

Determinación de las propiedades en función del daño por impacto en guayaba (*Psidium guajava* L.)

Determination of the properties of the guava

*(*Psidium guajava* L.) depending on the damage by impact*

Ing. Leidy Laura Monzón Monrabal, Dr.C. Annia García Pereira, Dr.C. Antihus Hernández Gómez

Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN. La comercialización y consumo de frutas resulta de gran importancia universalmente por lo que se evita la presencia de daños producidos durante la poscosecha. El presente trabajo tiene como objetivo estudiar el daño mecánico producido en la guayaba (*Psidium guajava* L.), (variedad Enana roja EEA 1-23,) sometida a cargas de impacto, por caída desde tres alturas diferentes, sobre suelo y concreto. Para ello, se realiza un análisis de las propiedades físico, químicas y organolépticas del fruto de guayaba al momento de la cosecha, así como, a la muestra luego de ser impactada desde 60, 120 y 180 cm de altura sobre suelo y concreto fueron almacenadas a temperatura ambiente y monitoreando el surgimiento de los daños. Se analizó la dependencia estadística entre las propiedades relacionadas con los daños respecto a la aparición de las magulladuras, utilizando para el procesamiento y análisis de los datos las herramientas de Microsoft Office 2007, STATGRAPHICS Plus versión 5.1. Los resultados principales demuestran que el surgimiento de los daños fue notable a partir del segundo día aumentando significativamente, del 3ro al 5to día. Se obtuvo una alta correlación entre las propiedades determinadas respecto al área de la magulladura, siendo la energía de impacto la más representativa.

Palabras clave: daños por impacto, guayaba, daños en frutas.

ABSTRACT. Fruit consumption and commercialization is universally of great importance and for this reason it is necessary to avoid the presence of damages during postharvesting processes. The present work has as objective to study the mechanical damages in the guava (*Psidium guajava* L.), (red Dwarf variety EEA 1-23,) subjected to impact loads falling from three different heights, over soil and concrete. For this, it was carried out an analysis of the physical, chemical and organoleptic properties of guava fruit at harvest time, as well as, to the sample after being impacted from 60, 120 and 180 cm of height on soil and concrete, and later stored at environmental temperature being monitored the damages appeared. Was analyzed the statistical dependence among the properties related with the damages by bruises, using for the data processing and analysis the specialized software Microsoft Office 2007 STATGRAPHICS Plus, version 5.1. The main results demonstrate that the damages appeared were remarkable starting from the second day, increasing significantly around the 3th and 5th day of storage. A high correlation was obtained among several studied properties regarding the bruising area, being found the impact energy the most representative.

Keywords: impact damage, guava, fruit damage.

INTRODUCCION

Resulta imprescindible para la salud humana el consumo de frutas con la calidad requerida debido a que en su producción es donde se encuentra la mayor riqueza agrícola. En función de esto la calidad de los productos agrícolas hace referencia a una serie de características que determinan su grado de aceptación por parte del consumidor, relacionadas fundamentalmente con su sanidad general y con su vida comercial. Dentro de tales características se pueden mencionar entre otras: valor nutricional,

características organolépticas, características físicas y propiedades mecánicas; por lo que se hace necesario el conocimiento de las propiedades físico- mecánicas de cualquier producto agrícola para lograr una buena presentación y conservación del mismo, permitiendo definir el manejo más apropiado del fruto. (Buitrago *et al.* (2004); Martínez, (2003¹) y Yirat, (2009²). Además, en función de la calidad del producto, el conocimiento de las características físicas y las propiedades mecánicas juega

¹ MARTÍNEZ, C. M.: Fundamentos del manejo y tratamiento poscosecha de productos agrícolas, 257pp., Universidad Central de las Villas. Santa Clara. Cuba, 2003.

² YIRAT, M.: 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.

un papel indispensable para lograr una buena presentación y conservación, permitiendo definir el manejo más adecuado del producto durante los periodos de pre cosecha, cosecha y poscosecha, según Ruiz, (1996³).

Dentro de las etapas por las que atraviesa el fruto durante los procesos de recolección, selección, transporte y comercialización el mismo tiene una alta probabilidad de sufrir daños comúnmente conocidos como mecánicos ya que la aparición de los mismos está condicionada por la presencia de fuerzas y/o esfuerzos de distinta naturaleza fundamentalmente a partir de la interacción fruto-fruto y fruto-superficie de diversos materiales. La aparición o surgimiento de los daños puede ser instantánea o con el paso del tiempo lo cual se hace perceptible cuando estos son sometidos a periodos de almacenamiento lo que afecta directamente la calidad y de ésta manera la aceptación y comercialización del producto. Acorde a la causa y forma de aparición los daños pueden clasificarse como:

Daños mecánicos por impacto

Los daños mecánicos por impacto son uno de los principales factores que conllevan al deterioro poscosecha de frutas y vegetales. Pueden ocurrir en cualquier momento desde el punto de la cosecha hasta el punto de consumo y pueden restar valor a la apariencia del producto y crean el potencial para la penetración de infecciones. También pueden resultar en una baja calidad de mercado y precios más bajos. Estos daños pueden aparecer debido al impacto de la fruta-fruto o la fruta-superficie Hilario (2002⁴). Los mismos se presentan en todo los casos en forma de magulladura, con área exterior fácil de determinar y un volumen interior, además pueden ser persistentes al momento o pueden aparecer después de estar almacenados generalmente, donde se encuentra el daño aparecen espacios propicios para hongos, insectos, gusanos, etc.

Métodos para la determinación de los daños

Según Dadzie (1997⁵), incluyendo a Banks (1991⁶); Banks y Joseph (1991); Klevin (1987); Schoorl y Holt (1980); Saltveit (1984); Toppling & Luton (1986) y Wang, *et al.* (2006), existen diferentes métodos para evaluar la susceptibilidad o resistencia de la fruta a magulladuras o daños mecánicos. Utilizándose los siguientes métodos y procedimientos.

Enfoque del impacto o la altura de caída

Este método se basa en la evaluación del impacto de un objeto (desde una altura predeterminada) sobre la fruta o puede ser también la fruta (desde una altura predeterminada) sobre una superficie conocida. En este tipo de ensayo, se deja caer un objeto desde varias alturas sobre la fruta o la fruta sobre una superficie conocida (la prueba puede ser aplicada a las frutas

tanto maduras, como inmaduras).

Enfoque de vibración o transporte

Este método está basado en la evaluación del efecto de vibración durante el transporte de la fruta (la prueba puede ser aplicada a las frutas tanto maduras, como inmaduras) y permite la evaluación del porcentaje de frutas magulladas, basándose en el método de empaque durante y después de la transportación.

En el presente trabajo a partir del enfoque del impacto o la altura de caída se centra en estudiar el comportamiento de frutos de guayaba de la variedad “enana roja” ante cargas dinámicas en este caso producidas por impacto.

MÉTODOS

Selección de la muestra y diseño del experimento

Una muestra total de 110 frutos de guayaba, variedad Enana Roja EEA 1-23 producidas en Empresa Integral “Ho Chi Minh”, noreste de la provincia Mayabeque, fue recolectada por el grupo de trabajo que investiga la calidad de los productos agrícolas (GICPA), con 4 años de experiencia en este tipo de investigaciones. Dicha muestra fue seleccionada aleatoriamente en diagonal a partir del criterio de talla 70 cm \pm 5 y madurez fisiológica. Todas las frutas, in situ, fueron lavadas, secadas y clasificadas: Grupo A (30 frutas, impactar suelo a tres alturas diferentes 60, 120 y 180 cm), Grupo B (30 frutas, impactar concreto a tres alturas diferentes 60, 120 y 180 cm); Grupo C (20 frutas, propiedades de calidad, según (Yirat, 2008), y Grupo D (30 frutas, influencia del grado de enyerbamiento a tres alturas diferentes 60, 120 y 180 cm).

A los grupos A y D se les realizó el impacto en propio campo dejando caer 10 frutas desde cada altura anteriormente mencionada, 20 minutos más tarde en el almacén central de la empresa (piso de concreto) se realizó el ensayo de impacto a las frutas del grupo B siguiendo el mismo procedimiento empleado en los grupos anteriores. Posteriormente todas las frutas fueron trasladadas al laboratorio del GICPA en la Universidad Agraria de La Habana donde a las restantes 20 frutas del grupo C se les determinó las propiedades de calidad a la fruta fresca (talla, masa, firmeza, Contenido de Sólidos Solubles (SSC) y el pH), según (Yirat, 2008). Posteriormente, las frutas de los grupos A, B y C fueron almacenadas a temperatura ambiente (25,4 °C y 78% HR) durante 7 días para monitorear el surgimiento de la aparición de los daños, la apariencia del fruto, y las características de las magulladuras durante cada día de almacenamiento.

El ensayo realizado al grupo D se realiza con el propósito de estudiar la influencia del grado de enyerbamiento sobre el área de la magulladura producida al dejar caer el fruto sobre el suelo (tipo Ferrasol) con tres grados de enyerbamiento (GE), (clasificados en I-sin enyerbamiento (0,0093 kg/cm²); II- en-

³ RUIZ, M.: Manual de referencia sobre parámetros de calidad en frutas. Dpto. Ing. Rural-ETSIA, España, 1996.

⁴ HILARIO, V.O.: Análisis de compresión e impacto en frutos de papaya variedad Maradol roja, Tesis profesional, Universidad Autónoma Chapingo, México, 2002.

⁵ DADZIE, BENJAMIN KWESI: Routine post-harvest screening of banana/plantain hybrids: criteria and methods. International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), 1997.

⁶ BANKS, J. A.: Teaching strategies for ethnic studies. Allyn and Bacon Inc., 160 Gould St., Needham Heights, MA 02194, USA, 1991.

yerbamiento medio (0,03 kg/cm²); y III- enyerbamiento alto (0,062 kg/cm²); Para determinar dicho grado de enyerbamiento se marcó un área de 15 cm² se colectó la yerba del área seleccionada y se guardó en una bolsa de polietileno para ser trasladada hasta el laboratorio de calidad donde posteriormente con la ayuda de una balanza electrónica se le determinó la masa en cada caso. Para evaluar la influencia del GE de una muestra de 30 frutos separados en tres grupos de 10 cada uno se dejan caer desde tres alturas diferentes (60, 120 y 180 cm) y se almacenan en una caja de madera para monitorear el surgimiento de los daños.

Metodología para la determinación de las propiedades en función del daño por impacto

Cálculo del área de la magulladura

Se parte de las características del fruto evaluado que puede considerarse un círculo, 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, según Martínez, (2003).

$$\pi \frac{d^2}{4} = A \quad (1)$$

donde:

área de la magulladura, m²,

d- diámetro medio de la magulladura, m.

Profundidad de la magulladura

Siguiendo la metodología propuesta por Menesati y Paglia, (2001) a la fruta dañada se le halla al centro de la magulladura, luego se delimita el punto más alejado hacia el interior de la fruta y se determina la distancia desde este punto hasta el exterior de la fruta según se muestra en (Figura 1).

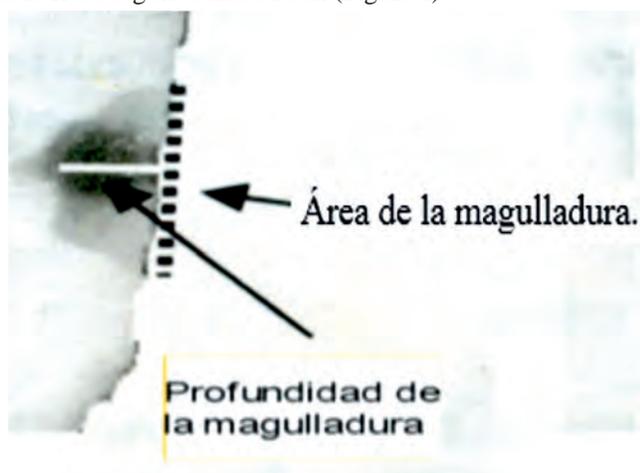


FIGURA 1. Esquema de medición del área de la magulladura.

Cálculo de la energía del impacto

Se considera energía de impacto aquella que lleva el fru-

to un instante antes de que se produzca dicho impacto con respecto a la superficies de análisis. La misma se determina calculando la energía potencial gravitatoria que describe el fruto durante su caída libre y se determina a partir de la expresión siguiente:

$$m \cdot g \cdot h = E \quad (2)$$

donde:

E-energía del impacto, J;

m- masa del fruto, kg;

g- constante gravitacional, m/s².

Velocidad de caída libre

Se parte de la ecuación de conservación de la energía cinética. Donde la variación de la energía cinética se hace cero, ecuación 3, luego la diferencia de la energía cinética y la energía potencial gravitatoria es igual a cero, para entonces despejando obtener la ecuación 4:

$$\frac{m \cdot v^2}{2} = m \cdot g \cdot h \quad (3)$$

$$v = \sqrt{2gh} \quad (4)$$

donde:

m=masa, m;

g= constante gravitacional, m/s²;

h=altura, m;

v=velocidad de caída libre, m/s.

Metodología para el análisis y procesamiento estadístico

Todos los datos obtenidos a del ensayo de impacto en cada superficie (suelo y concreto) sobre las cuales fueron impactadas las frutas, se exportan para su procesamiento al software STATGRAPHICS Plus 5.1, donde se realizó un análisis para determinar la relación que describe algunas de las propiedades estudiadas con respecto a la aparición del área de la magulladura utilizando la regresión lineal y los datos de la tabla ANOVA, utilizando como parámetros de comparación las ecuaciones ajustadas de los modelos, el coeficiente de correlación y el R².

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Principales propiedades físicas, químicas y organolépticas de la guayaba Enana Roja variedad EEA 1-23 al momento de la cosecha.

En la Tabla 1 se muestran los resultados de las propiedades de calidad de la guayaba al momento de la cosecha, generando valores promedios en cuanto a: talla, mm; masa, g; firmeza, (kgf/cm²), densidad (kgf/m³), SSC, Brix; pH; IC. Para una talla de 70 ±5 mm, se obtuvo valores promedios de: masa, 227,8 g; firmeza, 7,12 kgf/cm²; densidad, 1012,9 (kgf/m³); IC, -6,72; color 123-121-13 (RGB), píxeles; SSC% 6,25 y PH, 4,2. Las

frutas presentaban buena apariencia y una tonalidad verde intenso índice de color obtuvo valores promedios de -6,72 debido a la tonalidad verde intensa correspondiente con su madurez fisiológica.

TABLA 1. Resultados de las propiedades físico-químicas de la guayaba, variedad Enana roja EEA 1-23 al momento de la cosecha

	Talla (mm)	Masa (g)	δ (kgf/m ³)	PH	IC	Firmeza (kgf/cm ²)	SSC
Guayaba	70	227,8	1012,9	4,2	-6,72	7,12	6,25

Resultados de la determinación de las propiedades en función del daño por impacto

El valor de las propiedades determinadas en función del daño por impacto, al dejar caer las frutas sobre tres alturas (60, 120, 180, cm) y en dos tipos de superficies, concreto (A) y suelo (tipo Ferrasol) (B) muestra, como se esperaba, que las frutas impactadas en el concreto a la altura de 180 cm serían las más dañadas. Registrándose valores máximos de área de la magulladura $11,5 \cdot 10^{-4}$ $10,6 \cdot 10^{-4}$ respectivamente. La Tabla 2 muestra los valores más significativos de dichas propiedades en función de la altura y la superficie impactada.

TABLA 2. Resultados de las propiedades determinadas en función del daño por impacto en la guayaba variedad Enana roja EEA 1-23

Área de la magulladura (m ²)		Profundidad de la magulladura (mm)		Velocidad de caída libre (m/s)			Energía de impacto (J)		
A	B	A	B	60	120	180	60	120	180
$11,5 \cdot 10^{-4}$	$10,6 \cdot 10^{-4}$	20,75	8,28	3,42	4,84	5,93	2,225	3,410	5,232

Por la naturaleza de este tipo de daño por impacto, las características de la fruta y de las superficies sobre las cuales se dejó caer, también se tuvo como resultado que la aparición de magulladuras no fue instantánea (Figura 2), muestra el comportamiento de las frutas impactadas a partir del segundo día de realizado el experimento, donde solo el 4% de las frutas habían sufrido daños, lo que no quiere decir que el resto no estuviesen dañadas, los daños aparecen al segundo día de observación. A medida que fueron pasando los días la aparición de los daños en las frutas se incrementaba., aumentando significativamente, del tercero (8%) al quinto día (26%), ya para el sexto día alcanza valores máximos en el orden de (51%).

La Tabla 3 muestra los valores de área de la magulladura a un altura de 60, 120 y 180 cm en suelo y concreto respectivamente. Se puede observar que los valores de área de la magulladura $13,5 \cdot 10^{-4}$ y $14,3 \cdot 10^{-4} m^2$, son mayores en las frutas que impactan con el concreto que las que lo hacen con el suelo además de que los valores máximos se alcanzan también al dejar caer la fruta desde la altura de 180 cm.

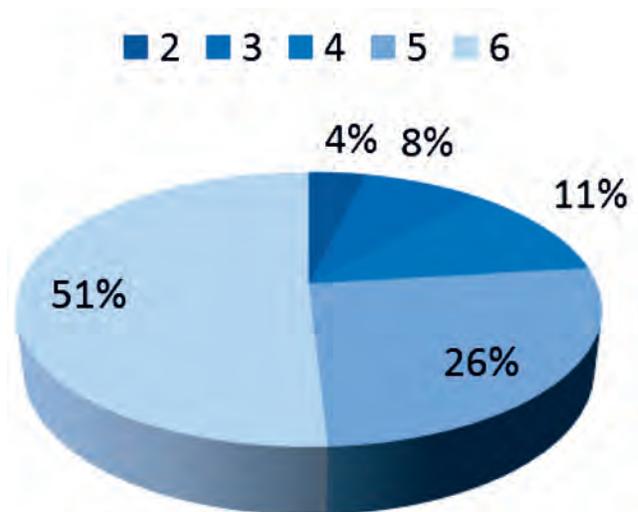


FIGURA 2. Porcentaje de frutas dañadas por días.

TABLA 3. Área de la magulladura en función de la altura y el tipo de superficie suelo (tipo Ferrasol) y concreto

Área (m ²)	Suelo			Concreto		
	Altura (cm)					
	60	120	180	60	120	180
	$7,3 \cdot 10^{-4}$	$10,4 \cdot 10^{-4}$	$13,5 \cdot 10^{-4}$	$8,8 \cdot 10^{-4}$	$11,2 \cdot 10^{-4}$	$14,3 \cdot 10^{-4}$

En la Figura 3 se muestran los diferentes valores de energía de impacto producto de la caída. Se puede observar que la energía de impacto aumenta a medida que aumenta la altura de caída, alcanzando como valor máximo 5,232 (J) en las frutas que se dejan caer desde la altura de 180 cm. Resaltando que las superficies impactadas no influyen o sea no se tiene en cuenta para analizar dicha propiedad, debido a que la energía de impacto, en este caso varía solo en relación a la altura.

La Figura 4 muestra la influencia del grado de enyerba miento sobre el área de la magulladura, al dejar caer las frutas sobre distintas alturas. Tal como se esperaba, se puede observar que en el suelo sin enyerba miento es donde las frutas sufren los mayores daños, alcanzando valores de $12,4 \times 10^{-4} (m^2)$ y en los suelos con enyerba miento medio $9,44 \times 10^{-4} (m^2)$, aunque resulta curioso que

en suelos con un alto grado de enyerbamiento también la fruta sufre daño, este fenómeno pudiera estar condicionado por el grado de compactación del suelo y la falta de humedad, que son factores que no fueron analizados durante este experimento.

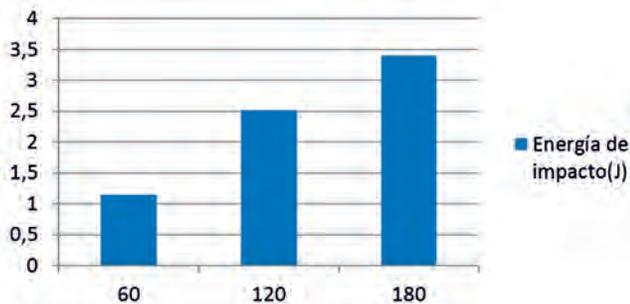


FIGURA 3. Energía de impacto en función de la altura de caída.

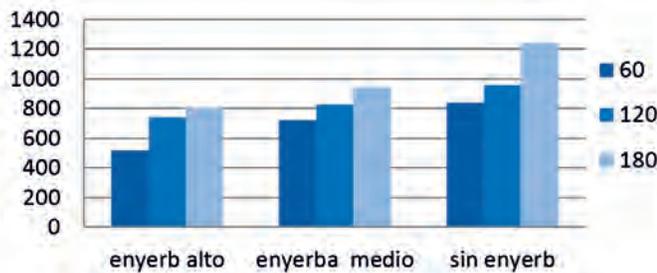


FIGURA 4. Influencia de grado de enyerbamiento sobre la magulladura.

Resultados de análisis y procesamiento estadístico

De la regresión simple realizada para (firmeza, energía de impacto, altura, velocidad de caída libre, con respecto al área de la magulladura, en dos tipos de superficies (concreto y suelo tipo Ferrasol); se obtuvo una alta relación entre las variables analizadas, siendo más significativos los valores obtenidos para las muestras evaluadas en el concreto. Además la energía de impacto es la propiedad que representa más dependencia en cuanto a la aparición de la magulladura. Para los cuales el R^2 supera el 0,98, lo que significa que la aparición de la magulladura se explica en más de un 98 % por el tipo de superficie a la que fue impactada la fruta. Obteniéndose los valores más altos de correlación. Además se aprecia que en cuanto a las propiedades analizadas, para conocer la dependencia en cuanto a la aparición de la magulladura se corresponden con un modelo lineal (tipo: Inverso Y), (Tabla 4). Del análisis estadístico realizado se comprobó que existe una estrecha relación entre el área de la magulladura y la altura a la cual se deja caer el fruto sobre ambas superficies, concreto y suelo (tipo Ferrasol). En este caso se obtuvo resultados significativos en el R^2 con valor de 98,6554 y 98,3524 % respectivamente. De manera similar se comportó el coeficiente de correlación mostrando resultados de 0,984514 y 0,953254, lo que indica una relación relativamente fuerte entre las variables. El error estándar de la estimación muestra la desviación típica de los residuos donde se mostró un resultado de 0,000047376.

TABLA 4. Estadígrafos de la regresión lineal de valores de área de la magulladura respecto a la altura de caída

Propiedad	Modelo	r	R ²	Estadígrafos p-valor	Ecuación
área de la magulladura (A)	Inverso Y	0,98	98,65	0,0043	Área de magulladura = -85116,5 + 303,324·altura
área de la magulladura (B)	Inverso Y	0,95	98,35	0,0040	Área de magulladura = -74352,5 + 109,324·altura

En el análisis estadístico realizado entre la energía de impacto y el área de la magulladura, se muestra que existe la mayor dependencia entre las variables analizadas demostrada a partir de los valores obtenidos para R^2 de 99,9023%. El coeficiente de correlación y la desviación típica de los residuos mostraron una fuerte relación entre las variables en estudio, indicando valores igual a 0,999511, (Tabla 5), debido a que la energía de impacto (EI) (energía que porta el fruto un momento antes de producirse el impacto) depende enteramente de la energía potencial gravitatoria a medida que aumenta la altura, mayor será la energía y mayor la magulladura producida.

TABLA 5. Estadígrafos de la regresión lineal de valores de área de la magulladura respecto a la energía de impacto

Propiedad	Modelo	r	R ²	Estadígrafos p-valor	Ecuación
Área de la magulladura	Inverso Y	0,98	99,90	0,0060	Área de la magulladura. = 2,45787 + 1,73872E-8*energía de impacto

Del análisis estadístico realizado entre la velocidad de caída libre con respecto al área de la magulladura (Tabla 6) se demuestra que existe un alta relación entre ambas variables, o sea que existe diferencia estadísticamente significativa. El estadístico R^2 indica que el modelo explica un 98,9025 %. El coeficiente de correlación y la desviación típica de los residuos mostraron una fuerte relación entre las variables en estudio, indicando valores igual a -0,987412 y 0,00658125 respectivamente. Se aprecia que a medida que aumenta la altura de caída, es mayor la velocidad de caída libre y por consiguiente la magulladura producida.

Tal es el caso del análisis estadístico realizado entre la firmeza con respecto al área de la magulladura, donde R^2 indica que los modelos explican un 95,254 y un 90,454% respectivamente de la variabilidad en área de la magulladura (Tabla 7). El coeficiente de

correlación es igual a 0,9178586 y 0,9066573 donde, el error estándar de la estimación muestra la desviación típica de los residuos que es 39475,9. Siendo esta la propiedad la de menos dependencia en cuanto a la aparición de la magulladura.

TABLA 6. Estadígrafos de la regresión lineal de valores de área de la magulladura respecto a la velocidad de caída libre

Propiedad	Modelo	r	R ²	Estadígrafos	
				p-valor	Ecuación
Área de la magulladura	Inverso Y	-0,98	98,90	0,0086	Área de la magull = 5,34402E6 - 428986,0*velocidad de caída libre

TABLA 7. Estadígrafos de la regresión lineal de valores de área de la magulladura respecto a la firmeza

Propiedad	Modelo	r	R ²	Estadígrafos	
				p-valor	Ecuación
Área de la magulladura (A)	Inverso Y	-0,91	95,25	0,0048	Área de la magull = 8,60597 - 7,12657E-8*Firmeza.
Área de la magulladura (B)	Inverso Y	-0,90	90,45	0,0056	Área de la magull = 5,60535-3,15457E-8*Firmeza.

CONCLUSIONES

- Para una talla de 70 ±5 mm, se obtuvo valores promedios de: masa, 227,8 g; firmeza, 7,12 kgf/cm²; densidad, 1012,9 (kgf/m³); IC, -6,72 píxeles; SSC, 6,25% y PH igual a 4,2; coeficiente de Poisson de 0,95; módulo de elasticidad de 0,31 (kgf/cm²); área de contacto de 12,77 mm.
- A medida que aumenta la altura de caída, mayor será el daño producido en la fruta, registrándose como valor máximo para el área de la magulladura 14,3·10⁻⁴ cm, al dejar caer la fruta desde 180 cm, sobre concreto. Además, los daños resultaron más evidentes en ésta superficie que en el suelo, y a su vez en el suelo con menor grado de enyerbamiento.
- El surgimiento de los daños fue notable a partir del segundo día de ser impactadas las frutas donde solo en el 4% de las frutas se apreciaron daños. Al aumentar el tiempo de almacenamiento la aparición de los daños se incrementó, aumentando significativamente, del tercero (8%) al quinto día (26%) ya para el sexto día alcanza valores máximos en el orden de 51% de frutas dañadas.
- Las propiedades estudiadas en función del daño por impacto, para

concreto y suelo (tipo Ferrasol), alcanzaron valores promedios de: área de la magulladura, 11,5·10⁻⁴ y 10,6·10⁻⁴ (m²), profundidad de la magulladura, 20,7 y 8,28 (mm), velocidad de caída libre 3,42; 4,84; 5,93 (m/s) desde (60, 120, 180 cm) respectivamente. Así como la energía de impacto, 2,225; 3,104; 5,232 (J).

- Estadísticamente, al correlacionar la energía de impacto, la velocidad de caída libre, la firmeza, la altura con respecto al área de la magulladura, se tiene que existe diferencias estadísticamente significativas para todas las propiedades, mostrando gran dependencia en cuanto al surgimiento de los daños, se obtienen valores de R² de 99,90 y 98,90% para la energía de impacto y velocidad de caída libre. En el caso de la firmeza para concreto y suelo (tipo Ferrasol) se alcanzaron valores de R² de 95,25; 90,45 y para la altura se obtuvieron valores de 98,65; 98,35, respectivamente.
- Los modelos de predicción del área de la magulladura para concreto y suelo, explican un 79,44 y 73,82 de variabilidad del área de magulladura en función de: la energía de impacto, velocidad de caída libre, densidad, firmeza y altura, respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANKS, N.H. & JOSEPH, M.: "Factors affecting resistance of banana fruit to compression and impact bruising", *Jou. Sci. Food Agric.* 56: 315-323, 1991.
- BUITRAGO, V.; LÓPEZ, P.; CORONADO, P.; OSORNO, L y FERNANDO, L.: "Determinación de las características y propiedades mecánicas de papa cultivada en Colombia", *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, ISSN: 1807-1929, 8(1): 102-110, 2004.
- BURGOS, P.; PADILLA, A y ARRÁZOLA, G.: "Determinación de las características físicas, químicas y organolépticas del fruto de grosella". *Tema Agrarios*, ISSN: 0122-7610, 12(1), 37-49, 2007.
- FERNÁNDEZ, D.; GARCÍA, A.; HERNÁNDEZ, A.; MONZÓN, L.: "Evaluación del daño mecánico producido por cargas estáticas de compresión en guayaba (*Psidium guajaba* L.), variedad enana roja EEA-123" *Científica (México)*, ISSN: 1665-0654, 16(2): 91-98, 2012.
- HERNÁNDEZ, A. & GARCÍA, A.: "A review about non-destructive technologies for fruit quality evaluation", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 11(3): 31-38, 2002.
- HERNÁNDEZ, L.; SAUCEDA, I.; URRIOLAGOITIA G.; BALANKIN, A & SUSARREY O. "Evaluation of crack initiation angle under mixed mode loading at diverse strain rates", *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, ISSN: 0167-8442, 42: 53-61, 2004.
- HERNÁNDEZ, A; WANG, J & GARCÍA, A.: "Impulse response of pear fruit and its relation to Magness- Taylor firmness during storage", *Postharvest Biology and Technology*, ISSN: 0925-5214, 35: 209-215, 2005.
- KLEVIN, J.D.: "Relationship of harvest date, storage conditions, and fruit characteristic to bruise susceptibility of Apple", *JAM SOC HORTIC SCI.*, ISSN: 0003-1062, 112:113-118. 1987.

- MENESATTI, P. & G. PLAGIA: "Determination of a drop damage index (DDI) of fruit resistanceto damage", *Journal of Agricultural Engineering Research*, 80(1), 53-64. 2001.
- SALVEIT, M. E. JR.: 1984. "Effect of temperatura on firmness and bruising of Starkinson Delicious apples", *Hortscience*, ISSN: 0018-5345, 19(4): 550-551, 1984.
- SCHOORL. D. & HOLT, J.E.: "Bruise resistance measurements in apples", *Journal of Texture Studies* ISSN: 0022-4901, 11:389-394, 1980.
- TOPPLING, A. J. & LUTON, M.T.: "Cultivar differences in the bruising of English apples", *Hortscience*, ISSN: 0018-5345, 61: 9-13, 1986.
- VALERO, C., y M. RUIZ: "Control de calidad en la comercialización de frutas", *Vida Rural*, ISSN: 66: 50-55, 1998.
- WANG, YONGHONG, & MUNINDAR P. SINGH: "Trust representation and aggregation in a distributed agent system." *AAA*, ISSN: 0171-5410, 6: 2006.

Recibido: 25 de febrero de 2015.

Aprobado: 13 de noviembre de 2015.

Publicado: 30 de diciembre de 2015.

Leidy Laura Monzón Monrabal, Profesor Instructor, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Departamento de Ingeniería Agrícola, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP: 32700. Correo electrónico: leidym@unah.edu.cu

Annia García Pereira, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas Correo electrónico: annia@unah.edu.cu

Antihus Hernández Gómez, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas Correo electrónico: antihus@unah.edu.cu

