12N-8P-12K-4Mg g/planta; b) En 45 000 plantas/ha la dosis fue 14N-8P-14K-4Mg g planta; y c) Para 30 000 planta/ha, la dosis fue de 17N-8P-17K-4Mg g/planta. La dosis se dividió en tres fertilizaciones sólidas con la misma cantidad, con las cuales se aplicó 75 % de cada uno de los totales indicados arriba, en las fechas siguientes: 1 de agosto, 19 de septiembre de 1998 y 26 de enero de 1999. Las fuentes fueron urea, sulfato de potasio, cloruro de potasio, fosfato de amonio y sulfato de magnesio. La fertilización faltante (25 %) se agregó mediante cinco aplicaciones foliares (durante la época seca, 24 de marzo, 7 de mayo, 5 de junio, 30 de agosto y 7 de octubre) con una solución de 3 kg de urea, 3 kg de cloruro de potasio, 2 kg de fosfato de amonio y 1 kg de sulfato de magnesio en 200 L de agua; a esta solución se le agregó 1 kg de fertilizante foliar con las cantidades y micronutrientes siguientes, expresados en g L<sup>-1</sup>: 48 de Fe, 46 de Zn, 35 de B, 20 de Mn, 40 de Cu y 8 de S. Se aplicaron aproximadamente 70 mL de la solución por planta, con aspersor de mochila sin boquilla.

Para la inducción floral se hicieron tres aplicaciones de carburo de calcio 19, 22 y 25 de noviembre de 1998, a la dosis de 2 kg en 180 L de agua, de los cuales se aplicaron 60 mL al cogollo de cada planta, entre las 18:00 y 22:00 h. El control preventivo de maleza y de plagas se hizo de acuerdo con lo establecido por las recomendaciones técnicas en la región (Rebolledo *et al.*, 1998). Las cosechas se hicieron en el momento que el fruto alcanzó

50 % de coloración amarilla externa (Soler, 1992); ‘Oro’ se recolectó del 26 de mayo al 7 de junio, ‘Champaká’ del 7 al 18 de junio y ‘Cayena Lisa’ del 10 al 21 de junio.

**Diseño de tratamientos y experimental.** El diseño de tratamientos fue de parcelas divididas con arreglo experimental de bloques completos al azar y cuatro repeticiones. Las densidades de plantación fueron consideradas como las parcelas grandes, en tanto que los cultivares conformaron las parcelas chicas. En cada parcela grande se establecieron los tres cultivares y las distancias entre planta y planta fueron de 53, 35 y 25 cm para las densidades de 30 000, 45 000 y 60 000 plantas/ha, respectivamente. La parcela chica constó de tres camas de siembra (distancias de centro a centro de las camas de 1.25 m), con dos hileras de piña por cama espaciadas a 45 cm, de 9 m de largo para las dos densidades menores y de 7 m para la densidad más alta; se consideraron a las cuatro hileras centrales como parcela útil.

**Variables medidas.** Se seleccionaron 25 plantas con competencia completa por unidad experimental, en las que se evaluaron sus frutos y el peso fresco de las hojas de cada planta; además se calcularon en las siguientes relaciones de importancia en la caracterización del cultivo de piña:

El área foliar por planta fue estimada con el peso fresco de hojas, de acuerdo con el modelo determinado por Rebolledo *et al.* (1997b):

$$\text{Área foliar (cm}^2\text{)} = 34.609 + 5.652 (\text{Peso fresco de hojas, en g}) \quad (R^2 = 0.9235)$$

El peso promedio de fruto por planta se determinó al dividir el peso total entre el número total de frutos cosechados por unidad experimental. El rendimiento por hectárea se obtuvo mediante la multiplicación del peso promedio de fruto por la densidad de plantación correspondiente.

En los 25 frutos cosechados por unidad experimental se hizo visualmente una clasificación de la forma de los frutos en cónicos y cilíndricos, y se determinó el porcentaje de cada uno en cada unidad experimental. En 10 de los frutos cilíndricos se contó el número de frutos simples individuales que constituyen el fruto compuesto múltiple o sorosis, se midió la longitud del pedúnculo, desde su emisión en la planta a la base del fruto, y los diámetros basal, medio y apical de cada fruto, después de hacer un corte longitudinal a lo largo del eje central del fruto; finalmente, las coronas de cada fruto fueron pesadas en fresco. Los valores de cada variable fueron sumados y divididos entre el número de frutos evaluados para obtener el valor promedio por planta.

En cinco de los frutos evaluados se determinó la densidad del fruto al dividir el peso promedio del fruto entre el volumen desplazado de agua por fruto cuando fueron sumergidos en un recipiente graduado con un volumen conocido de agua. Posteriormente, a estos frutos se les tomaron rebanadas longitudinales en cada tercio (basal, medio y apical), de las cuales fueron medidos los contenidos de jugo y la cantidad de sólidos solubles totales (SST) mediante un refractómetro analógico de tipo catalejo (Cole Palmer Internacional) y la acidez titulable expresada como % de ácido cítrico con la metodología establecida por la AOAC (1990). Al igual que en las variables indicadas anteriormente, se obtuvieron los valores promedio por planta para efectos de análisis.

Con los valores promedio obtenidos se generaron las siguientes relaciones: peso del fruto/área foliar, peso de la corona/peso del fruto, para obtener el porcentaje de corona, y diámetro superior/diámetro inferior de fruto.

**Análisis estadístico.** El análisis de datos se hizo con los valores obtenidos por unidad experimental o planta, mediante el Sistema de Análisis Estadístico (SAS), para efectuar los análisis de varianza, de correlación y pruebas de comparación de medias de Tukey.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**Número de frutos individuales (bayas) y peso del fruto.** La correlación entre estas dos variables fue significativa en los tres cultivares; la menor correlación fue en ‘Oro’ ( $r = 0.65^{**}$ ), seguida de ‘Champaka’ ( $r = 0.75^{**}$ ), y la mayor correlación ( $r = 0.81^{**}$ ) en ‘Cayena Lisa’. Los resultados coinciden con los obtenidos por Malézieux (1986), quien encontró alta correlación entre el número de frutos individuales de cada fruto o bayas, con su peso total, en ‘Champaka’.

**Peso del fruto y área foliar.** En las tres densidades (Figura 1), ‘Cayena Lisa’ y ‘Champaka’ mostraron mayor tamaño de fruto por unidad de área foliar al momento de la inducción floral, y lo mismo se encontró para peso de fruto (Figura 2). Estos resultados tienen relación con lo indicado por Bartholomew y Malézieux (1994), quienes mencionan que la eficiencia fotosintética al momento de la inducción floral influye de manera importante en el rendimiento. ‘Oro’ presentó menor relación en estas variables en las tres densidades y mostró menor tamaño y área foliar. Para densidades se detectó la tendencia ( $P = 0.062$ ) de que a mayor densidad de plantación se requiere menor área foliar para producir un kg de fruta, como también lo reportaron Zhang y Bartholomew (1997).

**Peso de fruto y rendimiento por hectárea.** En la densidad de 30 000 plantas/ha, ‘Cayena Lisa’ fue la variedad superior con peso por fruto de 2.74 kg, seguida de ‘Champaka’ con 2.5 kg y de ‘Oro’ con 2.1 kg por fruto (Figura 2). A las altas densidades de 45 000 y 60 000 plantas/ha, aunque el peso de fruto disminuyó en todos los cultivares ‘Cayena Lisa’ y ‘Champaka’ fueron estadísticamente iguales entre sí y superiores a ‘Oro’ (Figura 2), lo cual coincide con lo establecido por Sanford (1961), Py *et al.* (1984), Dalldorf (1993) y Rebolledo *et al.* (1998).

‘Cayena Lisa’ presentó mayor rendimiento por hectárea que ‘Champaka’ y ‘Oro’ (Figura 2) en las tres densidades. Aunque las preferencias del mercado nacional tienden al consumo de frutos grandes como los producidos por ‘Cayena Lisa’ (Rebolledo *et al.*, 1997a), ‘Champaka’ tiene mayor demanda en el mercado de exportación por presentar mejor forma y mayor contenido de sólidos solubles totales, por lo que para ese mercado se sugieren las densidades de 45 000 ó 60 000 plantas/ha.

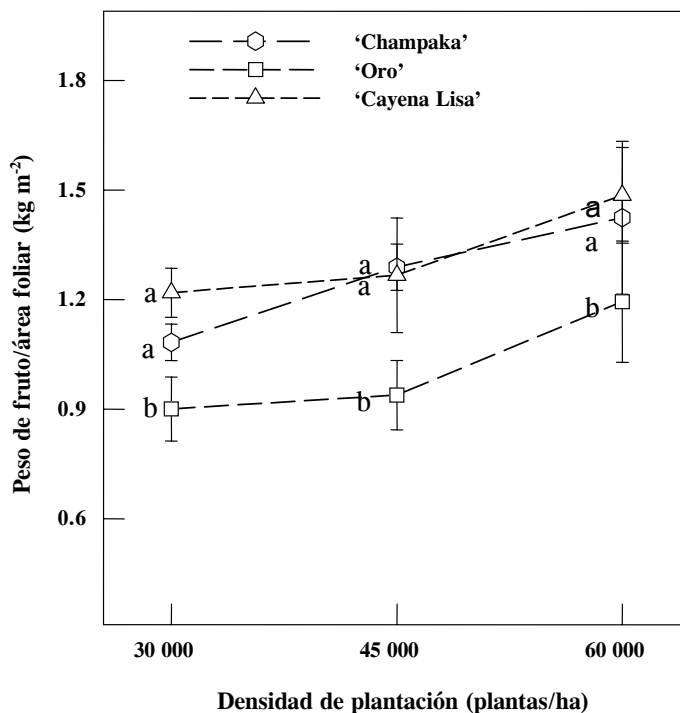


Figura 1. Peso de fruto por unidad de área foliar al momento de la inducción floral, en tres cultivares de piña crecidas en tres densidades de plantación. En de cada densidad, las medias con letras diferentes son estadísticamente distintas (Tukey,0.05). Las barras representan  $\pm$  error estándar.

En 30 000 plantas/ha se obtuvieron los frutos más grandes; el tamaño disminuyó en 8.5 y 15 % en las densidades de 45 000 y 60 000 plantas/ha, respectivamente.

Tal comportamiento fue directamente proporcional al observado en rendimiento por hectárea, ya que a 60 000 plantas/ha se obtuvieron 125.6 t ha<sup>-1</sup> que superan en 24 t a la densidad de 45 000 plantas/ha y en 52 t ha<sup>-1</sup> a la de 30 000 plantas/ha (Figura 2). Con 60 000 plantas/ha se superó el mayor rendimiento registrado en esta región (115 t ha<sup>-1</sup>; Rebolledo *et al.*, 1998), y al obtenido en los principales países productores de esta fruta, como en Hawaii donde obtienen rendimientos comerciales de 80 t ha<sup>-1</sup>. No obstante, la decisión de elegir la densidad no está en función del cultivar ni del rendimiento por hectárea, sino del peso de fruto que demanda el mercado, como lo indican Sandford (1961), Py *et al.* (1984) y Py y Tisseau (1957).

**Sólidos solubles totales (SST).** Los dos tercios superiores del fruto de ‘Champaka’ y ‘Oro’ presentaron contenidos de SST mayores a los obtenidos en frutos de ‘Cayena Lisa’, además de tener un patrón de maduración más uniforme a lo largo del eje longitudinal de los frutos, como lo mencionan Kato y Sugimoto (1994) y Coopens y Duval, (1993); en el tercio basal no hubo diferencias estadísticas entre cultivares (Cuadro 1). Lo anterior hace más atractiva la plantación de estos cultivares, sobre todo si el destino de la fruta es la exportación en fresco (Morgan y Thompson, 2000), ya que en la mayoría de los casos el contenido de Sólidos Solubles Totales (SST) define la compra del producto (Saborío y Camacho, 1993). Esta consideración no descarta a ‘Cayena Lisa’, cuyos niveles de SST están dentro del intervalo requerido por las normas para exportación (Jiménez, 1996; Nakasone y Paull, 1998). La densidad de plantación no tuvo efecto en esta variable.

**Acidez titulable.** Se apreció la tendencia ( $P = 0.084$ ) de que a mayor densidad existe menor porcentaje de ácido cítrico en los tres tercios de fruto (Cuadro 1), contrario a lo encontrado por Kist *et al.* (1991) en ‘Cayena Lisa’. La distribución de la acidez en el fruto no mostró diferencias entre cultivares en cada tercio del fruto, aunque tendió a haber mayor concentración de ácido cítrico en el tercio superior que en las partes media e inferior, como producto del patrón de maduración del fruto. Los valores obtenidos de los cultivares son coincidentes con los indicados por otros autores, con la excepción hecha por Reinhardt *et al.* (2002), quienes obtuvieron valores más altos para ‘Cayena Lisa’.

**Longitud de pedúnculo.** Esta variable fue estadísticamente diferente entre densidades de plantación. Los frutos de 30 000 plantas/ha presentaron el pedúnculo más corto y el más largo lo presentaron frutos provenientes de la densidad de 60 000 plantas/ha (Cuadro 1). Aunque el pedúnculo más largo generó mayor ‘acame’ de fruto, aquí este

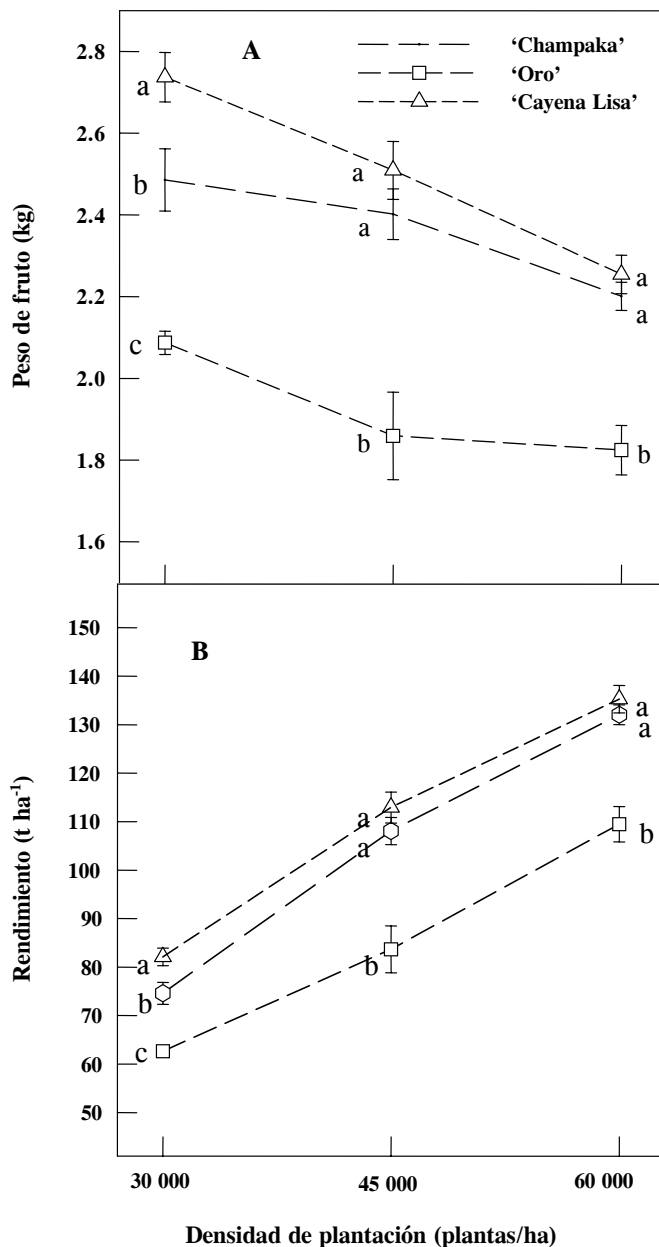


Figura 2. Peso de fruto (A) y rendimiento (B) de tres cultivares de piña crecidos en tres densidades de plantación. En de cada densidad las medias con letras diferentes son estadísticamente distintas (Tukey, 0.05). Las barras representan  $\pm$  error estándar.

riesgo disminuye debido a que las plantas en alta densidad están más juntas y se reduce la caída del fruto. Entre los cultivares, ‘Oro’ presentó el pedúnculo más corto, que es una ventaja para este cultivo, resultados que coinciden con Cunha *et al.* (1999).

**Densidad del fruto.** ‘Cayena Lisa’ tuvo mayor densidad del fruto que ‘Champaka’ y ‘Oro’ (P = 0.072) en las tres densidades de plantación (Cuadro 1). Estos valores son normales para estos cultivares, aunque no coinciden con Jiménez (1996), ya que ‘Champaka’ produjo una fruta más densa que ‘Cayena Lisa’.

**Peso y porcentaje de corona.** ‘Cayena Lisa’ tuvo coronas de mayor peso fresco que las de ‘Champaka’ y ‘Oro’ en las tres densidades de plantación (Figura 3A), por lo que esta variable está asociada con características genéticas del cultivar, como lo indican Chan *et al.* (2002). En la relación peso de corona/peso de la fruta, indicada en porcentaje de corona (Figura 3B), ‘Champaka’ tuvo los valores más bajos e inferiores estadísticamente a los de ‘Oro’ y ‘Cayena Lisa’ en la densidad de 30 000 plantas/ha y de ‘Cayena Lisa’ en 60 000 plantas/ha. No obstante, ‘Oro’ presentó pesos inferiores de la corona lo que implica una mayor porción comestible. La relación no fue afectada por la densidad de plantación y el porcentaje de corona fue similar en los tres cultivares en las densidades de 30 000 y 45 000 plantas/ha, mientras que en la densidad más alta aumentó en casi 10 % en los cultivares ‘Champaka’ y ‘Cayena Lisa’, mientras que en ‘Oro’ se mantuvo constante. Por tanto, en los dos primeros cultivares el peso del fruto disminuyó por efecto de densidad y aumentó la proporción de corona.

**Diámetro del fruto.** El diámetro inferior de frutos a las densidades de 30 000 y 45 000 plantas/ha fue igual y superior al observado en frutos a 60 000 plantas/ha (Figura 3C). Se observó un comportamiento similar en diámetro de la parte central (Figura 3D), mientras que el diámetro de la parte apical (Figura 3E) fue igual en las tres densidades. Los cultivares presentaron diferencias estadísticas en los

tercios central y superior de cada densidad de plantación; en el tercio inferior del fruto, fueron iguales. En la parte media los frutos de ‘Cayena Lisa’ y ‘Champaka’ mostraron diámetros iguales y superaron estadísticamente el diámetro de ‘Oro’, lo que se puede deber al efecto de tamaño y genotipo (Chan *et al.*, 2002). En el tercio superior, los frutos de ‘Oro’ fueron superiores estadísticamente en diámetro a los de ‘Cayena Lisa’ e iguales a los de ‘Champaka’, ya que ‘Cayena Lisa’ tiende a tener frutos más cónicos y de menor diámetro en el tercio superior.

**Relación diámetro superior e inferior y forma de frutos.** Esta relación determina lo cilíndrico del fruto (Figura 3F), conforme se acerca más a 1. Se determinó que en la densidad de 60 000 plantas/ha el tamaño del fruto disminuyó y tendió a ser más cilíndrico, lo cual coincide con lo señalado por Py *et al.* (1984); ‘Champaka’ y ‘Oro’ tuvieron frutos más cercano a lo cilíndrico que ‘Cayena Lisa’, con valores más cercanos a uno, sobre todo en la densidad de 30 000 plantas/ha, hecho que corrobora lo encontrado por Rebolledo *et al.* (1998).

Lo anterior se confirmó con los valores de porcentaje de frutos cónicos, que fueron estadísticamente diferentes entre cultivares y densidades. En 30 000 planta/ha, ‘Cayena Lisa’ y ‘Champaka’ presentaron 34 y 27 % de frutos cónicos (Cuadro 1) respectivamente, estadísticamente iguales entre sí, pero superadas por ‘Oro’ que no tuvo frutos cónicos. En 45 000 plantas/ha, ‘Cayena Lisa’ tuvo 25 % y ‘Champaka’ 12 % de frutos cónicos, en tanto que ‘Oro’ no los tuvo. En 60 000 plantas/ha, los porcentajes disminuyeron pero ‘Cayena Lisa’ tuvo la mayor cantidad de frutos cónicos (17 %) y superó a ‘Champaka’ y ‘Oro’.

Cuadro 1. Sólidos solubles totales (SST, ° Brix), acidez titulable, densidad (g cm<sup>-3</sup>) y forma de fruto, y longitud de pedúnculo de tres cultivares de piña cosechada a tres densidades de plantación.

Variable	Densidad de plantación			Cultivar			CV (%)
	30 000	45 000	60 000	Cka	Oo	CL	
SSS apical medio basal	10.3 a	10.7 a	10.3 a	10.7 a	10.8 a	9.4 b	6.84
	11.4 a	11.7 a	11.5 a	11.6 ab	11.9 a	11.2 b	3.97
	11.9 a	12.1 a	11.9 a	11.8 a	12.0 a	12.0 a	3.31
% Ácido apical	0.411 a	0.366 a	0.393 a	0.377 a	0.398 a	0.395 a	8.71
Cítrico medio basal	0.358 a	0.314 a	0.341 a	0.330 a	0.347 a	0.377 a	10.96
	0.334 a	0.321 a	0.333 a	0.326 a	0.338 a	0.323 a	10.13
% frutos cónicos	20.26 a	12.38 ab	7.28 b	14.54 b	0.00 c	23.38 a	42.15
Densidad de fruto	1.051 a	1.032 a	1.039 a	1.035 a	0.999 a	1.088 a	8.58
Longitud pedúnculo	15.35 c	16.82 b	18.82 a	16.70 ab	16.38 b	17.81 a	6.65

Cka=Champaka; C=Cayena Lisa. Densidad en miles de plantas por ha. Apical= tercio apical del fruto; Medio= tercio medio del fruto; Basal= tercio basal del fruto.

† Medias con la misma letra dentro de cada columna y para cada variable, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

†† CV: Coeficiente de variación.

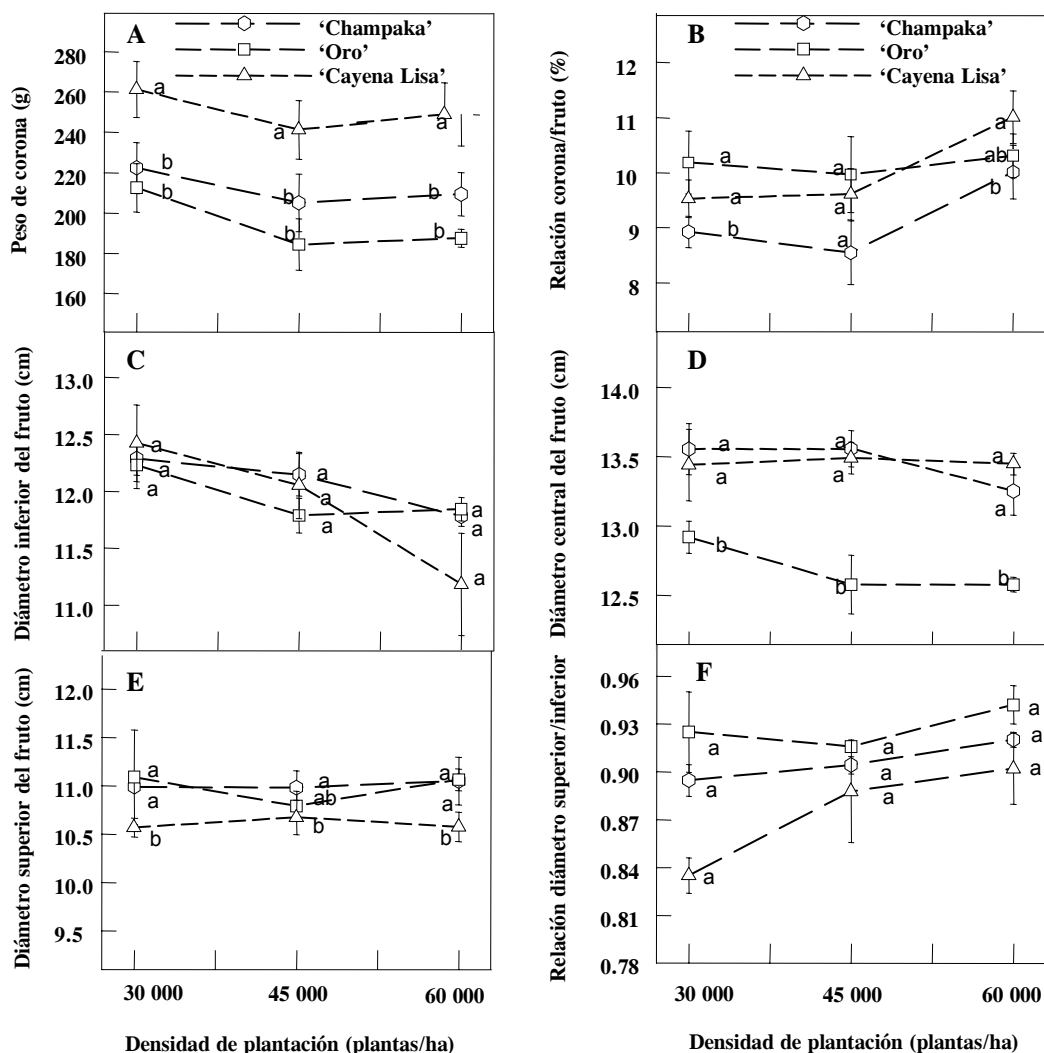


Figura 3. Peso de corona (A), porcentaje de corona (B), diámetro de la parte inferior (C), diámetro de la parte central (D), diámetro de la parte superior (E) y relación de diámetros superior/inferior (F), en frutos de tres cultivares de piña crecidos en tres densidades de plantación. En de cada densidad las medias con letras diferentes son estadísticamente distintas (Tukey,0.05). Las barras representan  $\pm$  error estándar.

La forma de la fruta es una característica de calidad importante en los tres tipos de mercado (Rebolledo *et al.*, 2000). En el mercado fresco nacional la fruta muy cónica se paga a menor precio. Así, con la densidad recomendada para este mercado de 30 000 plantas/ha, 'Champaka' tiene la ventaja. Para el mercado fresco de exportación la fruta cónica es rechazada desde el momento del empaque, porque exige frutos cilíndricos; ello no representaría problema alguno para 'Oro' y 'Champaka' cultivados a 60 000 ó 45 000 plantas/ha ya que son utilizadas para exportación y prácticamente no se tiene este tipo de fruta. El caso del mercado industrial es igual al anterior o quizá aún más

exigente, ya que la piña cilíndrica tiene mayor rendimiento en rebanadas (Py *et al.*, 1984; Rebolledo *et al.*, 1998).

**CONCLUSIONES**

En función del tamaño del fruto, la mejor densidad de plantación para el mercado fresco nacional fue la de 30 000 plantas/ha, mientras que para el mercado fresco de exportación fue con 60 000 y 45 000 plantas/ha. Esta última densidad sería recomendada, además, para el mercado industrial. 'Champaka' y 'Cayena Lisa' superaron en rendimiento a 'Oro', aunque éste último es el de mayor calidad y mejor precio en el mercado. 'Champaka' y 'Oro'

son buenas opciones para México, pues aunque son menos productivas que 'Cayena Lisa', en la densidad baja el peso de fruto de 'Champaka' es similar al de 'Cayena Lisa' en las otras dos densidades. 'Champaka' y 'Oro' presentan menor porcentaje de frutos cónicos, menor peso de corona y mayor cantidad de sólidos solubles totales.

### BIBLIOGRAFÍA

- AOAC (Association of Official Agricultural Chemist) (1990) Official Analytical Chemist. 13th Ed. Washington, D.C. 1023 p.
- Bartholomew D P, E Malézieux (1994) Pineapple. *In*: Handbook on Environmental Physiology of Fruits Crops, Subtropical and Tropical Crops. B Schaffer, P C Andersen (eds). CRC Press, Boca Raton, Florida. Vol. II:243-291.
- Coppens E G, M F Duval (1993) Bases Genéticas para Definir una Estrategia de Mejoramiento Genético. CIRAD-FLHOR. Montpellier, Francia. 76 p.
- Cunha G A P, J R S Cabral, L F D Souza (1999) O Abacaxizeiro: Cultivo, Agroindústria e Economía. EMBRAPA, Comunicação para la Transferencia de Tecnología. Brasil. pp:27-29.
- Chan Y K, E G Coopens, G M Sanewski (2002) Breeding and variety improvement. *In*: The Pineapple, Botany, Production and Uses. D P Bartholomew, R E Paull, K G Rohrbach (eds). University of Hawaii, Manoa, Honolulu, USA. pp:36-39.
- Dalldorf D B (1993) The effect of plant population and nitrogen fertilizer on growth, yield and fruit quality of Smooth Cayenne Pineapple. *Acta Hort.* 33:221-226.
- García E (1988) Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 49 p.
- Jiménez D J A (1996) El Cultivo de la Piña de Exportación. Instituto del Trópico Húmedo de Tabasco, Villahermosa, Tab., México. pp:53-55, 139-140.
- Kato T, A Sugimoto (1994) Acidity and brix of "Yellow Mauritius" pineapple cultivar for fresh fruits. *Japan. J. Trop. Agr.* 38 (1):83-84.
- Kist H G K, I Manica, F S N da Gama, M R Accors (1991) Influencia de densidades de plantío do abacaxi cv. Smooth Cayenne. *Pesq. Agropec. Bras.* 26 (3):325-330.
- Leal F, M L García (1993) Recursos Genéticos y Mejoramiento de la Piña. *In*: Memorias Primer Congreso Latinoamericano de Piñicultura. Universidad de Colombia. Cali, Colombia. pp:1-12.
- Malézieux E (1986) The analysis of yield elaboration, diagnosis tool of yield: the case of pineapple. *HortScience* 21(1):3-5.
- Morgan T, T Thompson (2000) Del Monte mixes and matches Costa Rican products. *Americafruit* 3:45-47.
- Nakasone Y H, E R Paull (1998) Tropical Fruits. CAB International. Honolulu, HI, USA. pp:306-307.
- Py C, M A Tisseau (1957) La Culture d' l ananas en Guinee. *Manual de Planteur.* IRFA. Francia. pp:45-46.
- Py C, J J Lacoeuille, C Teisson (1984) L' Ananas, sa Culture, ses Produits. *Techniques Agricoles et Productions Tropicales.* Ed. Maisonneuve, Larose, Paris. pp:44-45, 294.
- Rebolledo M A, A D Uriza, M L Rebolledo (1997a) Características de las unidades de producción de piña en México y Costa Rica. *In*: Memoria X Reunión Científica Agropecuaria y Forestal del estado de Veracruz. Serie Memorias Científicas No. 3. INIFAP. Octubre 24 y 25, Veracruz, Ver. pp:111-118.
- Rebolledo M A, A D Uriza, M L Rebolledo (1997b) Utilization du Paillage Plastique pour la Culture de l'ananas. *Plasticulture* 114 (2):45-54.
- Rebolledo M A, A D Uriza, M L Rebolledo (1998) Tecnología para la Producción de Piña en México. INIFAP- CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Libro Técnico No. 20. Veracruz, México. 159 p.
- Rebolledo M A, A D Uriza, M L Rebolledo (2000) The pineapple in Mexico: Currents Status and Prospects. *Acta Hort.* 529:85-88.
- Reinhardt D H, J R S Cabral, S L F Silva, N F Sanches, A P Matos (2002) Pérola and Smooth Cayenne pineapple cultivars in the state of Bahia, Brazil: growth, flowering, pests, diseases, yield and fruit quality aspect. *Fruits* 57:43-53.
- Saborío A D, B O Camacho (1993) Evaluación del manejo de postcosecha y factores de rechazo de piña (*Ananas comosus* L.) var Cayena Lisa y Champaka F-134 para la zona norte de Costa Rica. *In*: Memorias del Primer Simposio Latinoamericano de Piñicultura, Universidad Nacional de Colombia. 25 al 29 de mayo Cali, Colombia. pp:240-254.
- Sanford W E (1961) Relationship between planting density fruit weight and yield. *Pineapple Res. Inst.* 9:90-96.
- Soler A (1992) La Piña, Criterios de Calidad. CIRAD-IRFA. París, Francia. 17 p.
- Williams D D F, H Fleisch (1992) Historical review of pineapple breeding in Hawaii. *Acta Hort.* 334:67-76.
- Zhang J, D P Bartholomew (1997) Effect of plant population on growth and dry-matter partitioning of pineapple. *Acta Hort.* 425:363-376.