

# Estudio de las principales propiedades de calidad del plátano, variedad Orinoco, almacenado a temperatura ambiente



<https://cu-id.com/2177/v32n3e09>

## Study of the Main Quality Properties of Banana, Orinoco Variety, Stored at Room Temperature

<sup>id</sup>Lazara Rangel Montes de Oca\*, <sup>id</sup>Jorge Garcia Coronado,  
<sup>id</sup>Annia García Pereira, <sup>id</sup>Leidy L Monzón-Monrabal

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

**RESUMEN:** Los productos agroalimentarios requieren de una alta calidad, condicionada por sus propiedades físicas, químicas y mecánicas, que están estrechamente relacionados a los manejos postcosecha, e influye en la toma de decisiones. De ahí el interés de la investigación de *estudiar las principales propiedades de calidad del plátano variedad Orinoco, almacenado a temperatura ambiente*. Para ello fue necesario almacenar a temperatura ambiente 42 frutos, dividiendo en tres grupos de igual cantidad para distintos tipos de embalaje (caja de madera, cartón y a granel, tomando este último como testigo). Las propiedades (Pérdida de peso, Firmeza, pH, Contenidos de Sólidos Solubles) fueron evaluadas diariamente durante un periodo de investigación de cinco días y posteriormente procesados empleando herramientas estadísticas. Se obtuvo una caracterización de este cultivo almacenado a temperatura ambiente, en tres formas de embalaje. Las propiedades evaluadas obedecen a un patrón de variabilidad temporal distribuido en tres periodos correspondientes al día inicial, entre dos y tres días y entre los cuatro y cinco días de almacenamiento de la fruta. El mejor embalaje fue en cajas de cartón, mostrando menores cambios en cada una de las propiedades, donde los valores de Pp en los cinco días de experimento con valores máximos de 16,76 g y como promedio 3,35 g por día. Los modelos obtenidos para cada propiedad determinada y predicha se ajustan a polinomios de segundo orden, donde se obtienen estadígrafos que manifiestan la credibilidad de lo obtenido, lo que facilita la planificación de la etapa poscosecha por productores y comercializadores

**Palabras clave:** pérdida de peso, firmeza, pH, sólidos solubles, poscosecha.

**ABSTRACT:** Agricultural products require high quality, conditioned by their physical, chemical and mechanical properties, which are closely related to post-harvest handling and they influence the decision-making and the consumer's preference. Hence, the interest of the research was to study the main quality properties of banana, Orinoco variety, stored at room temperature. For this, it was necessary to store 42 fruits at room temperature, dividing them into three groups of the same quantity for different types of packaging (wooden box, cardboard and bulk, taking the latter as a control). The properties (weight loss, firmness, pH, contents soluble solids) were evaluated daily during a five-day investigation period and subsequently processed using statistical tools. Characterization of this crop stored at room temperature was obtained in three forms of packaging. The properties evaluated obey a pattern of temporal variability distributed in three periods corresponding to the initial day, between two and three days and between four and five days of storage of the fruit. The best packaging was in cardboard boxes, showing minor changes in each of the properties, where the values of Pp in the five days of the experiment had maximum values of 16.76 g and on average 3.35 g per day. The models obtained for each determined and predicted property are adjusted to second order polynomials, where statistics are obtained that show the credibility of the results, which facilitates the planning of the post-harvest stage by producers and marketers.

**Keywords:** weight loss, firmness, pH, soluble solids, postharvest.

\*Autor para correspondencia: Lazara Rangel-Montes de Oca, e-mail: [lazarar@unah.edu.cu](mailto:lazarar@unah.edu.cu)

Recibido: 13/01/2023

Aceptado: 24/06/2023

## INTRODUCCIÓN

La agricultura mundial en la actualidad se encuentra inmersa en enfrentar grandes desafíos, entre ellos, producir suficientes cantidades de alimentos para la población en todas las épocas del año. Garantizándole a su vez que estos posean la calidad óptima para el consumo de los mismos como fruto fresco y natural, aún después de haber estado almacenados por períodos largos de tiempo. Es por ello, que se hace necesario conocer las principales propiedades de los frutos así como poder predecir en tiempo real los cambios que suelen producirse en dichos alimentos durante su almacenamiento (Tain, 2010).

El cultivo en estudio es altamente codiciado por sus propiedades antioxidantes y la gran cantidad de vitaminas que aporta al ser humano, por ello que el objetivo de la investigación se centre en estudiar las principales propiedades de calidad del plátano, variedad Orinoco, almacenado a temperatura ambiente. Conjuntamente de recurrir al empleo de métodos estadístico matemático de gran novedad que ofrezca la búsqueda de respuesta más efectiva y rápida de todos los cambios físicos, químicos y organolépticos que los productos agrícolas suelen experimentar.

Además con la obtención de los datos será posible describir y predecir el comportamiento de un fenómeno que varía en el tiempo, mostrando resultados significativos de tendencia existente entre observaciones sucesivas por un periodo de calidad óptimo para consumo como fruto fresco, el cual se ajustan cada una de las propiedades a un modelo estadístico predictivo de la transformación efectuada por el plátano durante su almacenamiento a temperatura ambiente, tal y como se refieren en investigaciones precedentes pero con otros cultivos (Hannan, 1963; Gómez y Maravall, 1994; Coutin, 2001; Girona, 2001; Hernández y García, 2002; Santana, 2006).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos se obtuvieron en áreas de la Empresa Militar de Cultivos Varios Ho Chi Minh, la cual se halla ubicada dentro de la Llanura Habana-Matanzas. Para la selección de las muestra se sigue lo establecido según la norma de la FAO-182, 1993 ajustada a la norma USDA y se realizó por un panel de expertos, empleando como criterio común, talla, color, firmeza al tacto y que el fruto esté libre de daños. Una vez conformada la muestra inicial, se colocaron cuidadosamente en posición horizontal en una sola camada, en ambos tipos de cajas (cartón y madera) con orificios para garantizar la homogeneidad entre las temperaturas interior y exterior, hasta ir determinando cada propiedad como:

**Longitud (cm):** midiendo el largo de la fruta, desde la curvatura exterior del dedo individual con una cinta

desde el extremo distal hasta el extremo proximal [Figura 1](#), donde se considera que termina la pulpa (Thompson, 1998).



**FIGURA 1.** Determinación de la longitud del plátano (Martínez, 2003).

**Circunferencia (cm):** midiendo la fruta individual con una cinta en su punto más ancho y girar según la forma del mismo, tal y como muestra en la [Figura 2](#) (Martínez, 2003; Martínez et al., 2017).



**FIGURA 2.** Determinación de la circunferencia del plátano.

**Volumen de la fruta (cm<sup>3</sup>):** pesando la fruta en una balanza electrónica el contenedor con agua, sumergir la fruta mientras el contenedor se encuentra todavía sobre la balanza. La diferencia en gramos entre los dos pesos es igual al volumen de la fruta en centímetros cúbicos.

**Densidad de la fruta:** se obtiene mediante la [expresión 1](#), donde se divide el peso de la fruta en el aire entre su volumen (Kushman et al., 1966).

$$[\delta] = \frac{P}{V}, \frac{N}{m^3} \quad \text{Expresión [1]}$$

**Contenido de Sólidos solubles totales (SSC):** se determina con un refractómetro ([Figura 3](#)) en el cual la línea de demarcación entre estas dos porciones cruza la escala vertical, dando la lectura de °Brix según [Dadzie & Orchard \(1997\)](#) y [Martínez \(2003\)](#).

El punto, estimado de SST.

**pH:** para medir esta propiedad se empleó un pH-meter digital ([Figura 4](#)).

La **masa** fue determinada mediante el pesaje de cada fruta en una balanza electrónica modelo LG-1001<sup>a</sup> de 0 a 1000 (g)/ 0.1 (g). En base a estos valores se estimaron las pérdidas de peso durante los días correspondientes al ensayo.

**Firmeza:** la cual es considera la propiedad de esta naturaleza que mejor ilustra la calidad en frutas y vegetales (Buitrago *et al.*, 2004). Esta es la vía de evaluar la resistencia a la compresión, para ello se empleó el durómetro digital, Modelo CEMA-C08, principio Magness-Taylor, 0 a 1000 (kgf/cm<sup>2</sup>)/0.01 (kgf/cm<sup>2</sup>) de apreciación, de fabricación nacional, en tres puntos del ecuador, separados a 120° aproximadamente unos de otros. Acorde con Hernández & García (2002) y Hernández (2009), esta prueba se realizó sin quitarle la piel a las frutas.

Para la prueba de compresión se emplearon dos placas paralelas (Figura 5) y el criterio recomendado por Hernández y García (2002) para comprimir una fruta sin que esta se destruya, que es de un 5 % de su diámetro, a todas las frutas por individual sobre tres puntos a lo largo del ecuador aproximadamente a 120° entre ellos, perpendicular al eje del pedúnculo, usando placas paralelas y promediadas (Yirat *et al.*, 2009; Tain, 2010; Monzón *et al.*, 2015).

### Metodología para el procesamiento de la información.

Dentro de la indagación efectuada como parte del análisis y procesamiento de la información se realiza un análisis exploratorio de los datos pertenecientes a cada propiedad, determinándose en cada caso el comportamiento de la media aritmética ( $\bar{x}$ ), mediante la [expresión 2](#).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad \text{Expresión (2)}$$

Luego se lleva a cabo un análisis de Regresión Lineal (LR), este procedimiento estadístico crea un gráfico de cada propiedad según el tiempo de investigación, basado en la declaración de las variables de estudio, para ajustar una curva seleccionando una aproximación más cercana a la dependencia existente entre ambas variables declaradas.

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La muestra de la investigación forma parte de un mismo conjunto (racimo) seleccionado en base a los criterios referidos anteriormente, donde estipula frutos con madures fisiológica de color verde intenso y uniformes. El mismo contaba con nueve manos y cada una de estas tenía como promedio 12-14 dedos para un total de 127 frutos. Todos fueron separados manual e individualmente, garantizando que estuviesen exentos de daños físicos o mecánicos. Cuya muestra final fue seleccionada aleatoriamente, de nueve manos, solo se analizaron tres, dando un total de 42 plátanos a caracterizar.

En aras de lograr el objetivo de la investigación fue necesario emplear tres tipos embalajes (madera, cartón

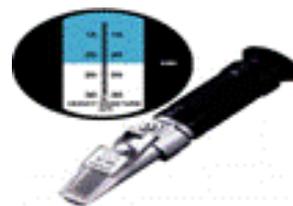


FIGURA 3. Refractómetro manual.



FIGURA 4. pH meter digital.

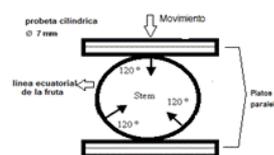


FIGURA 5. Prueba de compresión, principio Magness-Taylor.

y a granel) conformando a su vez tres grupos (A, B y C, respectivamente) con un total de 14 frutos cada uno para un total a caracterizar de 42 plátanos, de la variedad Orinoco, todos ubicados en una sola camada y sometidos a iguales condiciones de almacenamiento. Para determinar cada una de las propiedades físicas, químicas y mecánicas, se siguió la metodología propuesta por Martínez *et al.*, 2017), donde los plátanos requieren ser separados e identificados, teniendo una numeración acorde a la mano correspondiente y lugar a embalar. Todos los grupos fueron almacenados durante un mismo periodo de cinco días, con humedad relativa ambiental del 81 % como promedio y la temperatura promedio diaria, oscilo entre los 24-26 °C. Sin tratamientos fitosanitarios e industriales durante este periodo de investigación, obteniéndose valores certeros de cada propiedad a determinada, lo que resulta atenuó para la caracterización de este cultivo y variedad.

Durante los cinco días que duro el ensayo del plátano, variedad Orinoco pierde te falta propiedad en total 21,93 g y como promedio 4,38 g por día, tal y como se demuestra en la [Tabla 1](#).

Sin embargo la tendencia de las pérdidas es creciente, lo cual es coherente con la naturaleza de lo que se analiza, donde se suceden una serie de cambios fisiológicos y bioquímicos que repercuten en las perdidas de peso (Pp) en función de los días de almacenamiento, y que por ende se resaltan durante la fase terminal de su almacenaje a temperatura ambiente con este tipo de embalaje, donde el material del mismo es mucho más resistente y grueso lo cual dificulta en medida el intercambio con el medio. Dado

que las pérdidas de peso son acumulativas, es lógico pensar que a medida que aumentó el periodo de almacenamiento hubo mayor pérdida de peso, lo cual está además modelado por el efecto, entre otros, de la temperatura y la humedad relativa de almacenamiento. También se puede apreciar cambios significativos en las otras propiedades donde el mismo proceso subyace y resquebraja la firmeza del fruto tanto a compresión (Fc) como a punzonado (Fp) alcanzando valores en el quinto día hasta 10,00 y 0,40 kgf/m<sup>2</sup>, respectivamente.

En el caso específico del almacenamiento a temperatura ambiente pero en cajas de cartón (grupo B) los valores de Pp en los cinco días de experimento llego alcanzar valores máximos de 16,76 g y como promedio 3,35 g por día. Para el caso del pH tuvo cambios significativos en los dos primeros días de almacenamiento, siendo a partir del tercer día donde alcanza su estabilidad, con cambios menores en su valor, como se demuestra en la [Tabla 2](#).

Los resultados obtenidos en cada propiedad evaluada en el grupo C (testigo) muestran mayor cambio en comparación con los otros grupos (A y B), la Pp en total fue de 23,02, perdiendo por día 5,76 gramos. En otras dos propiedades físicas ocurre algo similar, pues la longitud decrece constantemente desde el primer día de su almacenamiento al igual que la circunferencia del fruto, donde se expone de manera más significativa a partir del tercer día. Para este mismo periodo de tiempo antes citado (tercer día) la Fc y Fp, mostro diferencias significativas. Sin embargo el pH mantuvo un aumento constante en el

precursor de los días, no siendo así para él SSC teniendo un valor de 8.20 ([Tabla 3](#)) el cual fue el mayor para los tres casos hasta alcanzar una leve estabilidad para el cuarto día, lo que es una respuesta estructurada por las características propias del cultivo objeto de estudio.

La tendencia de las pérdidas de peso es creciente, de tal modo que, el producto aún después de cosechado continúa perdiendo agua hacia la atmósfera, tal como lo hacía antes de la cosecha, esto se debe a un proceso físico llamado transpiración, el cual tiene lugar en el fruto de estudio con independencia de la presencia o no de la planta. Entonces, si queremos prolongar la vida de poscosecha de cualquier producto fresco se deduce que debemos de tratar de controlar los procesos de respiración y transpiración. Existen diferencias estadísticamente significativas de pérdida de peso entre el primero y el segundo día de almacenamiento, para los días posteriores la pérdida de peso es mínima.

La evaluación de la firmeza se tomó en cuenta para ambas formas (compresión y punzonado) porque es la propiedad que mayor describe la calidad de un cultivo y que siempre que manifiestan una tendencia decreciente con los días de almacenamiento. Ello obedece a varios cambios que acompañan de modo natural a la madurez en la mayoría de las frutas, entre ellos se destaca los cambios en textura y reducción de la firmeza. Con la senescencia los fenómenos como la degradación de las paredes, activación enzimática, el aumento de la permeabilidad de membranas, entre

**TABLA 1.** Resumen estadístico de las propiedades de calidad del grupo A

| Días | Densidad (g/mm <sup>3</sup> ) | Pp (g) | L (cm) | C (cm) | pH   | Fc (kgf/m <sup>2</sup> ) | Fp (kgf/m <sup>2</sup> ) | SSC (%°Brix) |
|------|-------------------------------|--------|--------|--------|------|--------------------------|--------------------------|--------------|
| 1    | 0.95                          | 217.99 | 19.42  | 17.11  | 6.32 | 125.00                   | 2.50                     | 4.00         |
| 2    | 0.89                          | 207.66 | 19.42  | 17.11  | 5.03 | 76.00                    | 1.85                     | 5.00         |
| 3    | 1.10                          | 201.28 | 19.20  | 16.22  | 4.84 | 22.00                    | 1.05                     | 5.60         |
| 4    | 1.13                          | 196.32 | 18.60  | 15.90  | 4.60 | 20.00                    | 0.45                     | 6.50         |
| 5    | 1.51                          | 189.68 | 18.55  | 15.60  | 4.59 | 10.00                    | 0.40                     | 8.00         |

**TABLA 2.** Resumen estadístico de las propiedades de calidad del grupo B

| Días | Densidad (g/mm <sup>3</sup> ) | Pp (g) | L (cm) | C (cm) | pH   | Fc (kgf/m <sup>2</sup> ) | Fp (kgf/m <sup>2</sup> ) | SSC (%°Brix) |
|------|-------------------------------|--------|--------|--------|------|--------------------------|--------------------------|--------------|
| 1    | 0.95                          | 208.20 | 18.49  | 16.93  | 6.32 | 125.00                   | 2.50                     | 4.00         |
| 2    | 0.99                          | 200.98 | 18.49  | 16.93  | 6.00 | 85.00                    | 2.00                     | 4.60         |
| 3    | 1.14                          | 194.80 | 18.45  | 16.18  | 5.60 | 40.00                    | 1.20                     | 5.00         |
| 4    | 1.17                          | 188.62 | 18.30  | 15.93  | 5.20 | 38.00                    | 1.04                     | 6.00         |
| 5    | 1.55                          | 185.26 | 18.28  | 15.60  | 5.00 | 20.00                    | 0.50                     | 6.80         |

**TABLA 3.** Resumen estadístico de las propiedades de calidad del grupo C

| Días | Densidad (g/mm <sup>3</sup> ) | Pp (g) | L (cm) | C (cm) | pH   | Fc (kgf/m <sup>2</sup> ) | Fp (kgf/m <sup>2</sup> ) | SSC (%°Brix) |
|------|-------------------------------|--------|--------|--------|------|--------------------------|--------------------------|--------------|
| 1    | 1.02                          | 169.57 | 20.33  | 16.61  | 6.32 | 125.00                   | 2.50                     | 4.00         |
| 2    | 1.01                          | 162.11 | 17.19  | 16.61  | 5.00 | 75.00                    | 1.75                     | 5.20         |
| 3    | 1.14                          | 157.94 | 16.30  | 15.99  | 4.84 | 20.00                    | 1.00                     | 6.00         |
| 4    | 1.11                          | 146.82 | 15.94  | 15.82  | 4.60 | 18.00                    | 0.40                     | 6.80         |
| 5    | 1.35                          | 146.55 | 15.60  | 15.60  | 4.00 | 5.00                     | 0.30                     | 8.20         |

**TABLA 4.** Resumen estadístico de los valores promedio de cada una de las propiedades evaluadas por días almacenados

| Días | Vol (cm) | Peso (cm) | L (cm) | C(cm) | pH   | Fc (kgf/cm <sup>2</sup> ) | Fp (kgf/cm <sup>2</sup> ) | °Brix cm |
|------|----------|-----------|--------|-------|------|---------------------------|---------------------------|----------|
| 1    | 231.00   | 217.99    | 19.42  | 17.11 | 6.32 | 125.00                    | 2.50                      | 4.00     |
| 2    | 232.50   | 207.66    | 19.42  | 17.11 | 5.03 | 76.00                     | 1.85                      | 5.00     |
| 3    | 186.00   | 201.28    | 19.20  | 16.22 | 4.84 | 22.00                     | 1.05                      | 5.60     |
| 4    | 180.00   | 196.32    | 18.60  | 15.90 | 4.60 | 20.00                     | 0.45                      | 6.50     |
| 5    | 132.00   | 189.68    | 18.55  | 15.60 | 4.59 | 10.00                     | 0.40                      | 8.00     |

**TABLA 5.** Resumen del comportamiento de las propiedades durante el periodo de almacenamiento

|   | Densidad (g/mm <sup>3</sup> ) | Pp (g) | L (cm) | C (cm) | pH  | Fc (kgf/m <sup>2</sup> ) | Fp (kgf/m <sup>2</sup> ) | SSC (%°Brix) |
|---|-------------------------------|--------|--------|--------|-----|--------------------------|--------------------------|--------------|
| A | 1.12                          | 202.59 | 19.04  | 16.39  | 5.0 | 50.60                    | 1.15                     | 5.82         |
| B | 1.16                          | 197.65 | 18.40  | 16.31  | 5.6 | 61.60                    | 1.45                     | 5.28         |
| C | 1.13                          | 156.60 | 17.07  | 16.12  | 4.9 | 48.60                    | 1.19                     | 6.04         |

otros provocan una disminución de la firmeza de las paredes del fruto, provocando que el fruto sea menos resistente a la compresión y punzonado

Además la [Tabla 4](#) muestra el resumen estadístico de los valores promedio de cada una de las propiedades evaluadas de los frutos almacenados a temperatura ambiente, durante los días de experimentación. Donde se aprecia a groso modo un comportamiento cuantitativo muy similar entre los grupos antes declarados, lo cual pudo estar originado por las condiciones climáticas del local y las propias características del cultivo, lo que nos lleva a enfatizar que el embalaje es factor determinante para los procesos de poscosecha.

En el plátano (climatérico) el etileno que se produce en todos los tejidos vegetales como una respuesta al "stress" simplemente aumenta la velocidad de respiración y acelera un proceso de maduración ya iniciado por la misma fruta, lo cual se puede apreciar en los tres grupos (A, B y C).

Los valores de pérdida de peso (Pp) para el grupo B y C son inferiores con relación a los obtenidos en el grupo A. Sin embargo la densidad se muestra dependiente a Pp. Por otro lado Fc y Fp muestran deficiencias significativas entre los grupos, cabe destacar que SSC del grupo B se muestra inferior a los demás ([Tabla 5](#)).

Por todo lo antes planteado se puede inferir que el mejor método de almacenamiento es el utilizado para el grupo B, el cual fue almacenado en cajas de cartón, mostrando menores cambios en cada una de las propiedades, donde los valores de Pp en los cinco días de experimento llegó alcanzar valores máximos de 16,76 g y como promedio 3,35 g por día, alcanzando valores máximos de firmeza tanto a compresión como a punzonado hasta 20,00 y 0,50 kgf/m<sup>2</sup> respectivamente. Lo que permite un mayor tiempo de conservación de las principales propiedades de calidad y prolonga la vida útil del fruto. Los resultados obtenidos en cada propiedad evaluada en el grupo B (caja de cartón) son menores con relación a los otros

dos grupos (A y C). Lo cual se puede apreciar en el caso específico de Pp sus valores no tienen cambios significativos, el SSC (%°Brix) aumentaron progresivamente con una desviación estándar de  $\pm 1,12$ , al igual que el caso del pH con una desviación estándar de  $\pm 0,55$ , para la variable de Fc esta tuvo un cambio brusco del primero al tercer día.

Una vez seleccionado el mejor método o modo de almacenamiento a temperatura ambiente, se empleó una herramienta estadística para buscar un modelo que sea capaz de describir este proceso de maduración, permitiendo predecir su comportamiento en aras de facilitar la toma de decisiones en cuanto a su comercialización, lo cual se deduce que hasta el tercer día el fruto puede ser consumido en fresco, ya que aún conserva sus propiedades de calidad.

#### **Modelación matemática del proceso de almacenamiento.**

Los resultados obtenidos de los modelos ajustados a las distintas tendencias o variaciones temporales de las pérdidas de peso, la firmeza, los contenidos de sólidos solubles y el pH, se muestran para el grupo B (caja de cartón) el cual fue seleccionado como el mejor método de almacenamiento. En cada caso se grafican sus valores promedio durante los cinco días de almacenamiento.

En la [Figura 6](#) se muestran los valores promedio de Pp obtenidos durante el periodo de almacenamiento, así como la línea de tendencia aun modelo de ajuste de tipo polinomial con coeficiente de correlación de 0,9985, cuyo coeficiente demuestra la relación existe entre los cambios que suele sufrir el fruto durante su maduración y tiempo de almacenamiento, además este comportamiento del modelo de ajuste es similar a otras propiedades también determinadas, como se demuestra en la [Figura 7](#)

Respecto a la firmeza, los valores promedio para Fc y Fp ([Figuras 8 y 9](#)) en comparación con la línea de tendencia, muestran diferencia algunas diferencias

significativa aunque se encuentra dentro del rango esperado, donde el tercer y cuarto día demuestra mayores cambios, producto a la madures fisiológica optima obtenida dentro de una distribución normal con calidad, pues pasado este periodo ya los frutos comienzas a mostrar daños fisiológicos perceptibles y degradables para su comercialización. Además el coeficiente de correlación de cada una de estas dos propiedades con respecto al tiempo es muy similar entre ellas (0,976 y 0,978, respectivamente) pues es evidente ya que se trata de una misma propiedad *pero* ante circunstancias diferentes.

Los valores promedio del porcentaje de °Brix, demuestran la similitud de igualdad de condiciones que las otras propiedades antes descritas para el mismo grupo seleccionado, pero con menos fluctuaciones dentro del modelo de ajuste, pues el valor a alcanzar en esta propiedad aumenta según el pre cursar del tiempo hasta su senescencia. Cada propiedad va en ascenso debido a la expulsión del etileno del fruto el cual se agudiza a partir del tercer día donde aún posee condiciones óptimas para

consumo como fruto fresco sin daño alguno, pasado este tiempo comienzan a mostrar cambios fisiológicos que pueden ser de suma importancia ante una toma de decisiones por diferentes proveedores y consumidores (Figura 10).

Todas las tendencias descritas por los modelos con posterioridad a los cinco días de almacenado se consideran adecuadas y están en consecuencias a los cambios fisiológicos irreversibles que suceden en la fruta. Las variaciones temporales de las pérdida de peso durante los días de almacenamiento evaluados muestra una tendencia polinomial de segundo orden, donde se alcanzan valores de estadígrafos como el R<sup>2</sup> que indica que el modelo ajustado es capaz de explicar hasta un 99% de la variabilidad temporal para el caso de las pérdidas de peso, el contenido de solidos solubles y el pH y un 97% para Fc y Fp. Este modelo presenta un error típico de 1,2, 0,57, 0,22 respectivamente, por lo que se considera favorable para describir certeramente el proceso de almacenamiento del plátano variedad Orinoco a temperatura ambiente (Tabla 6).

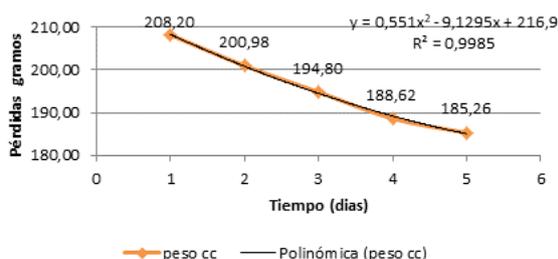


FIGURA 6. Valores promedio y predichos de Pp, durante el periodo de almacenamiento.

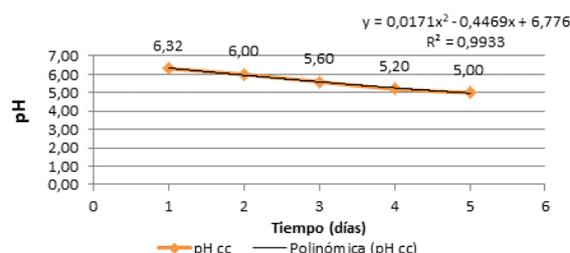


FIGURA 7. Valores promedio y predichos del pH.

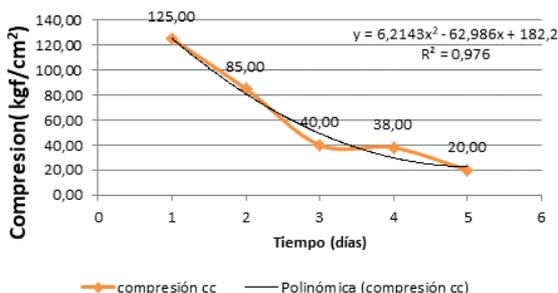


FIGURA 8. Valores promedio de la fuerza de compresión.

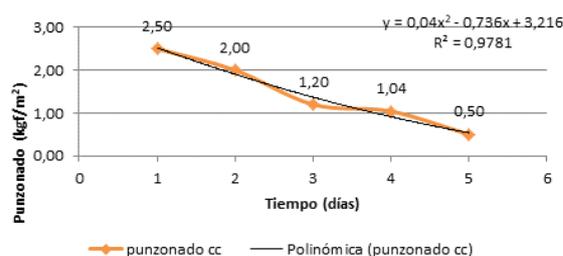


FIGURA 9. Valores promedio de la fuerza de punzonado.

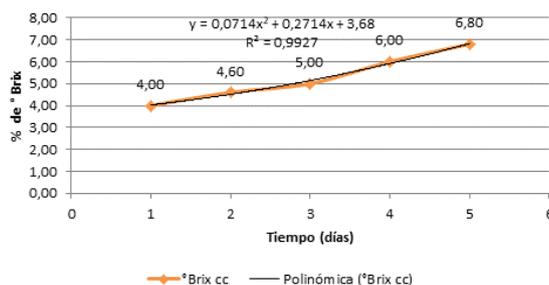


FIGURA 10. Valores promedio del porcentaje de °Brix.

**TABLA 6.** Modelos ajustados a los valores experimentales de cada propiedad

| Propiedad | Modelo                            | R <sup>2</sup> | Error típico |
|-----------|-----------------------------------|----------------|--------------|
| PP        | $y = 0,551x^2 - 9,1295x + 216,9$  | 0,9985         | 1,2          |
| Fc        | $y = 6,2143x^2 - 62,986x + 182,2$ | 0,976          | 18,36        |
| Fp        | $y = 0,04x^2 - 0,736x + 3,216$    | 0,9781         | 0,17         |
| SSC       | $y = 0,0714x^2 + 0,2714x + 3,68$  | 0,9927         | 0,57         |
| PH        | $y = 0,0171x^2 - 0,4469x + 6,776$ | 0,9933         | 0,22         |

### CONCLUSIONES

- Se caracterizó las principales propiedades físicas, químicas y mecánicas del plátano variedad Orinoco, almacenado cinco días a temperatura ambiente, con tres tipos de embalaje, cuantificado a partir de las pérdidas de peso, la firmeza, el pH y el Contenidos de Sólidos Solubles, que se distingue por tres períodos que se corresponden al día inicial, entre dos y cinco días de almacenamiento de la fruta, siendo el tercer día el de más aguda degradación del fruto.
- El mejor método de almacenamiento fue el grupo B (cajas de cartón), el cual mostro menores cambios en cada una de las propiedades, donde los valores de Pp en los cinco días de experimento llevo alcanzar valores máximos de 16,76 g y como promedio 3,35 g por día
- Los valores de la firmeza y el pH del plátano variedad Orinoco están correlacionados temporalmente entre sí, siendo esta dependencia del orden de los tres días y los cambios en una de ellas, tendrá consecuencias asociadas en la segunda propiedad.
- Los modelos obtenidos para cada propiedad determinada y predicha describen un modelo de ajustes con polinomios de segundo orden, a su vez se obtienen estadígrafos que manifiestan la credibilidad de lo obtenido, lo que facilita la planificación de la etapa poscosecha por productores y comercializadores.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUITRAGO, G.V.; LÓPEZ, A.P.; CORONADO, A.P.; OSORNO, F.L.: "Determinación de las características físicas y propiedades mecánicas de papa cultivada en Colombia", *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 8(1): 102-110, 2004, ISSN: 1415-4366, Publisher: SciELO Brasil.
- COUTIN, G.: *Las Series Temporales*, Inst. Ministerio de Salud Pública, Unidad de análisis y tendencias en salud., Informe Institucional, La Habana, Cuba, 2001.
- DADZIE, B.K.; ORCHARD, J.: *Evaluación rutinaria post cosecha de híbridos de bananos y plátanos: criterios y métodos. Guías técnicas Inibap No. 2* [Routine post-harvest screening of banana/plantain hybrids: criteria and methods], Ed. Inibap, 1997, ISBN: 2-910810-20-8.
- GIRONA, J.: "Regulated deficit irrigation in peach. A global analysis", En: *V International Peach Symposium 592*, Ed. Edición de la Universidad Politécnica de Catalunya, Catalunya, SL. Barcelona, España, pp. 335-342, 2001, ISBN: 90-6605-836-6.
- GÓMEZ, V.; MARAVALL, A.: *Program TRAMO' time series regression with Arima noise, missing observations, and outliers'. Instructions for the user*, Inst. Publisher: European University Institute, Depart of Economics, EUI Working Paper ECO No. 92/81, Publisher: European University Institute p., publisher: European University Institute, 1994.
- HANNAN, E.J.: "Regression for time series with errors of measurement", *Biometrika*, 50(3/4): 293-302, 1963, ISSN: 0006-3444, Publisher: JSTOR.
- HERNÁNDEZ, A.; GARCÍA, A.: "A review about nondestructive technologies for fruit quality evaluation", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 11(3): 31-38, 2002, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054, Publisher: Universidad Agraria de La Habana.
- HERNÁNDEZ, G.D.L.: "La Bioinformática en Cuba: Una aproximación desde la primera edición nacional de la maestría en esta disciplina", *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 2(1): 1-11, Publisher: Ediciones Futuro, 2009, ISSN: 2306-2495.
- KUSHMAN, L.J.; POPE, D.T.; MONROE, R.: "Estimation of intercellular space and specific gravity of five varieties of sweet potatoes", 1966.
- MARTÍNEZ, C.: *Fundamentos del manejo y tratamiento postcosecha de productos agrícolas*, Inst. Universidad Central de las Villas, Universidad Central de las Villas, Santa Clara, Cuba, 257 p., 2003.
- MARTÍNEZ, H.; PÉREZ, A.; VENEGAS, M.; VALLE, S.: *Propiedades físico-mecánicas y simulación por computadora del daño por impacto en guayaba (Psidium guajava L.)*, Inst. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, Texcoco, México, 2017.

- MONZÓN, M.L.L.; GARCÍA, P.A.; HERNÁNDEZ, G.A.: “Determinación de las propiedades en función del daño por impacto en guayaba (*Psidium guajava* L.)”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24: 49-55, 2015, ISSN: 1010-2760.
- SANTANA, J.C.: “Predicción de series temporales con redes neuronales: una aplicación a la inflación colombiana”, *Revista Colombiana de Estadística*, 29(1): 77-92, 2006, ISSN: 0120-1751, Publisher: Universidad Nacional de Colombia.
- TAIN, Y.: *Evaluación de la calidad de la Piña Variedad: Cayena Lisa, cosechada en el Municipio Jaruco.*, Inst. Universidad Agraria de La Habana, San José de las Lajas, La Habana., Cuba, San José de las Lajas, La Habana., Cuba, 2010.
- THOMPSON, A.: *Tecnología post-cosecha de frutas y hortalizas*, Armenia, Colombia, 268 p., 1998.
- YIRAT, B.M.; GARCÍA, P.A.; HERNÁNDEZ, G.A.; CALDERÍN, G.A.; CAMACHO, N.A.: “Evaluación de la calidad de la guayaba, variedad enana roja EEA-1-23, durante el almacenamiento a temperatura ambiente”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(2): 70-73, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 2009.

Lazara Rangel-Montes de Oca, Profesora Asistente, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Departamento de Ingeniería Agrícola, Autopista Nacional km 23 ½, Carretera de Tapaste, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: [lazarar@unah.edu.cu](mailto:lazarar@unah.edu.cu).

Jorge García-Coronado. Profesor Titular, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: [jgarcia@unah.edu.cu](mailto:jgarcia@unah.edu.cu).

Annia García-Pereira, Dr.C., Profesora Titular, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Autopista Nacional km 23 ½, Carretera de Tapaste, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: [annia@unah.edu.cu](mailto:annia@unah.edu.cu).

Leidy L Monzón-Monrabal, Dr.C., Profesora Titular, Universidad Agraria de la Habana, Fructuoso Rodríguez Pérez, Facultad Ciencias Técnicas, Autopista nacional y carretera tapaste, km 231/2, apartado 18-19, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: [leidym@unah.edu.cu](mailto:leidym@unah.edu.cu).

The authors of this work declare no conflict of interests.

**AUTHOR CONTRIBUTIONS:** **Conceptualization:** L.Rangel. **Data curation:** L.Rangel, J. García. **Formal Analysis:** L.Rangel, J. García, A. García. **Investigation:** L.Rangel, J. García, A. García, L. L.Monzón. **Methodology:** L.Rangel, A. García. **Software:** L.Rangel. **Supervision:** L.Rangel, A. García. **Validation:** L.Rangel, J. García, A. García, L. L.Monzón. **Visualization:** L.Rangel. **Writing - original draft:** L.Rangel, J. García, A. García. **Writing - review&editing:** L.Rangel, J. García, A. García

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.