

# Evaluación del daño mecánico producido por cargas estáticas de compresión en guayaba (*Psidium guajava* L.) variedad enana roja EEA-123

D. Fernández-Valdés<sup>1</sup>  
A. García-Pereira<sup>2</sup>  
A. Hernández-Gómez<sup>3</sup>  
L. L. Monzón-Monrabal<sup>4</sup>

Universidad Agraria de La Habana,  
Facultad de Ciencias Técnicas,  
Carretera de Tapaste y Autopista Nacional,  
San José de las Lajas, Mayabeque, CP 32700.  
CUBA.

Tel. 53 0478 4176  
correo electrónico (email): <sup>1</sup>dayvisf@isch.edu.cu  
<sup>2</sup>annia@isch.edu.cu  
<sup>3</sup>antifhus@isch.edu.cu  
<sup>4</sup>leidym@isch.edu.cu

Recibido 05-10-2011, aceptado 28-02-2012.

## Resumen

Los daños mecánicos por cargas de compresión estáticas son uno de los principales factores que conllevan al deterioro poscosecha de frutas y vegetales. Existen muchas causas que hacen que aparezcan daños mecánicos en las frutas. Éstos dependen directamente de la carga a la que está sometido el producto, por lo que, teniendo en cuenta la necesidad de garantizar un manejo adecuado de las producciones agrícolas, el objetivo del presente trabajo es evaluar el daño mecánico producido en la guayaba (*Psidium guajava* L, variedad enana roja EEA 123) sometida a cargas estáticas en diferentes estados de maduración. Para llevar a cabo esta investigación, se determinan y caracterizan los daños estáticos en función de la resistencia al aplastamiento a diferentes porcentajes de compresión del diámetro polar de la fruta, en diferentes estados de maduración de la misma. Para el procesamiento y análisis de los datos se empleó Statgraphics Plus versión 5.1.

Entre los principales resultados, se observan que las magulladuras provocadas por la fuerza máxima permisible aparecen al cuarto día del almacenamiento del fruto en las que fueron comprimidas a un 3%, 5%, 7% y 9%, obteniéndose daño en un área de  $28,41 \times 10^{-6} \text{ m}^2$  y  $35,06 \times 10^{-6} \text{ m}^2$  y con una profundidad de 12,50 mm y 14,39 mm respectivamente para las comprimidas al 7% y 9%. La máxima reducción del diámetro polar, para que la guayaba madura no pierda su firmeza y buenas cualidades, es 5%.

**Palabras clave:** daños mecánicos, cargas estáticas, guayaba, daños en frutas, magulladuras.

**Abstract**  
**(Mechanical damage evaluation of guava by static loads. specie red dwarf EEA-123)**

Mechanical damage, generated by compression loading, is one of the main factors that deteriorates fruits and vegetables. The aim of this research work is to study the mechanical damage, that takes place in the guava (*Psidium guajava* L.), (red dwarf variety EEA 1-23). These fruits were subjected to compression static loading during different ripeness states. It was considered that the damages were function of the compression resistance. They were determined and characterized. For this purpose, the variation of the polar diameter of the fruit was evaluated. It was done at different ripeness states and diverse storage conditions. The obtained data was processed with STATGRAPHICS plus 5.1 code. The results showed that the bruising caused by the permissible maximum force, appears on the fruit after it has being storage during 4 days. In such conditions, the polar diameters of the fruits were compressed 3%, 5%, 7% and 9%. The damaged areas were  $28,41\text{mm}^2$  and  $35,06 \text{ mm}^2$  ( $28,41 \times 10^{-6} \text{ m}^2$  and  $35,06 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ ), respectively for the compressed to 7% and 9%. The respective depths of each case were 12.50 mm and 14.39 mm. The maximum reduction of the polar diameter, so that the ripe guava does not lose its firmness and good qualities, is 5%.

**Key words:** mechanical damage, static loading, guava, fruit damage, bruises.

## 1. Introducción

En la actualidad, los avances tecnológicos se presentan en todos los campos del conocimiento, en el hogar, la electrónica, las ciencias básicas y la agronomía, por lo que tomando esto como precepto y trabajando en función de lograr un nivel más elevado de calidad de los productos agrícolas, se llevan a cabo un grupo de investigaciones. Éstas permiten definir el manejo más adecuado de los productos agrícolas durante los periodos de precosecha, cosecha y poscosecha. [1]

La guayaba (*Psidium guajava* L.) está clasificada como uno de los frutos más conocidos y estimados en Cuba y en México. Por otro lado, el cultivo de la guayaba, se cosecha en madurez fisiológica, en el estado verde-maduro (cambio de color del verde oscuro al claro), en países donde los consumidores las prefieren en este estado. En naciones donde los consumidores prefieren las guayabas maduras, las frutas se cosechan en estados firme-maduros a madurez media de consumo (más blandas) para un transporte de larga distancia, o bien en plena madurez de consumo (amarilla y blanda) para mercados locales [2].

Para el caso de Cuba, la cosecha es de forma manual. El manejo poscosecha se hace sin ninguna protección al fruto; para el caso de transporte se hace a granel, en cajas, hasta llenar los camiones, por lo que constituye un gran reto el poder garantizarle a la población, los frutos de guayaba de la variedad "enana roja" con un grado óptimo de calidad. De acuerdo a esto, se hace necesaria una buena transportación hacia su destino, evitando siempre golpes o daños mecánicos que puedan deteriorar la solidez de los mismos.

A partir del momento de recolección de los frutos o productos agrícolas, éstos pueden estar sujetos a ser afectados por daños (físico-mecánicos) de diversa naturaleza que afectan la calidad del producto. Los mismos pueden aparecer instantáneamente o con el paso del tiempo lo cual se hace perceptible cuando éstos son sometidos a periodos de almacenamiento [3]. Existen muchas causas que hacen que aparezcan los daños. Éstos dependen directamente de la carga a la que es sometido el producto [4]. De la necesidad por conocer la resistencia de éstos y de mejorar los índices relacionados con la eficiencia de los sistemas productivos, la investigación en cuestión se apoya en resultados de [5]. El propósito de este trabajo se centra en establecer, métodos de predicción del comportamiento de frutos de guayaba de la variedad "enana roja" ante la aparición de daños producidos por cargas estáticas, con el objetivo de establecer la carga máxima que puede soportar el fruto en su embalaje.

## 2. Materiales y métodos

### Metodología para la caracterización de las condiciones experimentales

El polipropileno reciclado cumple con las propiedades mecánicas que a continuación se observa en la tabla 1, y que son las principales para el inicio del compuesto.

Los frutos se seleccionan de una granja agropecuaria militar de cultivos varios: La "Ho Chi Min", perteneciente al municipio de Jaruco, localidad Bainoa, Cuba. El fruto de guayaba a utilizar en el ensayo, es el híbrido enana roja EEA-1-23, obtenido en la Estación Experimental de Alquizar. Las plantas se encuentran sembradas a una distancia de 2 m x 2 m y una edad de siete años. Para el mantenimiento de la plantación se lleva a cabo una serie de prácticas propias del cultivo. Los 160 frutos, se cosechan de forma manual, aleatoriamente y con los cuatro estados de maduración en la primera quincena del mes de abril de 2011. Para determinar el número de muestras a utilizar en el experimento, se consideran las referencias reportadas [6] y utilizando herramientas del programa estadístico STATGRAPHICS Plus 5.1 [7], fue demostrado que con seis frutas para cada propiedad es representativa la muestra. Una vez conformada la muestra inicial de 160 frutos, éstos son cuidadosamente ubicados verticalmente (ruptura fruto-pedúnculo hacia arriba), en cajas de cartón tipo comercial con orificios de respiración para garantizar la homogeneidad entre las temperaturas interior y exterior. Todas las cajas son tapadas con una lona para evitar la adherencia de polvo y partículas extrañas durante la transportación.

Una vez que se arriba al laboratorio de calidad en la Universidad Agraria de la Habana, empleando como criterio común la talla del fruto, se clasifican de acuerdo al estado de maduración (EM), (tabla 1).

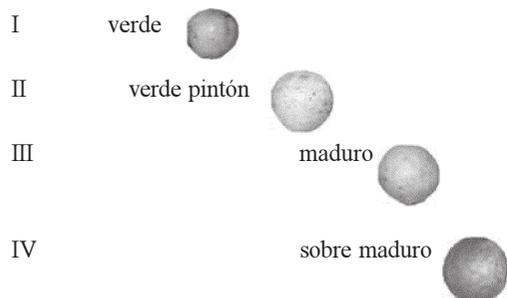
Se divide en tres partes el experimento, conformándose de esta forma tres grupos (tabla 2).

El G-A, conformado por 96 frutas divididas 24 por cada estado de maduración para la realización de pruebas de firmeza a la compresión del 3, 5, 7, 9 % del diámetro polar ( $\Phi$ ) para evaluar visualmente el surgimiento de daños al momento y dos horas después de realizada la prueba.

El grupo G-B conformado por 40 frutas para monitorear los cambios que ocurren en un estado de maduración I (EM-I), realizándosele el día inicial del experimento, el ensayo a la compresión del 3, 5, 7 y 9 % de su diámetro polar y luego se

**Tabla 1.** Estados de maduración.

**Estados de maduración (EM)**



almacenan, para monitorear visualmente y a través de la fotografía (según, [5]) el surgimiento de los daños en caso de aparición de los mismos durante seis días de almacenamiento.

El grupo G-C constituido por 24 frutos para medir el comportamiento de la firmeza al 3, 5, 7, 9 % de su diámetro polar al sexto día.

La conservación se realiza a temperatura ambiente (TA) en embalajes de madera, monitoreando las variables climáticas de temperatura local, exterior y humedad relativa (según Centro Meteorológico de Tapaste, Mayabeque, Cuba) du-

**Tabla 2.** Grupos conformados para el estudio de la fruta.

Grupos	Estados de maduración (EM)	Cantidad de frutas	% de compresión
G-A	EM-I, EM-II, EM-III, EM-IV	96 (24 por cada EM)	3, 5, 7, 9 Daño instantáneo y después de 2 horas
G-B	EM-I	40	3, 5, 7, 9 Aparición de magulladura durante 6 días.
G-C	EM-I	24	3, 5, 7, 9 Daño durante 6 días

**Tabla 3.** Variables climáticas registradas durante el almacenamiento de la guayaba, variedad enana roja EEA-123.

Año	Temperatura ambiente (°C)		Humedad relativa (%)
	exterior	local	
2010	19 a 21	24	69.5

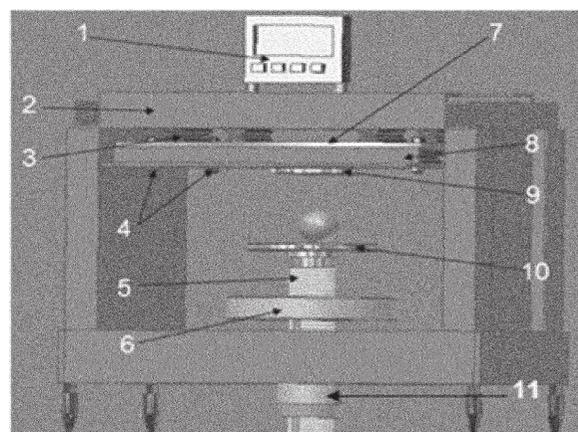
rante los seis días (tabla 3). Éste es el máximo período reportado de almacenamiento a TA para esta variedad, según [5].

**Equipo a utilizar para la realización de las pruebas de compresión al fruto**

Las pruebas de compresión se realizarán utilizando el durómetro digital modelo CEMA-C08, de fabricación nacional.

Partes del dispositivo (véase figura 1):

1. Indicador de lectura (CI- 2001 A/B)
2. Cuerpo o estructura
3. Calzos de goma (8)
4. Tornillos (5) y tuercas (18) M-10\*1.5
5. Tornillo sin fin
6. Manivela
7. Barra tensométrica
8. Plataforma porta probetas
9. Puntas y plato de compresión superior.
10. Plato de compresión inferior.
11. Guía del tornillo sin fin.



**Fig. 1.** Partes y componentes principales del durómetro digital modelo CEMA - C08.

## Funcionamiento del dispositivo y pasos para realizar la medición

La plataforma porta probetas lleva acoplado la punta o plato de compresión superior la cual esta fija y unida a la barra tensométrica y al cuerpo del dispositivo por calzos de goma. El accionamiento de la manivela desplaza el tornillo sin fin en forma vertical (descendente o ascendente) el cual lleva acoplado el plato de compresión inferior donde se coloca el producto agrícola.

Para concluir la medición de la firmeza de la guayaba se procede a la compresión (aplastamiento). La fuerza aplicada se registra en el indicador de lectura (DG) (CI-2001A/B) anteriormente activado y calibrado. El proceso de deformación puede ser registrado en un equipo de cómputo a través de la interface RS-232C que posee el equipo lector y con la previa programación simple de la interface para lograr el registro.

Pasos:

1. Activar el dispositivo con su respectiva calibración llevándolo a cero.
2. Seleccionar las debidas puntas para la medición.
3. Colocar la fruta en plato de compresión inferior.
4. Accionar la manivela hasta lograr un movimiento vertical ascendente del tornillo sin fin hasta que la punta o plato penetre en el primer caso o comprima la fruta en el segundo.
5. La medición se realiza observando el resultado del DG que no es más que el grado de deformación a la cual está sometida la barra tensométrica, o el proceso de deformación el cual es registrado en un equipo de cómputo.

## Metodología para la determinación de los daños producidos por cargas estáticas

La aparición o surgimiento del daño instantáneo fue evaluada en el grupo A, en el cual se determinó el surgimiento de daños al momento y hasta dos horas después de realizada la prueba.

Para poder determinar el surgimiento de magulladuras en el G-B con estado de maduración I a las frutas se le realiza pruebas de firmeza a la compresión del 3, 5, 7, 9 % y se monitorean durante seis días. Para poder ver la variación de la firmeza a través del tiempo de almacenamiento al 3, 5, 7, 9% en el estado de maduración I (EM-I) se utilizo el G-C.

Estas pruebas de compresión a las frutas fueron realizadas utilizando el durómetro digital modelo CEMA-C08 (véase

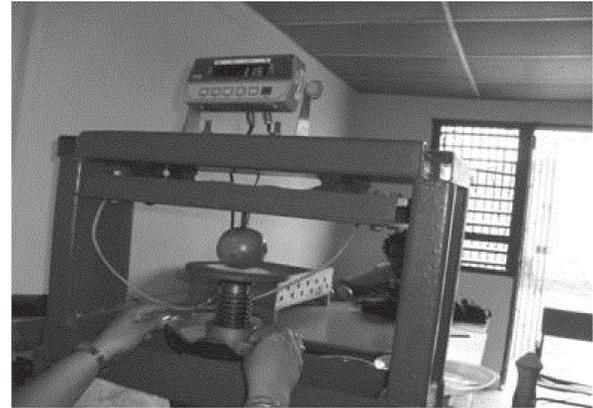


Fig. 2. Prueba de firmeza con el durómetro digital.

figura 2), con base en el principio Magness-Taylor, 0 a 1000 ( $\text{kg f/cm}^2$ )/ 0.01 ( $\text{kg f/cm}^2$ ), de fabricación nacional.

Las pruebas con el durómetro digital modelo CEMA - C08, consistió en comprimir la fruta a la fracción predeterminada de su diámetro original, usando placas paralelas (véase figura 3) para evaluar la compresión por medio de una prensa accionada manualmente. La fuerza de compresión máxima recomendada para comprimir una fruta es de un 5 % de su diámetro, la cual es registrada a una velocidad de 6 a 8 mm/min [6].

La velocidad de aplicación de la carga es un parámetro importante, porque el material de la guayaba es viscoelástico. Esto es característico de los materiales orgánicos. Como ejemplo, se puede ver en [8], [9] o inclusive en polímeros [10], [11]. Se considera que bajo cargas de impacto, el comportamiento mecánico puede ser diferente.

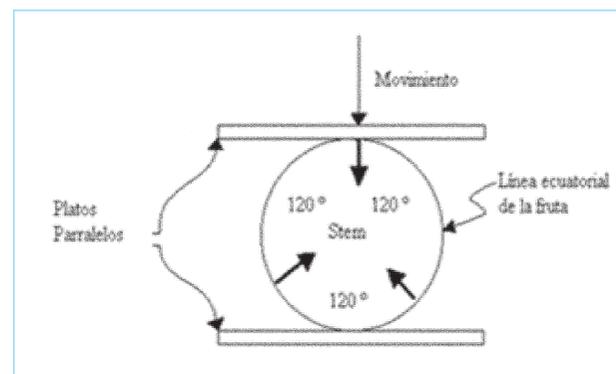


Fig. 3. Prueba de compresión, principio Magness-Taylor.

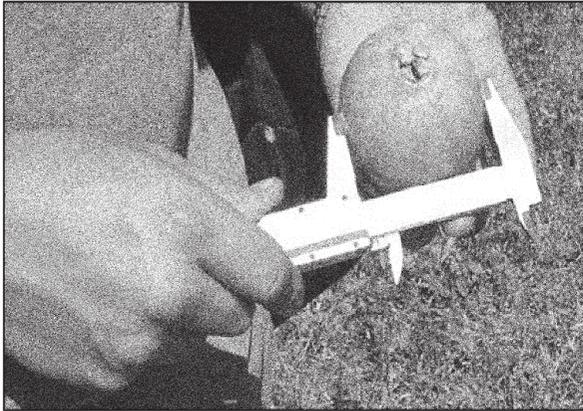


Fig. 4. Pie de rey, de 0 a 150 mm y 0,01 mm de precisión.

### Propiedades relacionadas al surgimiento de los daños

Las propiedades físico-mecánicas estudiadas en la guayaba son las encargadas de dar la magnitud del daño ocasionado en el fruto. Éstas se reflejan en el área de su magulladura y la profundidad que alcanza. Son evaluadas en las 40 frutas del grupo G-B que se comprimieron a distintos porcentajes y fueron almacenadas para su posterior observación. Para la medición de esta propiedad se utilizó un calibrador pie de rey de 0 a 150 mm  $\pm$  0.05 mm, de precisión acorde con [12] (véase figura 4).

### Cálculo del área de la magulladura

Para estimar el área de la magulladura, se parte de que por las características del fruto evaluado, puede considerarse como una esfera. Al producirse el impacto con la superficie se genera una magulladura también de carácter circular y que se puede determinar a partir de la expresión tradicional para calcular el área de un círculo. El diámetro se establece luego de tomar las mediciones longitudinales y transversales y sacar la media de las mismas.

### Profundidad de la magulladura

Para determinar la profundidad de la magulladura, siguiendo la metodología propuesta por [12], en la fruta dañada se localiza el centro de la magulladura. Posteriormente se identifica el punto más profundo y se determina la distancia hasta la superficie exterior de la fruta según se muestra en la figura 5.

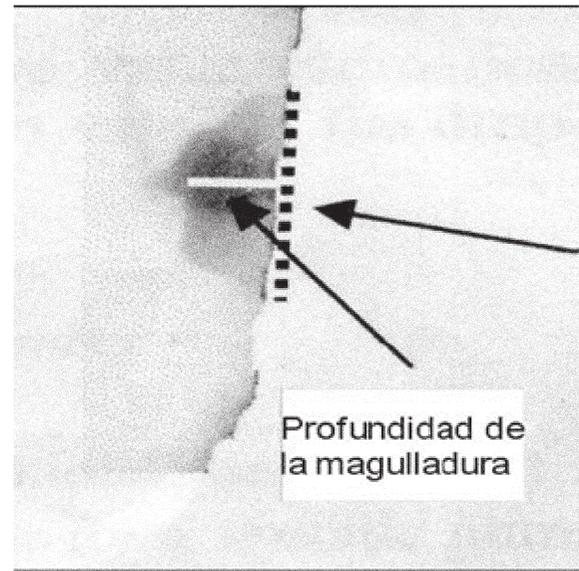


Fig. 5. Esquema de medición del área de la magulladura.

## 3. Resultados y discusión

### Caracterización del fruto

Los 136 frutos se seleccionaron de forma manual, aleatoriamente y con los cuatro estados de maduración, considerando una uniformidad según su diámetro ecuatorial de  $71 \pm 5$  mm; los cuales se transportaron a temperatura ambiente hasta el laboratorio de calidad de la Universidad Agraria de la Habana. Al momento de la llegada, todas las frutas fueron enumeradas y pesadas. Las muestras fueron almacenadas en cajas de madera del tipo comercial, con dimensiones similares de 0.5m x 0.35m x 0.1m, según [13]. Las del grupo G-B se utilizaron para la observación de la aparición del daño durante un período de seis días.

### Determinación de los daños producidos por cargas estáticas

La aparición o surgimiento del daño instantáneo fue evaluada en el grupo G-A (con cuatro estados de maduración diferentes), en el cual se evaluó el surgimiento de daños al momento o hasta dos horas después de realizada la prueba de firmeza a la compresión. Toda la evaluación fue tomada según se detalla en la tabla 4. Se puede comentar que solo en el estado de maduración III y IV se observaron daños

**Tabla 4.** Daños instantáneos y luego de dos horas de realizadas la prueba de compresión a cuatro EM diferentes y por ciento de deformación, evaluado visualmente.

EM	Manifestación de daño instantáneo				Manifestación de daño después de dos horas			
	3%	5%	7%	9%	3%	5%	7%	9%
I	no	no	no	no	no	no	no	no
II	no	no	no	no	no	no	no	sí
III	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí
IV	no	no	sí	sí	no	no	sí	sí

instantáneos al ser comprimidas al 7 y 9 %, pero después de dos horas en el EM-I en las que fueron comprimidas al 7 y 9% no era perceptible la presencia de daño. En el EM-II al cabo de dos horas se observó una ligera coloración en las que fueron comprimidas a 9 %, ocurriendo lo mismo para el EM-III y EM-IV lo que a un 7, 9 y 7, 9 % respectivamente.

#### Propiedades relacionadas al surgimiento de los daños

La figura 6 muestra los frutos de guayaba dañados debido a las cargas estáticas a las que fueron sometidos.

Las frutas del grupo G-B fueron puestas en observación por seis días y al cuarto comienza a aparecer el daño, como se puede observar en la tabla 5, aparecen los datos del área de la magulladura y profundidad de la compresión a un 7 y 9%. Como era de esperarse los mayores valores se presentan en los frutos que fueron comprimidos al 9% de su diámetro polar en estado de maduración I.



**Fig. 6.** Frutos dañados en EM IV después de la compresión a 7% y 9% de su diámetro polar.

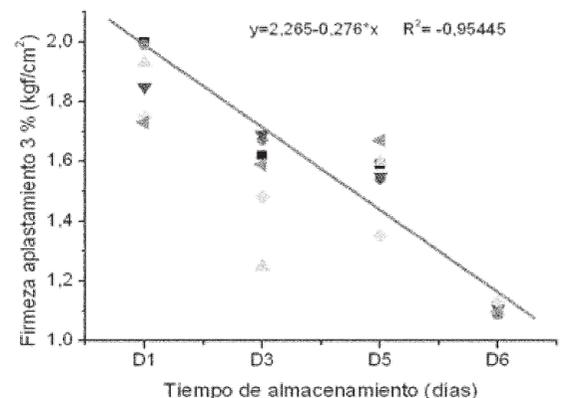
**Tabla 5.** Resultados del área de la magulladura y su profundidad del G-B al cuarto día.

% de compresión	Área de la magulladura cuarto día mm <sup>2</sup>	Profundidad mm
3	---	---
5	---	---
7	28,41	12,50

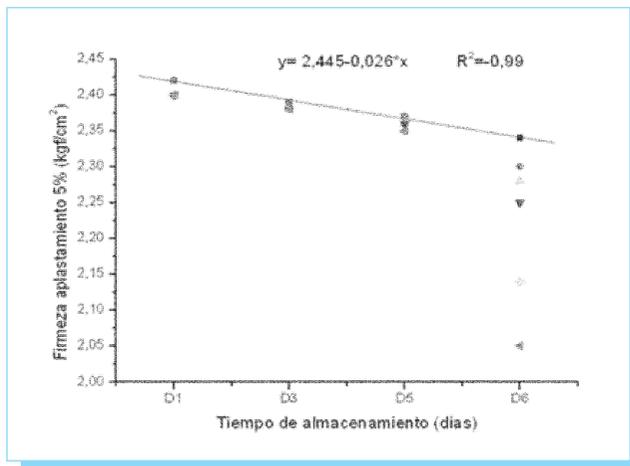
Del análisis de regresión lineal simple realizado a las frutas del G-C se obtienen que para la firmeza al aplastamiento al 3% del diámetro polar, con respecto al tiempo de almacenamiento, no existe una dependencia significativa entre la firmeza y los días transcurridos (véase figura 7).

De acuerdo a la regresión simple realizada para la firmeza al aplastamiento al 5% del diámetro polar, con respecto al tiempo de almacenamiento, véase figura 8, se muestra que el coeficiente de determinación R<sup>2</sup> supera el 0,99, lo que significa que existe un ajuste casi perfecto y la firmeza depende funcionalmente del tiempo de almacenamiento, siendo el 5% de compresión el máximo para que la fruta no sufra daño.

El análisis de regresión simple realizado para la firmeza al aplastamiento al 7% del diámetro polar, con respecto al tiempo de almacenamiento, ver figura 9, muestra que el coeficiente de determinación R<sup>2</sup> supera el 0,94, lo que significa que la



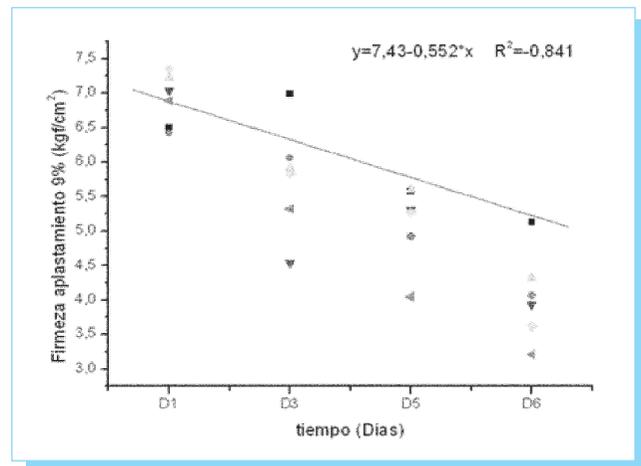
**Fig. 7.** Análisis estadístico de regresión simple para firmeza al aplastamiento de 3%.



**Fig. 8.** Análisis estadístico de regresión simple para firmeza al aplastamiento de 5%.

disminución de la firmeza aumenta con el paso de los días de almacenamiento debido a que con este % de compresión la fruta pierde su comportamiento elástico.

Finalmente de la regresión simple realizada para la firmeza al aplastamiento al 9% del diámetro polar, con respecto al tiempo de almacenamiento, véase figura 10, muestra que el coeficiente de determinación  $R^2$  supera el 0,84. Esto implica que a una compresión del 9 %, la disminución de la firmeza es mucho mayor con respecto a los demás % de aplastamiento con el aumento de los días de almacenamiento. En este caso la fruta sobrepasa considerablemente su límite elástico.

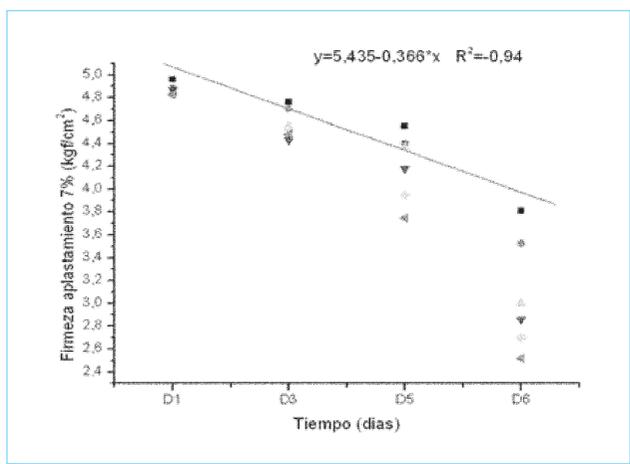


**Fig. 10.** Análisis estadístico de regresión simple para firmeza al aplastamiento de 9%.

Cuando se analiza integralmente la relación entre firmeza al aplastamiento de diferentes porcentos de deformación del Ø polar y el tiempo de almacenamiento, se encontró que la firmeza en todas las deformaciones tiene una alta dependencia con respecto al tiempo de almacenamiento, aunque queda demostrando que al comprimir el 5% se registra la mayor dependencia entre ambas variables con 99 %, no siendo así para cuando se utiliza el 9 % donde se obtienen valores de 84,1 % de coeficientes de regresión. Esto demuestra que el valor de resistencia al aplastamiento máximo permisible para que la fruta no sufra daño será el obtenido al comprimir el 5% de su diámetro polar.

#### 4. Conclusiones

- Se observaron daños instantáneos sólo en el estado de maduración III y IV al ser comprimidas al 5, 7 y 9%, pero después de dos horas de almacenamiento.
- En el EM-I, después de ser comprimidas al 7% y 9% se les vio una ligera coloración un poco más oscura, ocultándose después. En el EM-II, al cabo de dos horas, se observó una ligera coloración en las que fueron comprimidas a un 9%, ocurriendo lo mismo para el EM-III (7% y 9%) y EM-IV a 3%, 5%, 7% y 9%.
- Las magulladuras provocadas por cargas estáticas aparecen al cuarto día del almacenamiento del fruto en las que fueron comprimidas a un 7% y 9%, obteniéndose un área de 28,41 mm<sup>2</sup> y 35,06 mm<sup>2</sup> y profundidad de 12,50 mm y 14,39 mm respectivamente.
- En todas las pruebas realizadas para los estados de maduración EM-III y EM-IV se observó que las fibras más castigadas están localizadas alrededor del área donde se aplicó



**Fig. 9.** Análisis estadístico de regresión simple para firmeza al aplastamiento de 7%.

la fuerza de compresión. Es en ésta zona donde se pierde el límite elástico y las fibras se alargan provocando la falla de manera dúctil.

- La firmeza al aplastamiento de diferentes porcentajes del Ø polar muestra alta dependencia con respecto al tiempo de almacenamiento, quedando demostrando que al comprimir el 5% se registra la mayor dependencia entre ambas variables con 99 %.
- Se puede decir que el mecanismo de falla a la compresión se inicia al 5% de la deformación del diámetro polar.
- Un punto a analizar en el futuro es la compresión con el frotamiento. Éste es un problema no lineal, que tiene una deformación característica en las áreas de contacto [14]. Esto puede dar una mejor idea del deterioro que sufre la guayaba en su transporte.
- En estudios posteriores sería recomendable utilizar tecnologías no destructivas [15] para la evaluación de la calidad del fruto. Las series temporales constituyen una técnica no destructiva que ha sido utilizada para predecir el comportamiento de la calidad de la guayaba variedad enana roja EEA-123 durante su almacenamiento [16].

### Agradecimientos

Se agradece el apoyo brindado por el Instituto Politécnico Nacional (IPN), la Universidad Agraria de La Habana (UNAH) y la Secretaría de Relaciones Exteriores (SRE) de México, (Beca No. Expediente 811.06.03), por las facilidades otorgadas para el desarrollo de este trabajo.

### Referencias

- [1] Valero, C., y M. Ruiz, "Control de calidad en la comercialización de frutas", *Vida Rural* 66, pp. 50-55, 1998.
- [2] C. M. Martínez, "Fundamentos del manejo y tratamiento postcosecha de productos agrícolas", Universidad Central de las Villas, Santa Clara, Cuba, p. 257, 2003.
- [3] P. Chen, A. M. Ruiz, y A. A. Kader. "Study of impact and compression damage on Asian pears", *Trans. ASAE* vol. 3, núm 4, 1987, pp. 1193-1197.
- [4] P. V. Villaseñor, "Análisis físico y mecánico de frutos de melón, México", tesis de grado, Colegio de posgraduados, México: Universidad Autónoma de Chapingo, 2005.
- [5] M. Yirat, "Estudio de las propiedades de calidad de la guayaba (*Psidium guajava* L.), (variedad enana roja EEA 1-23)", San José de las Lajas, La Habana, Cuba, 2009.
- [6] A. Hernández, "Study of three Non-Destructive Techniques Potential for Mandarin and Tomato Fruit Quality Assessment", College of Biosystems Engineering and Food Science, Hangzhou, P. R., China: Zhejiang University, 2005, pp. 6-49.
- [7] Manual de usuario Statgraphics 5.1 plus, 2006.
- [8] L. Silva-Santos, L. H. Hernández-Gómez, M. Caballero Caballero, e I. López-Hernández. "Tensile strength of fibers extracted from the leaves of the angustifolia Haw Agave in function of their length" *Applied Mechanics and Materials*, vol. 15, 2009, pp. 103-108.
- [9] L. H. Hernández-Gómez, J.A. Beltrán-Fernández, G. Urriolagoitia-Calderón, A. González-Rebatú, M. M. Galán Vera, y G. Urriolagoitia Sosa. "Biomechanical Characterization of a Cervical Corporectomy using Porcine Specimens, following an Experimental Approach." *Key Engineering Materials*, vol. 478, 2011, pp. 103-111.
- [10] L. H. Hernández Gómez, I. Saucedo Meza, G. Urriolagoitia Calderón, A. S. Balankin, y O. Susarrey. "Evaluation of crack initiation angle under mixed mode loading at diverse strain rates", *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 42, 2004, pp. 53-61.
- [11] J. A. Beltrán Fernández, L. H. Hernández Gómez, G. Urriolagoitia Calderón, G. Villa y Rabasa, R. G. Rodríguez, y M. A. Mendoza Núñez, "Análisis numérico-experimental de la mecánica de la fractura en materiales polímeros", *Científica*, vol. 8, núm. 4, 2004, pp. 185-192.
- [12] Menesatti P, Plagia G "Determination of a drop damage index (DDI) of fruit resistance to damage", *J. of Agricultural Engineering Research*, vol. 80, núm 1, 2001, pp. 53-64.
- [13] Norma Técnica Colombiana NTC 1263, 2007.
- [14] G. Urriolagoitia Sosa, G. Urriolagoitia Calderón, L. H. Hernández Gómez y B. Romero Angeles. "Fretting fatigue evaluation produced by a new vertical machine" *Journal of Material Science and Engineering*, vol. 4, núm. 2 (serial no. 27), febrero, 2010, pp. 26-38.
- [15] A. Hernández, y A. García, "A review about non destructive technologies for fruit quality evaluation". *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 11, núm. 3, 2002, pp. 31-38.
- [16] L. Rangel, A. Hernández, y A. García, "Evaluación del potencial de las series temporales para predecir las propiedades de calidad de la guayaba (*Psidium guajava* L.), variedad enana roja EEA 1-23, durante su conservación a temperatura ambiente". *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 19, núm. 2, 2010, pp. 82-84.