

CAMBIOS BIOQUÍMICOS Y FÍSICOS DURANTE EL DESARROLLO Y POSTCOSECHA DEL MAMEY (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn)

R. Villanueva-Arce¹; S. Evangelista-Lozano²; M. L. Arenas-Ocampo²; J. C. Díaz-Pérez³; S. Bautista-Baños²

¹Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología. Instituto Politécnico Nacional. Av. Acueducto s/n La Laguna, Ticomán, Del Gustavo A. Madero. México, D. F. C.P. 07340. E-mail rarc@vmredipn.ipn.mx.

²Centro de Desarrollo de Productos Bióticos. Instituto Politécnico Nacional. Km 8 Carr. Yautepec-Jojutla, Yautepec, Mor. C.P. 62730. Tel (739) 42020, Fax 41896.

³Department of Horticulture, University of Georgia, Tifton, GA 31793-0748, USA.

RESUMEN

Se trabajó con fruta de mamey (*Pouteria sapota*) durante dos ciclos productivos (febrero, 96-mayo, 97 y febrero, 97-mayo, 98). El objetivo del presente trabajo fue evaluar algunos cambios que ocurren durante el desarrollo y postcosecha del fruto del mamey. Las variables de respuesta fueron: respiración, pérdida de peso, color de la pulpa (índice de color, IC), firmeza, sólidos solubles totales (sst), acidez (ácido málico), humedad y azúcares. Las evaluaciones se realizaron al momento de la cosecha y después de 7 días de almacenamiento en condiciones ambientales. Los frutos cosechados después de 400 días después de la floración (DDF) presentaron las siguientes características: color de la pulpa amarillo-rojizo a rojo (IC=6-16); 55-65 N de firmeza; 10-12 % de sst, 0.15-0.20 % de ácido málico, 67-72 % de humedad y 3-4.5 % de azúcares totales. Después de 7 días, las características fueron: el patrón respiratorio fue del tipo climatérico (3-5 días después de la cosecha) con una producción máxima de 121.5 ml·kg⁻¹·h⁻¹ de CO₂ (23±2°C, 50 % H.R.) y las pérdidas de peso fueron de 10-14.6 %. El color de la pulpa fue rojo (IC=12-21.5); 3-12 N de firmeza; 25-34 % de sst, 0.14-0.20 % de ácido málico; 63-67 % de humedad; 20-22 % de azúcares totales (los azúcares no reductores representaron más del 70 %).

PALABRAS CLAVE: crecimiento del fruto, sapote mamey, índice de cosecha, postcosecha

BIOCHEMICAL AND PHYSICS CHANGES DURING DEVELOPMENT AND POSTHARVEST OF SAPOTE MAMEY FRUIT (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn)

SUMMARY

This work was done with mamey sapote fruits (*Pouteria sapota*) during two productive cycles (february, 96-may, 97 and february, 97-may, 98). The objective was to evaluate some changes occurring during development and postharvest of the mamey sapote fruit. Variables measured were: respiration, weight loss, flesh color (color index, CI), firmness, total soluble solids (tss), acidity (malic acid), humidity and sugars. The evaluations were at harvest and after 7 days on environmental storage conditions. The fruit harvested after 400 days after flowering (DAF) had the next characteristics: flesh color was yellow-red to red (CI =6-16), firmness was 55-65 N, tss was 10-12 %, acidity was 0.15-0.20 %, humidity was 67-72 % and total sugars were 3-4.5 %. After 7 days, the parameters were: respiration showed a climateric rise (3-5 days after harvest) with 121.5 ml·kg⁻¹·h⁻¹ of CO₂ (23±2°C, 50% R.H) and the weight loss was 10-14.6 %. The flesh color was red (IC=12-21.5), firmness was 3-12 N, tss was 25-34 %, acidity was 0.10.14-0.20 %, humidity was 63-67 %, and total sugars were 20-22 % (nonreducing sugars represented more than 70 %).

KEY WORDS: fruit growth, sapote mamey, harvest index, postharvest

INTRODUCCIÓN

El mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn) es originario del sur de México y las tierras bajas de América Central (Phillips *et al.*, 1987; Arzurdia *et al.*, 1995; Granados, 1995). Se desarrolla en climas tropica-

les (23.6-25.6°C), con buena disposición de humedad en el suelo. El fruto posee una cáscara escamosa, de color café rojizo que representa alrededor de 10% del peso total; la pulpa representa alrededor de 78 %, es suave y/o finamente granular, de color rosa salmón, llegando a ser casi roja. La semilla tiene una testa dura de color café

oscuro brillante y su número puede variar de 1 a 3 representando de 12 a 20 % del peso total, con la consecuente reducción de la pulpa (Casas, 1977).

La producción en México de mamey para 1995 fue de 15 723 t (Anónimo, 1995). Los Estados con una mayor participación fueron: Chiapas (65.3 % de la producción total), Guerrero (14.5 %), Michoacán (5.4 %), Yucatán (4.9 %), y Oaxaca (4.2 %). Aunque Morelos sólo aporta 1.6 % de la producción nacional, cuenta con microclimas que permiten el cultivo de este frutal, localizándose la principal zona productora en los municipios de Tetecala y Coatlán del Río.

El mamey por su sabor exquisito, es un fruto tropical que puede tener un gran potencial en el mercado de exportación por lo que es necesario conocer su comportamiento antes y después de la cosecha para establecer las condiciones necesarias para alargar su vida y preservar su calidad. Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue evaluar algunos cambios que ocurren durante el desarrollo y postcosecha del fruto del mamey, además de conocer los índices de cosecha más adecuados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron frutos de mamey de tipo criollo de dos ciclos productivos (febrero, 96–mayo, 97 y febrero, 97–mayo, 98) proveniente de la localidad de Coatlán del Río, Morelos (24.6°C, 55% H.R). La edad aproximada de los frutos se determinó a partir de la época de floración, la cual se presenta en dos períodos durante el año; la primera en los meses de enero-febrero y la segunda en julio-agosto. Estos períodos de floración coinciden con las reportadas para el cultivar de mamey 'Magaña' (Davenport y O'Neal, 2000) cultivadas en el sur de Florida, EE UU. La época de floración considerada fue la de enero-febrero, de esta manera, el conteo de días después de la floración (DDF) para conocer la edad del fruto se inició en el mes de febrero. Para lograr lo anterior, se marcaron frutos con pintura vinilica blanca después del amarre de éstos (mayo), con la aclaración de que únicamente se marcaron frutos del segundo ciclo. La toma de muestras (cosecha) inició en enero del siguiente año (Cuadro 1).

Las variables de respuesta evaluadas, así como la metodología empleada en cada una de ellas fueron las siguientes: la respiración de los frutos, medida a través de la producción de CO₂, se evaluó solamente en el segundo ciclo productivo y se empleó para ello el método propuesto por Claypool y Keefer (1942); adaptado por Pratt y Mendoza (1979). Se utilizó un flujo de aire de 6 litros·h⁻¹ y un tiempo de burbujeo de 5 minutos.

La firmeza del fruto se midió en dos lados del fruto (con cáscara), se utilizó un puntal cónico en el texturómetro Chatillon (Mod. LTC, John Chatillon Sons Inc., New York, USA), con una distancia de penetración de 3.5 mm.

Los resultados proporcionados se expresaron en Newtons (N). El color de la pulpa se evaluó como un índice de color (ab/L) a partir de los valores dados por el colorímetro Milton Roy (Color Mate Color Analyzer, Milton Roy Co., New York, USA). El índice de color (IC) propuesto abarcó desde un amarillo pálido en sus valores más bajos hasta el rojo, en los más altos.

CUADRO 1. Distribución de las cosechas de mamey.

Días después de floración	Cosecha ciclo 96-97	Cosecha ciclo 97-98	Estado de los frutos
340	8 enero, 97	7 enero, 98	inmaduro
356	22 enero, 97		inmaduro
361		28 enero, 98	inmaduro
369	4 febrero, 97		inmaduro
383	19 febrero, 97	18 febrero, 98	inmaduro
391	26 febrero, 97		inmaduro
398	6 marzo, 97		maduro
404	12 marzo, 97		maduro
411	19 marzo, 97		maduro
417		25 marzo, 98	maduro
432	9 abril, 97		maduro
439	16 abril, 97		maduro
446	23 abril, 97	22 abril, 98	maduro
460	7 mayo, 97		sobremaduro

La humedad de la pulpa se evaluó por el método de estufa (70-75°C, 72 horas) y se determinó por diferencia de peso. La acidez titulable (expresada como ácido málico) y el contenido de sólidos solubles totales (sst) se midieron de acuerdo con los métodos descritos en la AOAC (Anónimo, 1980). El contenido de azúcares se evaluó por el método de Ting (1956). Las pérdidas de peso se obtuvieron por diferencia con respecto al peso inicial.

El contenido de carotenoides se determinó según el método descrito en la AOAC (Anónimo, 1980). Esta variable se determinó únicamente al momento de la cosecha ya que después del proceso de maduración, la pulpa formó una especie de masa impermeable a la extracción con acetona, debido tal vez al elevado contenido de azúcares.

La evaluación de las variables de respuesta se realizó el día de la cosecha y siete días después de un almacenamiento bajo condiciones ambientales (23±2°C, 45-55% HR). La unidad experimental lo constituyó un fruto y las determinaciones se realizaron con un mínimo de cinco repeticiones.

El análisis de los resultados se realizó mediante regresión matemática, utilizando para ello el programa

computacional manejador de hoja de cálculo Excel 5.0 en su versión para Windows 1995.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El peso de la mayoría de los frutos estudiados estuvo en un intervalo de 300 a 500 g, con una longitud de 10 a 14 cm y un diámetro de 6 a 8 cm.

La respiración de los frutos cosechados en enero y febrero (7 enero y 18 de febrero) no estuvo ligada a un buen desarrollo del proceso de maduración aunque se haya presentado el pico climaterico (Figura 1), debido a que después de 7 días bajo condiciones ambientales, no hubo un aumento considerable de los sólidos solubles totales ni de la coloración aunque sí hubo un ablandamiento de la pulpa. Lo anterior hace suponer que el fruto no había alcanzado aún la madurez fisiológica y por ende, los atributos de calidad mínimos necesarios para tener una maduración adecuada.

En el caso de los frutos cosechados en marzo y abril (aproximadamente 400 DDF en adelante), la respiración sí estuvo ligada a un proceso normal de maduración (Figura 2) por lo que se tuvo un aumento considerable de los sólidos solubles totales así como un buen desarrollo del color rojo y un ablandamiento normal de la pulpa (Díaz-Pérez *et al.*, 1997, 1999, 2000; Saucedo, 1999). El climaterio se alcanzó a los 5 días (cosecha del 25 de marzo) y a los 3-4 días en los cosechados el 22 de abril (debido a un mayor avance en la madurez de los frutos), estos resultados son similares a los encontrados por Saucedo (1999). La producción máxima de CO₂ fue de 104.2 y de 121.5 ml·kg⁻¹·h⁻¹, respectivamente. Estos resultados concuerdan con los 110 ml·kg⁻¹·h⁻¹ reportados para la variedad Magaña (Henríquez, 1973; Kader, 1992; citados por Saucedo, 1999). Cabe mencionar que la maduración de los frutos fue similar en ambos ciclos productivos, ya que los frutos cosechados del 6 de marzo de 1997 en adelante, maduraron de manera normal alcanzando con ello todos los atributos de calidad para su consumo después de 7 días bajo condiciones ambientales.

En lo que respecta a las pérdidas de peso, éstas fueron de 8.4, 8, 8.8, 9.6 y 14.2% para las cosechas del 7 y 28 de enero, 18 de febrero, 25 de marzo y 22 de abril, respectivamente. Las pérdidas de peso sufridas por los frutos cosechados en abril fueron mayores en comparación con cosechas anteriores, debido principalmente a una mayor temperatura y una disminución en la humedad relativa del ambiente (25±2°C, 40% H.R).

El color de la pulpa (Figura 3) fue una de las variables que sufrieron mayores cambios durante el desarrollo del fruto y que indicó en gran medida el grado de madurez del fruto mamey (este índice es el más utilizado en la región). Al momento de la cosecha el color varió de amarillo-rojizo (pálido) con un índice de color (IC) de 0.4 a 0.7

en estado inmaduro (cosechas de enero y febrero) a rojo claro (IC=6-9) en la madurez óptima (marzo) hasta alcanzar valores de 15 a 16 en las últimas cosechas (rojo). La misma tendencia se presentó después de 7 días bajo condiciones ambientales, ya que en las primeras cosechas (fruto inmaduro) el color fue amarillo-rojizo (IC=1.2-2.5), en la madurez óptima, el color fue rojo claro (IC=12-18), alcanzando valores del IC de 21.5 en las últimas cosechas (rojo). El aumento de la coloración roja de la pulpa estuvo asociado con un desarrollo normal del proceso de maduración solamente en los frutos cosechados a partir del mes de marzo (400 DDF en adelante). El color rojo de la pulpa también fue reportado por Granados (1995) para unos tipos de mamey de Guatemala y por Díaz-Pérez *et al.* (1999) para frutos de la misma región de nuestro estudio.

El cambio de color de la pulpa se debió posiblemente a la síntesis de carotenoides, por lo que en las primeras cosechas presentaron 113 µg·g⁻¹ y 260-340 µg·g⁻¹ en la madurez óptima (ciclo 97-98). La producción del ciclo 97-98 tuvo un menor desarrollo del color comparado con el ciclo anterior, posiblemente debido a una menor síntesis de estos compuestos. En las últimas cosechas del ciclo 96-97, el color de la pulpa después del proceso de maduración disminuyó como consecuencia de reacciones de oscurecimiento, probablemente a causa de la elevada concentración de compuestos fenólicos (Casas, 1977), lo anterior debido al mayor avance en la madurez del fruto (Díaz-Pérez *et al.*, 2000).

La firmeza de los frutos al momento de la cosecha (97-98) disminuyó por lo que sus valores pasaron de 65 a 55 N en el tiempo que duró el estudio, mientras que para el ciclo anterior, la tendencia fue muy irregular debido a que los frutos cosechados no fueron marcados por lo que el grado de madurez de éstos tal vez no fue homogéneo (Figura 4). Después de 7 días bajo condiciones ambientales, la tendencia en ambos ciclos fue hacia la disminución al pasar de 35-45 N en las primeras cosechas a 3-5 N al final del estudio. La pérdida de la firmeza (ablandamiento) estuvo asociado con una maduración normal de los frutos únicamente en los frutos cosechados a partir del mes de marzo en ambos ciclos (aproximadamente 400 DDF en adelante), lo que concuerda con lo mencionado por Saucedo (1999) y por Díaz-Pérez *et al.* (1997, 2000).

Otra de las variables importantes para determinar el grado de madurez, el contenido de sólidos solubles totales (Figura 5), no sufrió cambios aparentes al momento de la cosecha por lo que sus valores permanecieron casi constantes en un intervalo de 10-12 % en los dos ciclos productivos evaluados, salvo en la última cosecha del ciclo 96-97 que el valor fue de 13.8 % y que se debió al mayor avance en la madurez del fruto en el árbol.

El cambio más importante en los sólidos solubles totales se produjo después del almacenamiento bajo condi-

de azúcares totales. El peso y las dimensiones del fruto no son indicadores reales del estado de desarrollo (madurez). De esta manera y de acuerdo con los resultados encontrados, los frutos pueden ser cosechados 400 días en adelante después de la floración, garantizando con ello un desarrollo normal del proceso de maduración.

LITERATURA CITADA

- ANÓNIMO. 1995. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Cultivos Perennes. Tomo I SAGAR. Centro de Estadística Agropecuaria. México, D. F.
- ARÉVALO GALARZA, M.L. 1996. Estudios de maduración y conservación de chicozapote (*Manilkara sapota*) mediante el uso de recubrimientos cerosos. Tesis de Maestría en Ciencias. Programa de Fruticultura. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Méx. 70 p.
- ANÓNIMO. 1990. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 13th Ed. Washington, D.C. USA. 1023 p.
- ARZURDIA, C., MARTÍNEZ, E.; AYALA, H. 1995. Algunas Sapotáceas de Petén, Guatemala. Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. 39: 119-126.
- CASAS, A. N. 1977. Cambios fisiológicos y bioquímicos durante la maduración del mamey (*Calocarpum mammosum*). Tesis Profesional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Instituto Politécnico Nacional. D. F., México, 95 p.
- CLAYPOOL, L. L.; KEEFER, R. M. 1942. A colorimetric method for CO₂ determination in respiration studies. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 40:177-186.
- DAVENPORT, T.; O'NEAL, J. 2000. Flowering and fruit set of mamey sapote [*Calocarpum sapota* (Jacq.) Merr.] cv. Magaña in South Florida. Scientia Horticulturae 83(1): 61-70
- DÍAZ-PÉREZ, J. C.; BAUTISTA, S.; ARENAS, M.; EVANGELISTA, S.; ARCE, R. 1997. Response of mamey sapote (*Pouteria sapota*) fruits to postharvest exogenous ethylene applications. HortScience 32(3): 496.
- DÍAZ-PÉREZ, J. C.; BAUTISTA, S.; VILLANUEVA, R. 1999. Simple ripening model of sapote mamey (*Pouteria sapota*) fruit. HortScience 34(3): 512.
- DÍAZ-PÉREZ, J. C.; BAUTISTA, S.; VILLANUEVA, R. 2000. Quality changes in sapote mamey fruit during ripening and storage. Postharvest Biology and Technology 18(1): 67-73.
- GRANADOS FRIELY, J. C. 1995. Algunas selecciones nuevas de zapote (*Pouteria sapota*) en Guatemala. Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. 39:115-118.
- NAGY, S.; SHAW, P. E. 1980. Tropical and Subtropical Fruits. Composition, Properties and Uses. AVI Publishing, Inc. 315 p.
- PHILLIPS, R. L.; MALO, S. E.; CAMPBELL, C. 1987. sapote. Fruits Crops-Facts Sheet. Gainesville, Fla. University of Florida; Agricultural Extension Service 30. 3 p.
- PRATT, H. K.; MENDOZA JR., D. B. 1979. determination a carbon dioxide for respiration studies. HortScience 14:175-176.
- SAUCEDO, V., C. 1999. Fisiología de la maduración y problemas de oscurecimiento interno en frutos de mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.)]. pp 66-72. In: Requerimientos de Tratamientos Cuarentenarios en Frutas Tropicales y Subtropicales. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED)-CONACYT. Texcoco, Edo. De México. México.
- TING, S. V. 1956. Rapid colorimetric method for simultaneous determination of total reducing sugars and fructose in citrus juices. J. Agr. Fd. Chem. 4:263-266.
- WU, L. W. 1978. Tabla de composición de para uso en América Latina Instituto de Nutrición de Centroamérica. 1978.. Comité Interdepartamental de Nutrición para la Defensa Nacional. USA. Ed. Interamericana, México. 150 p.

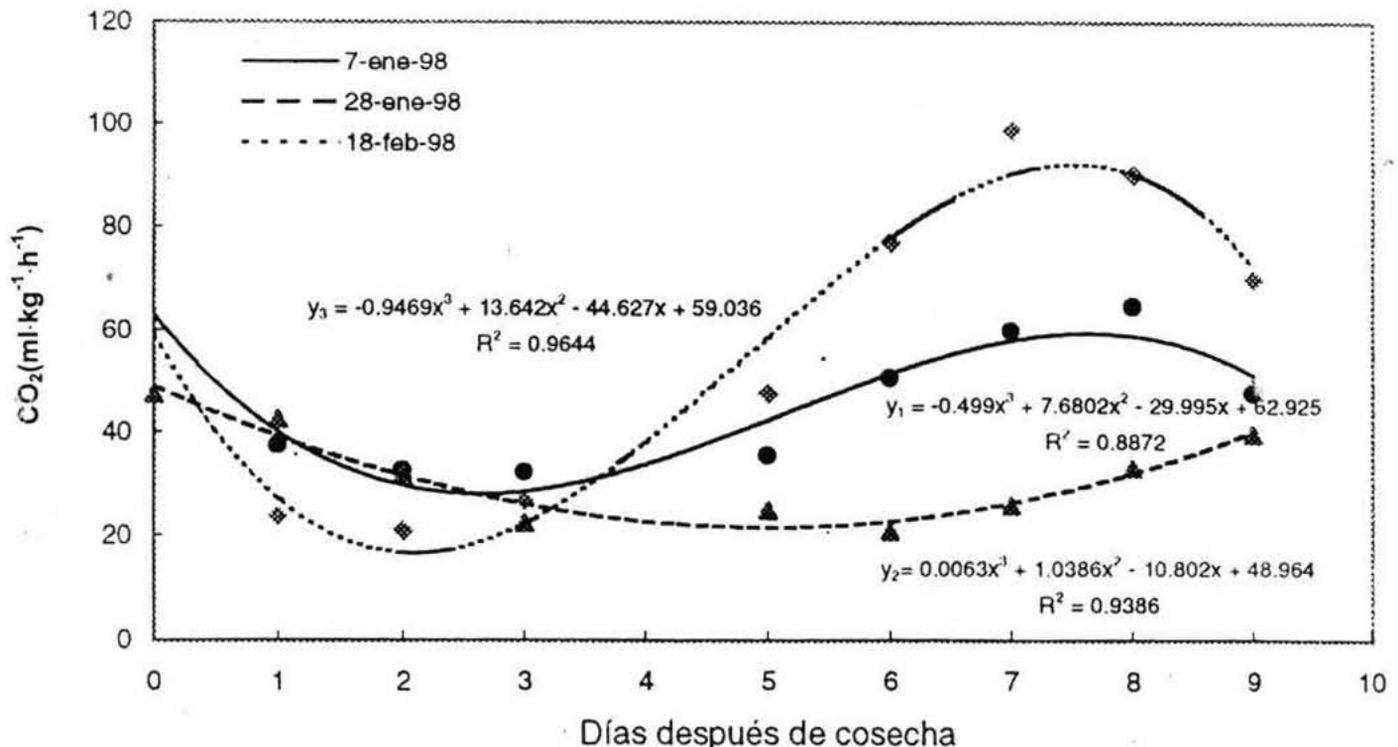


Figura 1. Evolución de la respiración en frutos de mamey cosechados en en tres fechas.

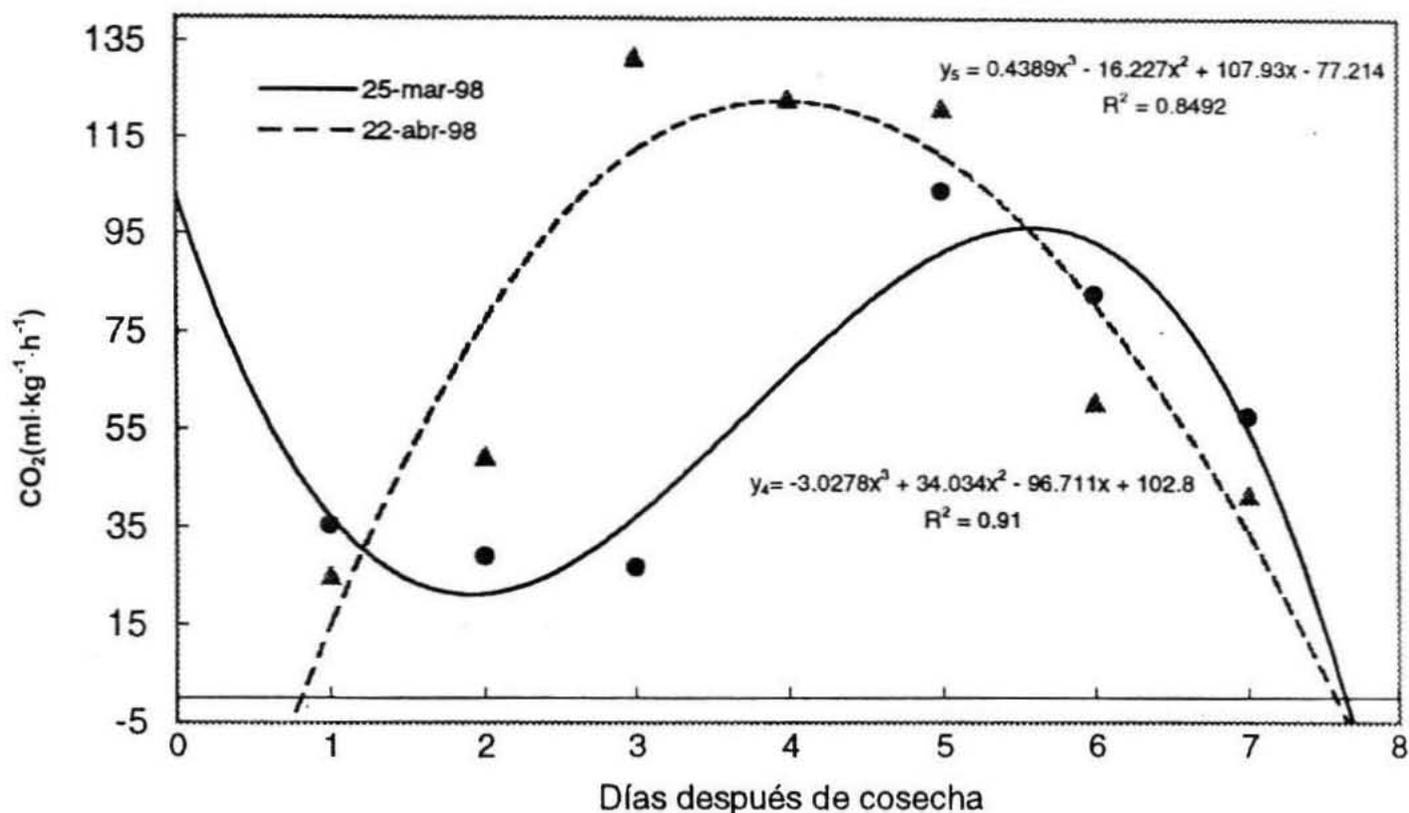


Figura 2. Evolución de la respiración en frutos de mamey cosechados en dos fechas.

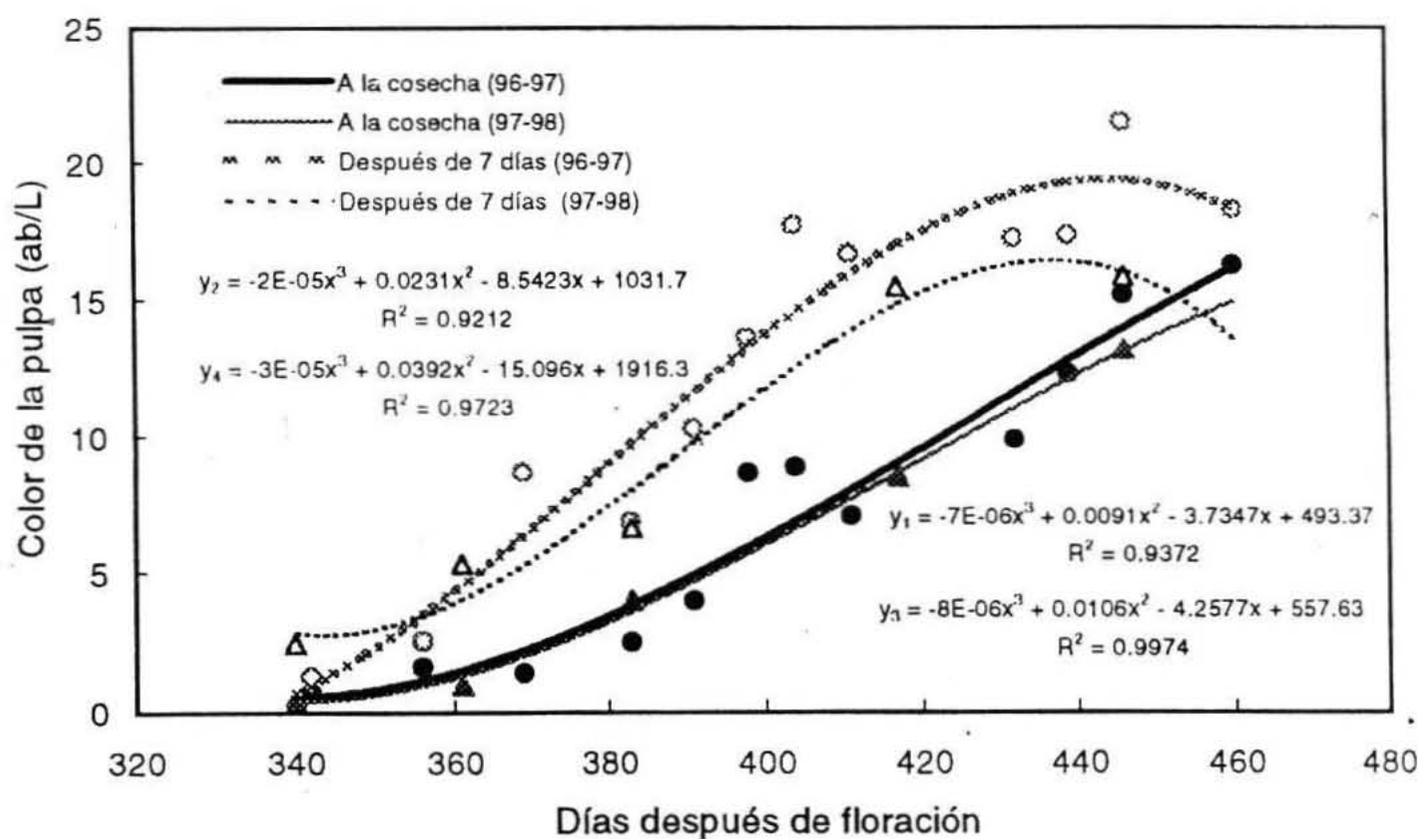


Figura 3. Evolución del color de la pulpa en frutos de mamey cosechados en diferentes etapas de desarrollo.

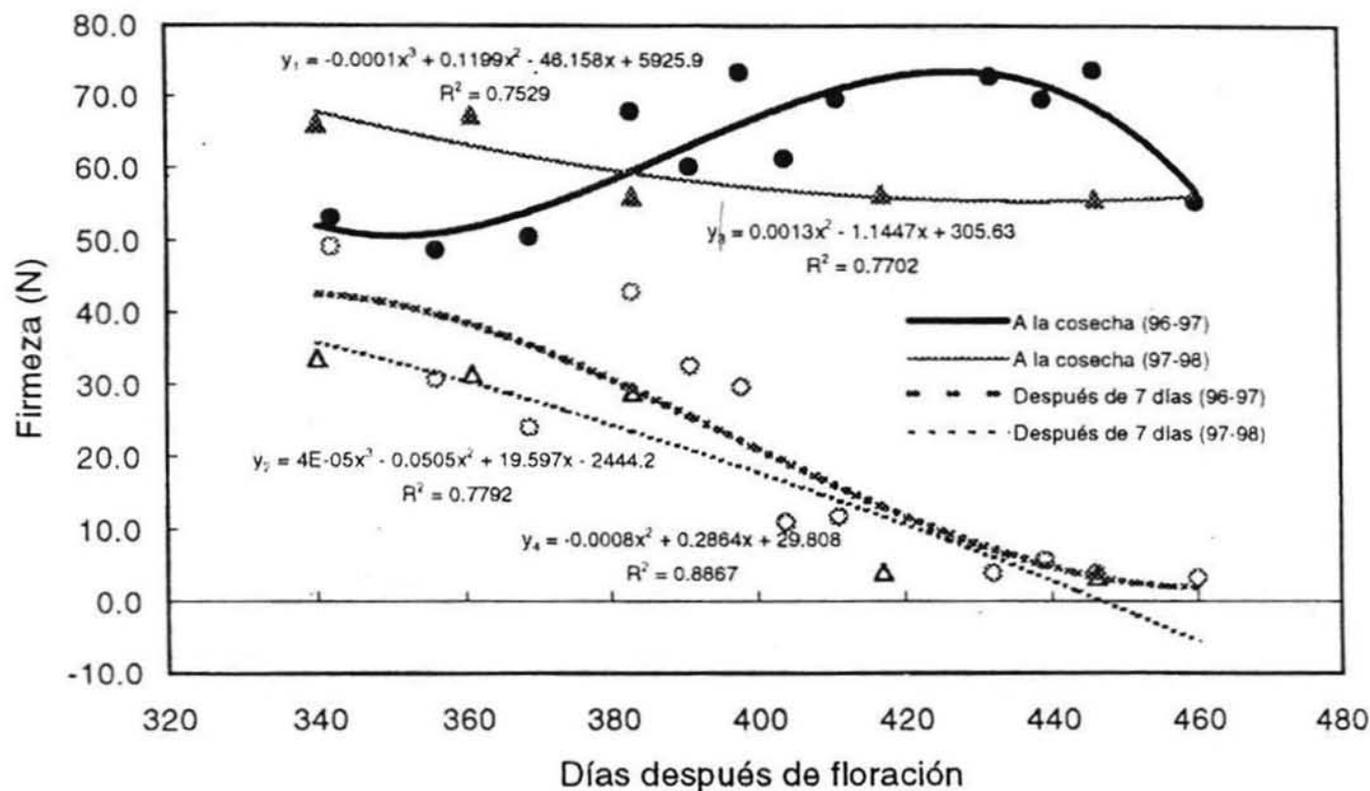


Figura 4. Evolución de la firmeza de frutos de mamey cosechados en diferentes etapas de desarrollo.

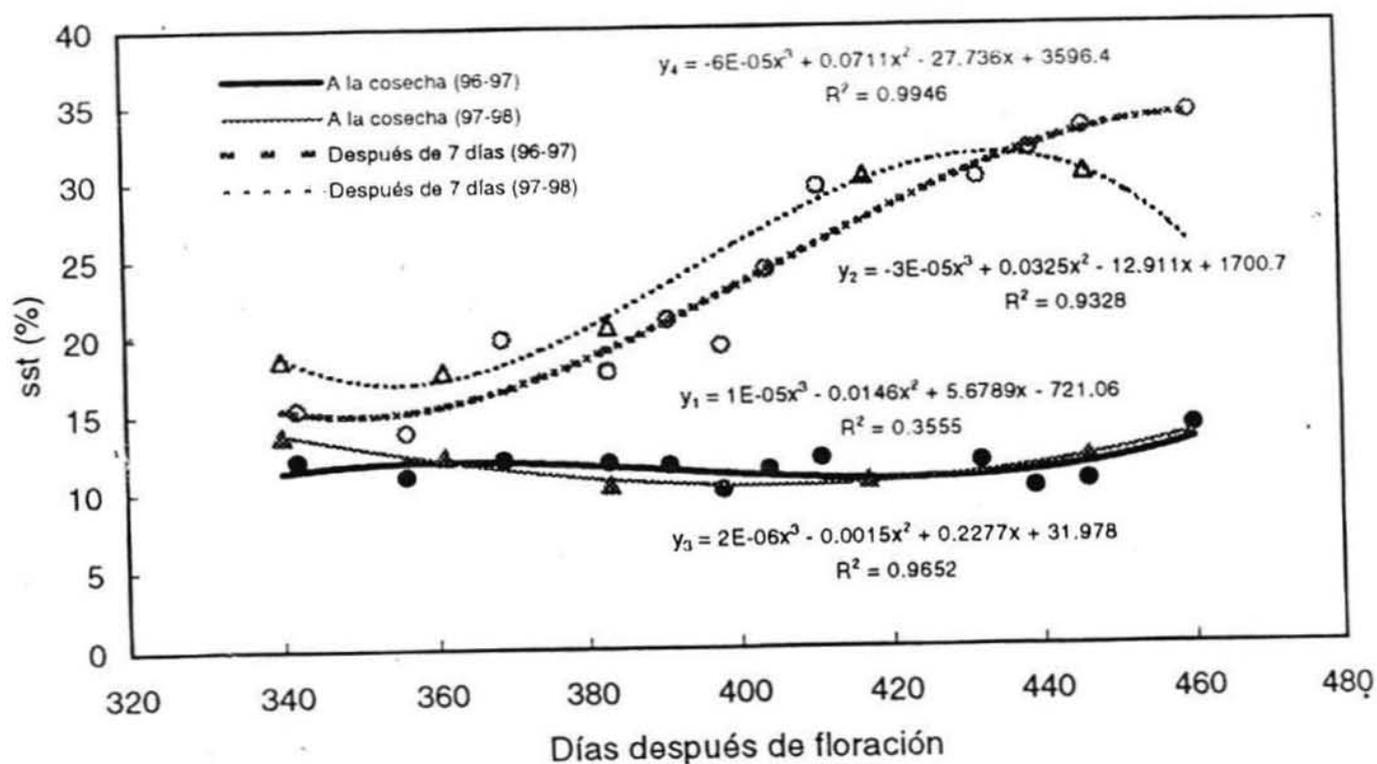


Figura 5. Evolución de los sólidos solubles totales (sst) de frutos de mamey cosechados en diferentes etapas de desarrollo.

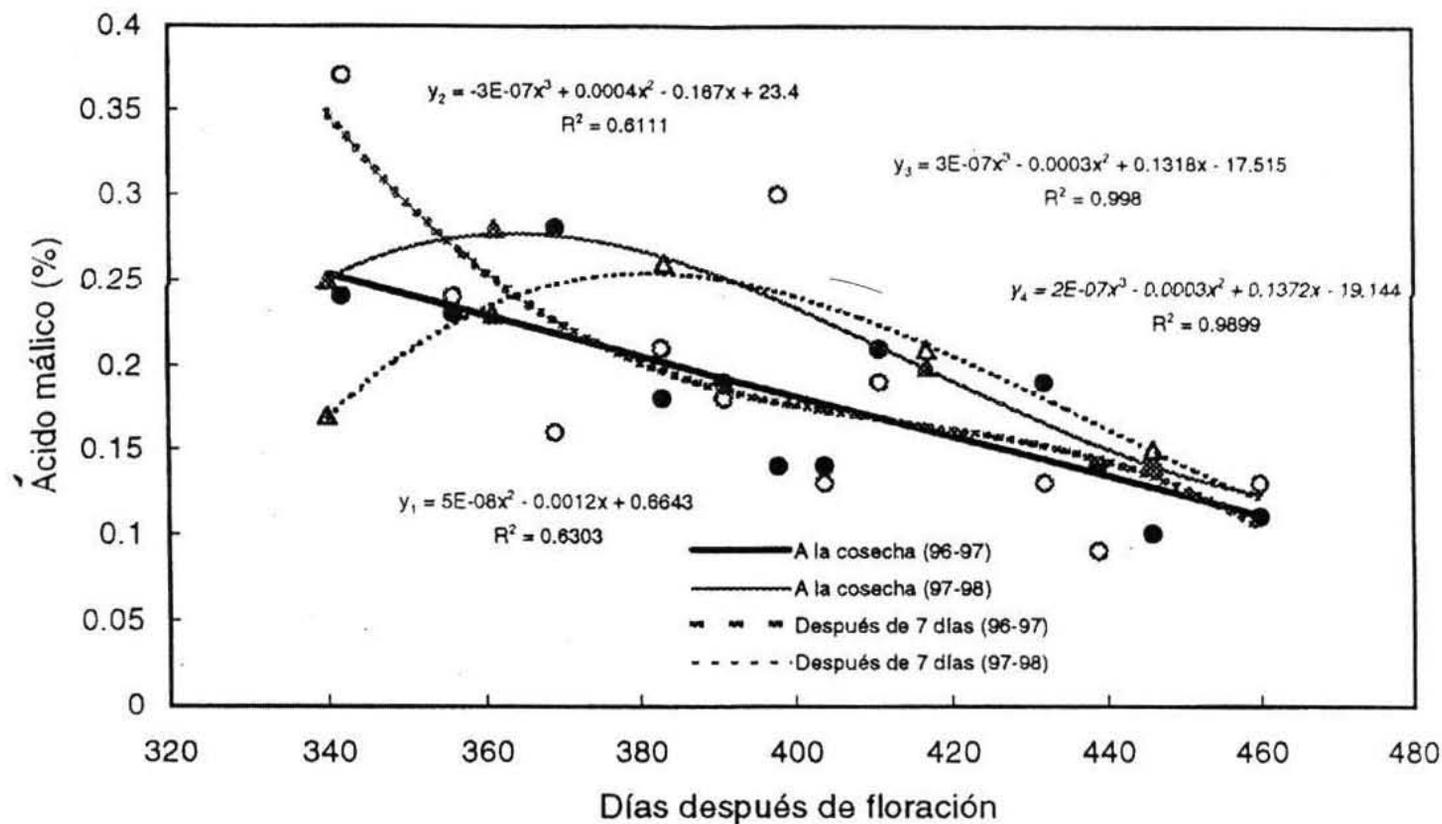


Figura 6. Evolución del contenido de ácido málico de frutos de mamey cosechados en diferentes etapas de desarrollo.

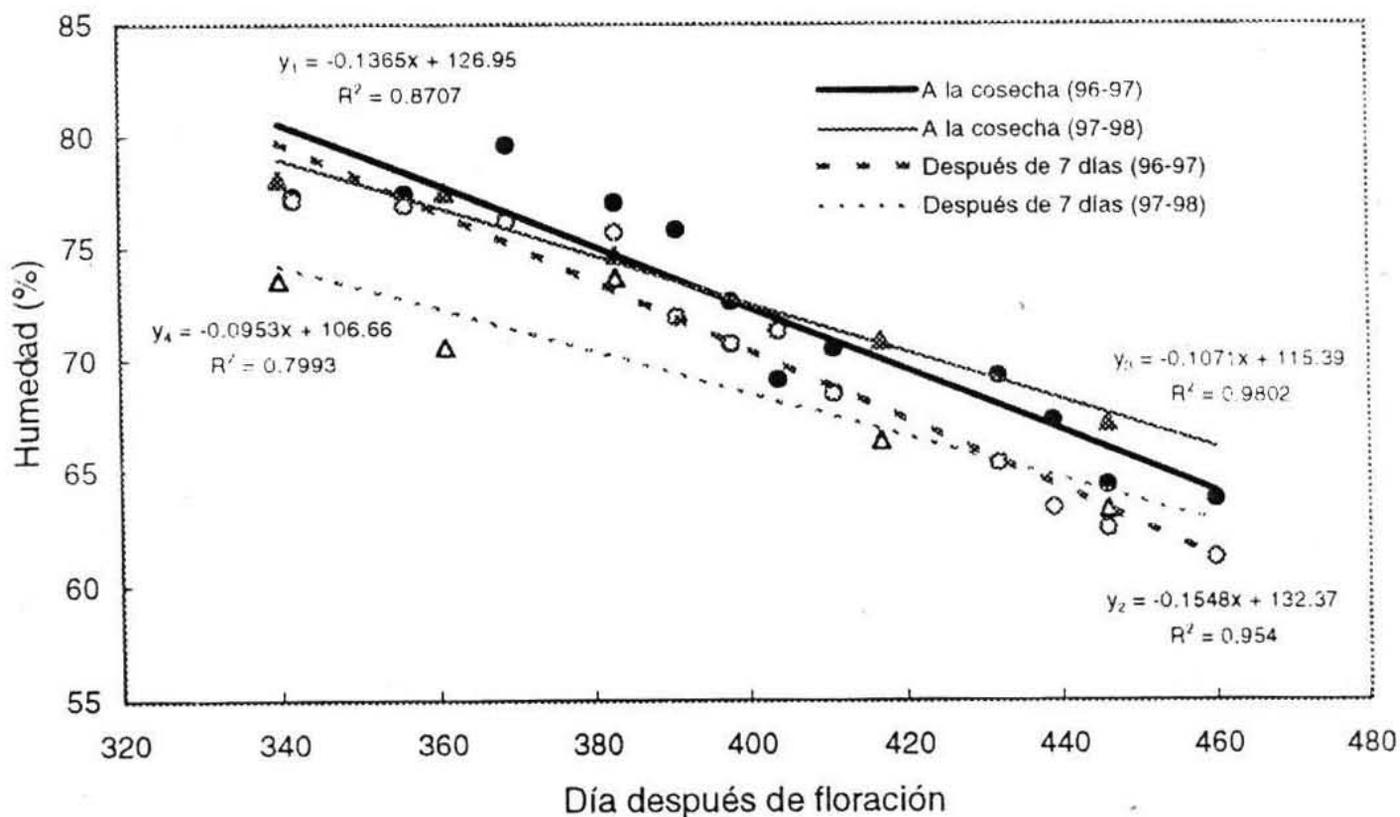


Figura 7. Evolución de la humedad de frutos de mamey cosechados en diferentes etapas de desarrollo.

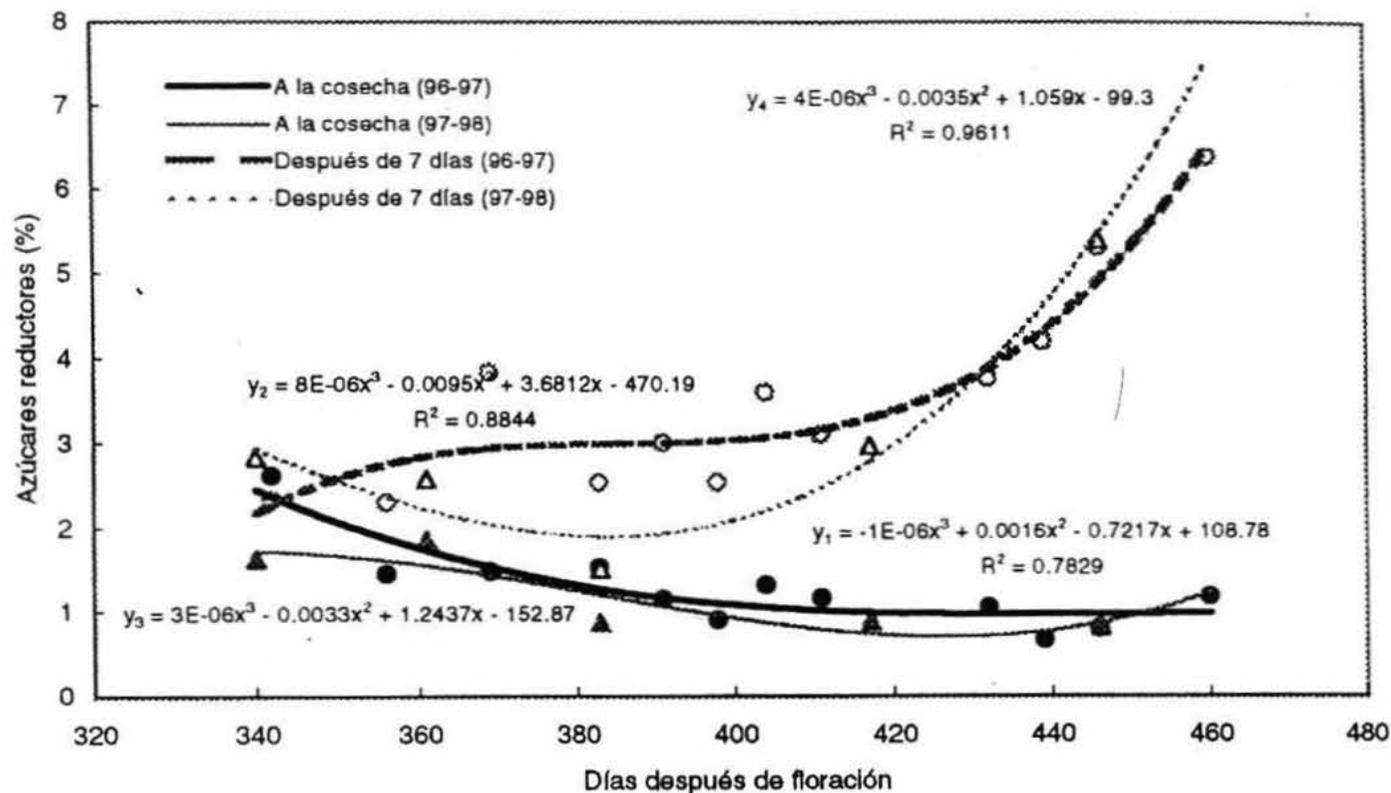


Figura 8. Evolución del contenido de azúcares reductores en frutos de mamey cosechados en diferentes etapas de desarrollo.

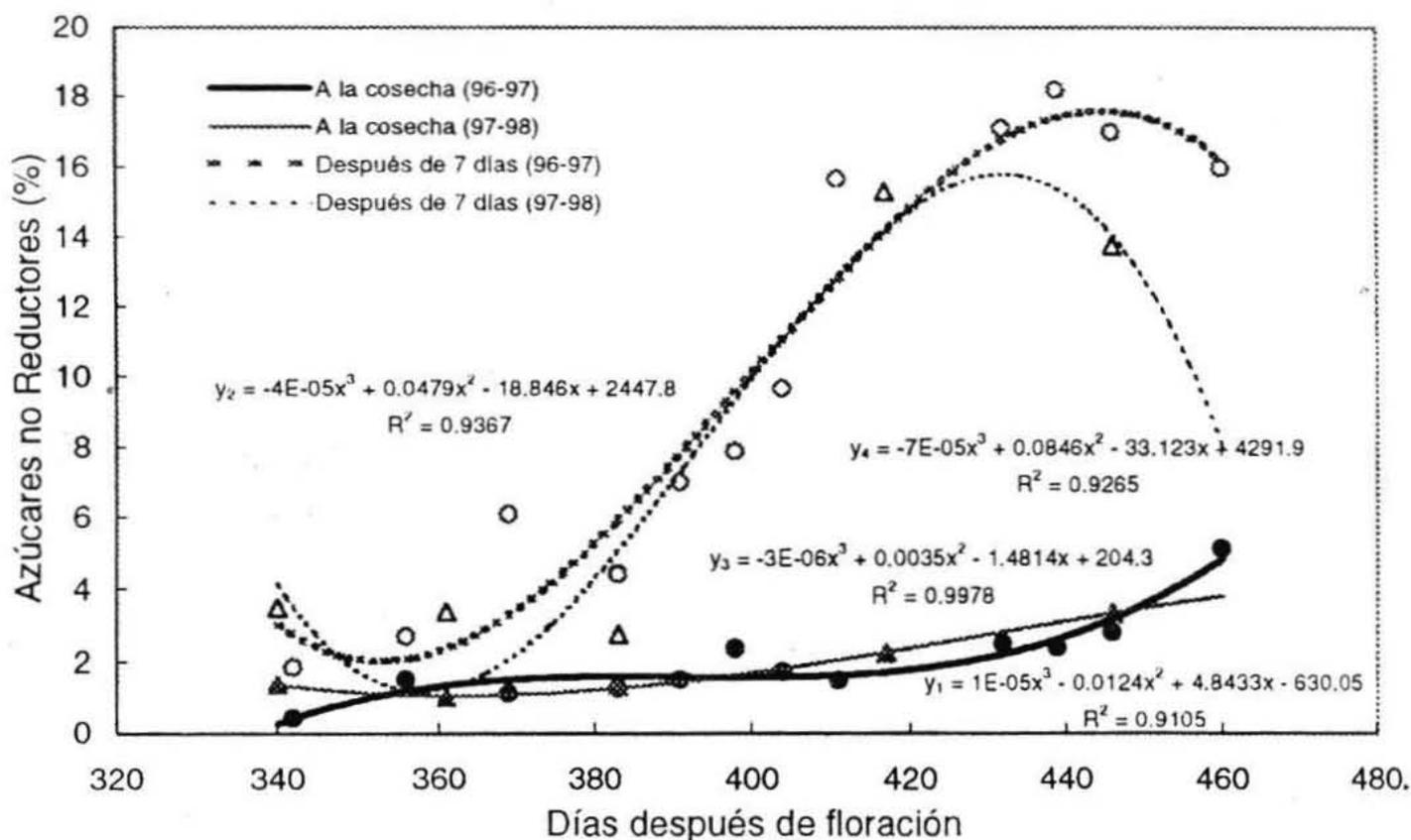


Figura 9. Comportamiento del contenido de azúcares no reductores en frutos de mamey cosechados en diferentes etapas de desarrollo.

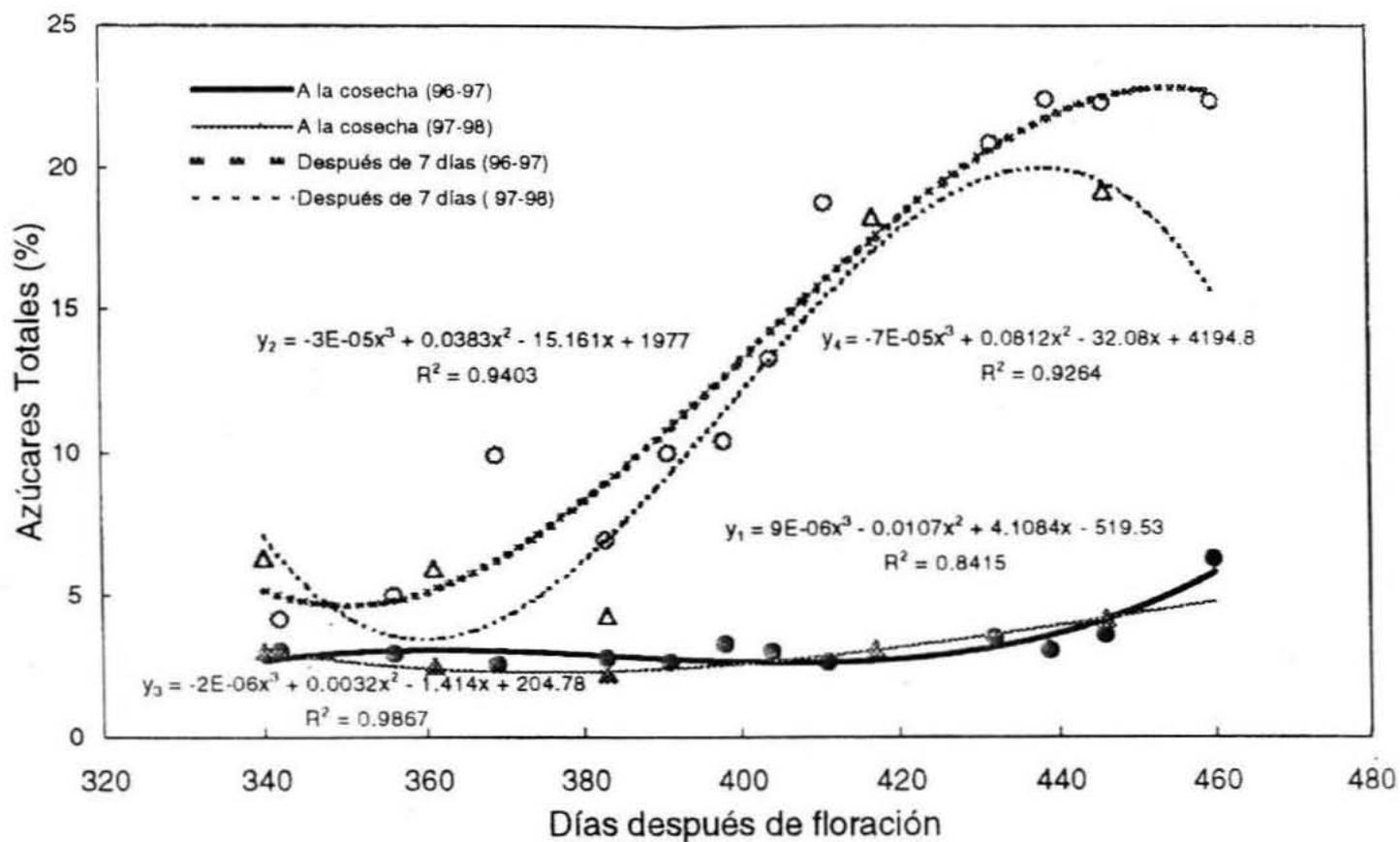


Figura 10. Comportamiento del contenido de azúcares totales en frutos de mamey cosechados en diferentes etapas de desarrollo.