



## Aplicación de las series temporales para predecir las propiedades de calidad de la piña (Ananas Comosus.), variedad Cayena Lisa, durante el proceso de maduración a temperatura ambiente con respecto al tiempo real

*Application of the temporary series to predict the properties of quality Pineapple (Pineapples Comosus.), variety Cayena Lisa, during the maturation process to ambient temperature with regard to the real time*

Ing. Lazara Rangel Montes de Oca, Dr.C. Dunia Chávez Esponda, 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.** En el mundo actual el uso de las técnicas de análisis estadístico representa una novedosa alternativa en los procesos de poscosecha, permitiendo ahorrar tiempo y gastos innecesarios a través del conocimiento del comportamiento de las propiedades que definen la calidad de los productos agrícolas durante su almacenamiento. La investigación a partir de trabajos realizados tiene como objetivo aplicar las series temporales para predecir las propiedades de calidad de la piña (Ananas Comosus.), variedad Cayena Lisa, durante el proceso de maduración a temperatura ambiente con respecto al tiempo real. Para ello se realizó un análisis de los resultados obtenidos en trabajos que conciernen a esta temática los cuales poseen cierto reconocimiento, relacionando estos valores reales determinados con técnicas tradicionales con los modelos de predicción obtenidos (para masa, firmeza, SSC y pH) utilizando el software especializado Statgraphics, versión 5.1. Como resultado principal se obtuvo que las series temporales que constituyen una herramienta capaz de predecir las propiedades de calidad de la piña en tiempo real durante el proceso de maduración a temperatura ambiente, mostrando que los mejores modelos de predicción para las propiedades de masa, el pH y la firmeza fueron los de Tendencia lineal. En el caso de la propiedad SSC, el modelo que mejor se ajustó a su comportamiento fue el de Suavizado exponencial lineal de Brown. Estos modelos de pronósticos constituyen un aporte significativo en su rama ya que permiten predecir valores de estas propiedades en la fruta de la piña a corto y mediano plazo con una confianza del 95%.

**Palabras clave:** Series Temporales, predicción, calidad de frutos, propiedades.

**ABSTRACT.** In the current world the use of some techniques of statistical analysis represents a novel alternative in the agricultural products postharvest processes, allowing him to predict the quality of the same ones during a period of time. The investigation starting from carried out works has as objective to apply the temporary series to predict the properties of quality of the Pineapple (Pineapples Comosus.), variety Cayena Lisa, during the maturation process to ambient temperature with regard to the real time. For it was carried out it an analysis of the results obtained in works that concern to this thematic one which possess certain recognition, relating these certain real values with technical traditional with the obtained prediction models (for lost of weight, stability, SSC and pH) using the software specialized Statgraphics version 5.1. As a result the fact that time series constitute a capable tool to predict the properties of quality of the Pineapple in real time to ambient temperature in the process of maturation obtained itself principal, showing that better models of prediction for the properties of weight loss, the pH and the firmness were the ones belonging to linear Tendencia. In the event of the property SSC, the model that better he adjusted to his behavior was the one belonging to exponential linear Suavizado of Brown. These models of prognosis's constitute a significant contribution in his branch since they permit predicting moral values of these properties in the pineapple's fruit to short and medium term with the 95%'s confidence.

**Keywords:** Temporary series, fruit quality evaluation, fruit quality properties.

## INTRODUCCIÓN

La agricultura mundial en la actualidad se encuentra inmersa en enfrentar grandes desafíos, entre ellos, producir grandes cantidades de alimentos para la población en todas las épocas del año, garantizándole a su vez que estos tengan la calidad óptima para el consumo de los mismos aún después de haber estado almacenados por períodos largos de tiempo. Es por ello, que se hace necesario predecir en tiempo real los cambios que suelen producirse en dichos alimentos, para lo cual las series temporales han mostrado ser una novedosa alternativa con esos fines. Existen varios modelos de predicción que pertenecen a las series temporales, dentro de los cuales se destacan Tendencia lineal, Suavizado exponencial lineal de Brown con  $\alpha$  y Tendencia Cuadrática, todos estos muestran resultados significativos en investigaciones precedentes y apoyados en obtener modelos de pronósticos para predecir el comportamiento de la calidad de los frutos durante su almacenamiento (Clark *et al.*, 2004).

Con la aplicación de esta técnica estadística se pretende describir y predecir el comportamiento de un fenómeno que varía en el tiempo a través de sus propiedades las cuales pueden mostrar resultados significativos de tendencia (lineal o exponencial) y con ello, estudiar la dependencia existente entre observaciones sucesivas (Hannan, 1963; Gómez *et al.*, 2000; Coutin, 2001; Girona, 2001 y Santana 2006). Como antecedentes, la investigación se basa en investigaciones previamente realizadas por Tain, (2010), y se centra en aplicar las series temporales para predecir las propiedades de calidad de la piña (Ananas Comosus.), variedad Cayena Lisa, durante el proceso de maduración a temperatura ambiente con respecto al tiempo real.

Los resultados de ésta investigación permitirán obtener las tendencias de predicción para cada propiedad estudiada durante el proceso de maduración del fruto en estudio con respecto al tiempo real, utilizando dentro de las series temporales los modelos de Tendencia lineal y Suavizado exponencial lineal de Brown con  $\alpha$ , los cuales permitirán predecir los cambios en las principales propiedades de calidad de la piña (Ananas Comosus.), variedad Cayena Lisa, Entre ambos modelos a emplear se seleccionara el que mas bajo tenga la raíz del error cuadrático medio (RMSE) resaltando esto para elegirlo como mejor modelo de predicción ajustado.

## MÉTODOS

### Metodología para la determinación las propiedades de la piña (Ananas Comosus.), variedad Cayena Lisa, durante el proceso de maduración a temperatura ambiente

Para evaluar el comportamiento de los atributos de la calidad de la piña al instante de la recolección, se determinaron varios parámetros: masa, contenido de solubles sólidos (SSC), el pH, y la firmeza a través de la fuerza de compresión.

Fueron seleccionados durante el experimento 35 muestras de piña, variedad Cayena Lisa, para la determinación de estas propiedades utilizando una balanza electrónica (Mettler Toledo, Max. 1000± 0.01 g); Máquina de Comprobación Universal (Modelo 5543 de una columna, Instron S.A.; peachimetro Sartorius

AG, PB-20, Refractómetro WYT-J 0-32%, y Durrómetro digital, Modelo CEMA-C08 de fabricación nacional.

### Metodología para la obtención de los modelos de predicción para cada propiedad de la las propiedades de la piña (Ananas Comosus.), variedad Cayena Lisa, durante el proceso de maduración a temperatura ambiente

Los modelos serán obtenidos a partir de la técnica estadística de series temporales en su opción de modelos de pronósticos, para lo cual se toma por datos el comportamiento de cada atributo de calidad de la fruta en estudio, durante un período de tiempo de siete días, ya que según investigaciones referidas a esta temática plantean que después de pasado este período la fruta comienza a perder firmeza en su composición, lo que resulta de muy poco agrado para el mercado.

Los resultados obtenidos a partir del uso de las técnicas antes mencionada y empleando los modelos de Tendencia Lineal y Suavizado exponencial serán comparados con el objetivo de seleccionar el mejor a partir de que tenga menor raíz del error cuadrático medio (RMSE).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Principales resultados obtenidos durante la determinación de las propiedades de la las propiedades de la piña (Ananas Comosus.), variedad Cayena Lisa, durante el proceso de maduración a temperatura ambiente.

Las propiedades analizadas en la piña, durante un período de tiempo de siete días arribó valores promedios de: masa de 786,657g; SSC 13,0535°Brix; pH de 4,59588; y Firmeza de 5,50765 (Tabla 1). Además se aprecia que la pérdida de peso tuvo mayor variación con respecto a la media, ya que su desviación estándar es elevada.

**TABLA 1. Resultados estadísticos de los estadígrafos determinados en las muestras analizadas de piña, durante los siete días de la investigación**

Propiedad	Valor promedio	Desviación estándar
Masa (g)	786,657	42,2777
SSC(°Brix)	13,0535	2,57142
pH	4,59588	0,517471
Firmeza ( $10^{-3}$ N/m <sup>2</sup> )	5,50765	1,12612

Resultados obtenidos durante obtención de los modelos de predicción para cada propiedad de la piña, variedad Cayena Lisa, durante el proceso de maduración a temperatura ambiente.

Los resultados obtenidos durante el desarrollo y la obtención de los modelos de predicción para cada propiedad se muestran a continuación tomando como criterio de selección el modelo cuyo valor de la raíz del error cuadrático medio (RMSE) sea menor.

Con relación a las propiedades de masa (g), el pH y la firmeza ( $10^{-3}$  N/m<sup>2</sup>), se obtuvo que el mejor modelo de predicción fue el de Tendencia lineal (con diferentes ecuaciones matemáticas). Sin embargo, con respecto al SSC (°Brix) el mejor modelo fue el Suavizado exponencial de Brown con  $\alpha=0.06162$ . Los resultados de la Tabla 2 muestran los valores del RMSE para cada modelo seleccionado.

**TABLA 2. Resultados estadísticos de los modelos ajustados a la predicción de parámetros determinados en las 35 muestras analizadas de piña**

Propiedades/Mejor Modelo	RMSE
Masa (g)/Tendencia lineal = $799,539 - 0,498365 t$	42,5601
SSC (°Brix)/Suavizado exponencial lineal de Brown con $\alpha=0.06162$	2,62692
pH/Tendencia lineal = $3,91865 + 0,0224218 t$	0,450127
Firmeza ( $10^{-3} N/m^2$ )/Tendencia lineal = $6,25663 - 0,0998 t$	0,53507

Los modelos de tendencia lineal anteriores muestran que por cada día que pase (al aumentar el tiempo) aumenta el pH en 0,0224218 y disminuyen la masa en 0,498365 g y la firmeza en 0,0998  $10^{-3} N/m^2$ . Esto corrobora lo sucedido en la realidad ya que a medida que transiten los días la fruta de piña se torna más ácida y se degrada su dureza. Cabe señalar que los modelos alcanzados presentaron un bajo valor del error cuadrático medio lo cual confirma su capacidad de predicción con una confianza del 95%, corroborando con los resultados obtenidos en otras investigaciones precedentes (Rangel *et al.*, 2010) de esta misma rama agrícola, pero aplicado al fruto de la guayaba variedad Enana Roja donde los resultados fueron significativos para este mismo nivel de confianza empleado, es por ello que podemos afirmar que las series temporales son una técnica estadística capaz de predecir el comportamiento de las propiedades de los frutos durante periodos de almacenamiento.

A continuación se muestran los gráficos obtenidos ajustados para cada propiedad de la fruta analizada. Los mismos ratifican su poder de predicción ya que se observa que los valores actuales están muy cercanos a los predichos:

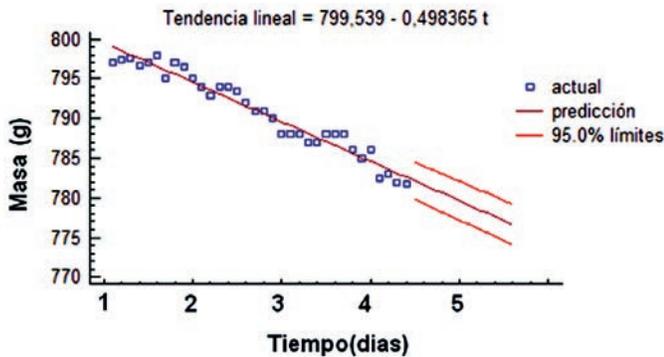


FIGURA 1. Modelo ajustado que demuestra la dependencia entre la masa y el tiempo de almacenamiento aplicando las series temporales con tendencia lineal.

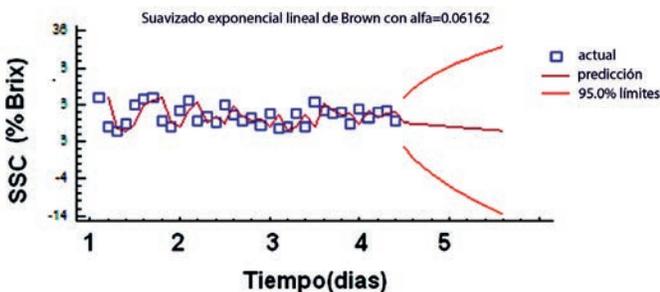


FIGURA 2. Modelo ajustado que demuestra la dependencia entre el SSC y el tiempo de almacenamiento aplicando las series temporales con tendencia suavizada exponencial lineal de Brown con  $\alpha=0.06162$ .

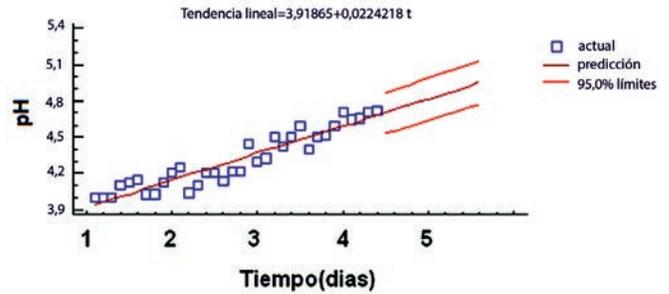


FIGURA 3. Modelo ajustado que demuestra la dependencia entre el pH y el tiempo de almacenamiento aplicando las series temporales con tendencia lineal.

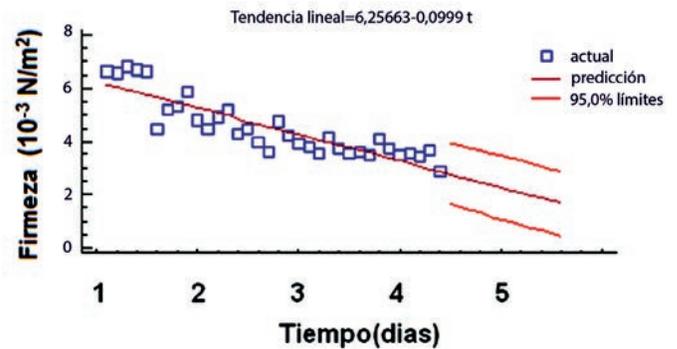


FIGURA 4. Modelo ajustado que demuestra la dependencia entre la firmeza y el tiempo de almacenamiento aplicando las series temporales con tendencia lineal.

Los gráficos anteriores muestran que realmente las propiedades masa y la firmeza en la fruta de la piña tienen un comportamiento con tendencia lineal descendente ya que a medida que pase el tiempo esta fruta disminuye su masa y su firmeza, causado esto por los cambios internos y emisión de sustancias químicas y volátiles a la atmósfera, además de que gran parte de esta masa se degrada y pasa a formar parte de aquellos líquidos (SSC y pH) que son una porción fundamental del fruto. Además otra de las propiedades que se determinaron en este fruto fue la acidez es decir el pH el cual también se ajustó al modelo de tendencia lineal, pero de manera ascendente producto a que según transiten los días la piña se vuelve dulce hasta pasado cuatro días luego de este periodo comienza a tomar una acidez pronunciada que se justifica por las grandes concentraciones de sacarosa y sustancias ascórbicas que provocan el aceleramiento de la putrefacción, descomposición y efervescencia del fruto, lo cual justifica que aumente su pH.

Por otra parte la propiedad de SSC mostró un mejor ajuste con el modelo suavizado exponencial lineal de Brown ya que su gráfico manifiesta pequeños incrementos y descensos con cier-

tos “picos” que son provocados por las grandes concentraciones de sólidos que facilitan al sabor agradable del fruto (azúcar) pero esto transcurre de forma ascendente como en la otra propiedad antes expuesta, señalando que en esta ocasión estos azúcares corren el riesgo de ser transformados en otras sustancias que facilitan la degradación y demeritan la calidad de los productos.

## CONCLUSIONES

- Las series temporales constituyen una herramienta poderosa para predecir las propiedades de calidad de frutas, con modelos de pronósticos de buen ajuste.
- Los mejores modelos de predicción para las propiedades

masa, el pH y la firmeza fueron los de Tendencia lineal con valores de la raíz del error cuadrático medio (RMSE) de 42,5601; 0,450127 y 0,53507 respectivamente.

- El modelo que mejor se ajustó al comportamiento de la propiedad SSC fue el de Suavizado exponencial lineal de Brown con un error bajo (RMSE = 2,62692).
- Se recomienda llevar a cabo una investigación más extensa, utilizando otras técnicas y aplicando las ya estudiadas en la obtención de modelos de predicción en otras frutas.
- Hacer una mayor divulgación en cuanto a la aplicación de estas técnicas, para ser utilizadas durante el monitoreo de las propiedades en los periodos de conservación y almacenamiento de frutas y vegetales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BUITRAGO, V.; P. LÓPEZ.; P. CORONADO; L. OSORNO; L. FERNANDO: “Determinación de las características y propiedades mecánicas de papa cultivada en Colombia”, *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 8(1): 102-110, 2004.
2. CLARK, C. J., A. MCGLONE; N. DE SILVA; M.A MANNING; J. BURDON; D. MOWAT: “Prediction of storage disorders of kiwifruit (*Actinidia chinensis*) based on visible-NIR spectral characteristics at harvest”, *Postharvest Biology and Technology*, 32: 147-158, 2004.
3. COUTIN, G.: *Las Series Temporales*, Ministerio de Salud Pública, Unidad de análisis y tendencias en salud, La Habana, Cuba, 2001.
4. GIRONA, J.: *Matemática Discreta*, Edición de la Universidad Politécnica de Catalunya, S.L., Barcelona, España, 2001.
5. GÓMEZ, V. & A. MARAVALL: “*Time Series Regression with Arima Noise and Missing Observations* – Program TRAMO”, EUI Working Paper ECO No. 92/81, Depart of Economics, European University Institute, USA, 1992.
6. HANNAN, E. J.: *Regression for Time Series*, Rosenblatt, Ed. Proceedings of a Symposium on Time Series Analysis. New York: Wiley. in: M., New York, USA, 1963.
7. RANGEL, M.O. L.; A. GARCÍA; A. HERNÁNDEZ: “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*, 19(2): 82-84, 2010.
8. O.N.E. *Cuba en cifras. Edición 2009. [en línea] Disponible en: [http://www.one.cu/aec2007/esp/09\\_tabla\\_cuadro.htm](http://www.one.cu/aec2007/esp/09_tabla_cuadro.htm) [Consulta: diciembre 10 2008].*
9. SANTANA, J. C.: “Evaluación de pronóstico del tipo de cambio utilizando redes”, *Revista Colombiana de Estadística*, 29(1): 77-92, junio, 2006.
10. GARCÍA, T. Y.; A. GARCÍA: *La Piña y sus operaciones de post cosecha [en línea] 2012, Disponible en: <http://ebiblio.unah.edu.cu:8080/xmlui/handle/123456789/511> [Consulta: mayo 10 2012].*

**Recibido:** 19 de septiembre de 2012

**Aprobado:** 24 de julio de 2013.

Lazara Rangel Montes de Oca, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Departamento de Ingeniería Agrícola, José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, Correo electrónico: [lazarar@unah.edu.cu](mailto:lazarar@unah.edu.cu)

Nota: 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.