

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

Assessing the potential of time series to predict the quality properties of guava (Psidium guajava L), red dwarf EEA 1-23, during storage at room temperature

Lazara Rangel Montes de Oca¹, Annia García Pereira² y Antihus Hernández Gómez²

RESUMEN. Las técnicas de análisis estadísticos representan una novedosa alternativa que se complementa con la utilización de tecnologías no destructivas aplicadas durante el monitoreo del cambio de propiedades de frutas y vegetales durante su almacenamiento. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el potencial de las series temporales para predecir las propiedades de calidad de la guayaba, durante su conservación a temperatura ambiente. Para ello se realizó un análisis de los resultados obtenidos en trabajos que conciernen a esta temática los cuales poseen cierto reconocimiento internacional donde, para obtener los modelos de predicción para SSC, pH, firmeza y pérdida de peso (25 guayabas), se relacionaron los valores reales del contenido de cada propiedad obtenidos a partir de las técnicas tradicionales con los datos predichos utilizando el software especializado Statgraphics 5.1. Como resultado principal se obtuvo que las series temporales suelen ser una herramienta capaz de predecir propiedades de calidad de las frutas para obtener en tiempo real el estado óptimo de la guayaba.

Palabras clave: series temporales, predecir.

ABSTRACT. The statistical analysis techniques represent a novel alternative that complements the use of non-destructive technologies applied in the monitoring of the change of properties of fruits and vegetables during storage. This work aims to evaluate the potential of time series to predict the quality properties of guava during storage at room temperature. To do an analysis of the results obtained in work concerning this topic which have some international recognition, for the prediction models for SSC, pH, firmness and weight loss (25 guava) were related values actual content of each property obtained from traditional techniques with predicted data using specialized software Statgraphics 5.1. As a main result it was found that the time series tend to be a tool capable of predicting properties of fruit quality for real-time optimal state guava.

Keywords: Time series, forecasting.

INTRODUCCIÓN

Actualmente la agricultura mundial enfrenta grandes desafíos, entre ellos, producir alimentos suficientes para una población creciente que alcanzará, para el año 2025 ó 2030, unos ocho mil billones de habitantes y con un aumento a diez mil billones para el año 2050.

Este incremento tendrá lugar principalmente en los países sub-desarrollados, estimándose además que la población de

las zonas rurales dependerá de su propia producción para su abastecimiento alimentario, lo que obligará en gran variedad de cultivos a la necesidad de almacenar por periodos largos, en los cuales su calidad estará sujeta a cambios. El poder predecir estos cambios en tiempo real durante su almacenamiento permitiría exonerar a las mini y agroindustrias de engorrosas tecnologías que en su mayoría son costosas y requieren de un gran tiempo. Por lo antes planteado es que las series temporales representan una novedosa alternativa, ya que las mismas permiten predecir el comportamiento de

Recibido 03/09/09, aprobado 21/06/10, trabajo 30/10, investigación.

¹ Ing., Prof., Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Mecanización Agropecuaria, La Habana, Cuba, E-✉: lazazar@isch.edu.cu

² Dr. C., Prof., Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Mecanización Agropecuaria, La Habana, Cuba.

la calidad de los frutos durante su almacenamiento. Con la aplicación de estas series se pretende, con una serie, describir y predecir el comportamiento de un fenómeno que cambia en el tiempo y la cual puede mostrar resultados significativos de tendencia es decir, estudiar la dependencia existente entre observaciones sucesivas (Buitrago *et al*, 2004; Clark *et al*, 2004; Girona, 2001; Gómez *et al*, 2000; Santana, 2006; Coutin, 2001; Hannan, 1963). En función de esto, la investigación en cuestión basada en investigaciones previamente realizadas, se centra en evaluar *el potencial de las series temporales para predecir las propiedades de calidad de la guayaba, durante su conservación a temperatura ambiente* con respecto al tiempo (Hernández y Garcia, 2002; Yirat, 2008).

Los resultados de ésta investigación permitirán obtener las tendencias de predicción para cada propiedad estudiada durante el periodo de almacenamiento de dichas frutas, utilizando las series temporales las cuales permitirán predecir los cambios en las principales propiedades de calidad de la guayaba (*Psidium guajava* L.), variedad Enana roja EEA 1-23, permitirá discernir con cuales se obtienen los mejores resultados del coeficiente de correlación (R2) en las propiedades de calidad analizadas, aplicando las series temporales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Metodología para la determinación las propiedades de la Guayaba, variedad Enana roja EEA 1-23.

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

Fueron seleccionados durante el experimento 25 muestras de guayaba variedad Enana roja EEA 1-23. Para la determinación de las propiedades se utilizó 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 Durómetro digital, Modelo CEMA-C08 de fabricación nacional.

Metodología para la obtención de los modelos de predicción para cada propiedad de la Guayaba, variedad Enana roja EEA 1-23

Los modelos serán obtenidos indistintamente utilizando las series temporales, para lo cual se predijo el comportamiento de cada atributo de calidad de la fruta en estudio, durante un periodo de tiempo de cinco días, ya que según investigaciones referidas a esta temática plantean que después de pasado este periodo la fruta debe ser consumida como jugo o mermeladas (O.N.E., 2009)

Los resultados obtenidos a partir del uso de la técnica antes mencionada serán comparados en función del mejor modelo que debe ser el que presente una baja Raiz Error Cuadrado Medio (RMSE)).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Principales resultados obtenidos durante la determinación de las propiedades de la guayaba, variedad enana roja EEA 1-23.

Las propiedades analizadas en la guayaba, arribo valores promedios de: pérdida de peso 0,94 g; SSC 0,93 °Brix; pH de 2,99; y firmeza de 27,65. Para mayor información (Tabla 1).

TABLA 1. Resultados estadísticos de los parámetros determinados en las 25 muestras analizadas de guayaba

Propiedad	Guayaba		
	Media	Rango	Desviación estándar
Pérdida de Peso (g)	0,94	0,88-0,98	±0,03
SSC(°Brix)	0,93	8,46-10,36	±0,51
pH	2,99	2,85-3,23	±0,12
Firmeza (N)	27,65	22,91-3,69	±2,94

Resultados obtenidos durante obtención de los modelos de predicción para cada propiedad de la Guayaba, variedad Enana roja EEA 1-23.

Los resultados obtenidos durante el desarrollo y obtención de los modelos de predicción para cada propiedad demuestra superioridad del coeficiente de correlación con los modelos de media móvil simple de 3 términos y tendencia lineal =1,4174 + 0,00964615 t, no resultando significativo estos resultados, en cambio con el modelo de predicción de Recorrido aleatorio con tendencia se alcanzaron valores de Raiz Error Cuadrado Medio (RMSE)) inferiores a 2. En el caso de la firmeza (RMSE=0.81), pérdida de peso (RMSE=2.18), pH (RMSE=0.13) y contenido de sólidos solubles (RMSE=0,68) (Tabla 2).

TABLA 2. Resultados estadísticos de los modelos ajustados a la predicción de parámetros determinados en las 25 muestras analizadas de guayaba

Modelo/Propiedades	Firmeza	Perdida de P	pH	SSC
Recorrido aleatorio con tendencia	0,81	2,18	0,13	0,68
Tendencia lineal	0,94	3,82	0,13	0,76
Media móvil simple de 3 términos	1,05	2,23	0,17	0,69
Suavizado exponencial simple con alfa = 0,0382	0,82	2,68	0,14	0,76
Suavizado exp. lineal de Brown con alfa= 0,0179	0,81	4,06	0,16	0,69

Los modelos de predicción obtenidos utilizando recorrido aleatorio con tendencia mostraron mejor resultados estadísticos que aquellos que se obtuvieron con los demás modelos, esto lo demuestran los gráficos de predicción de cada propiedad en estudio, donde lo predicho se comporta similar a lo actual con respecto al tiempo, ver Figuras 1, 2, 3 y 4.

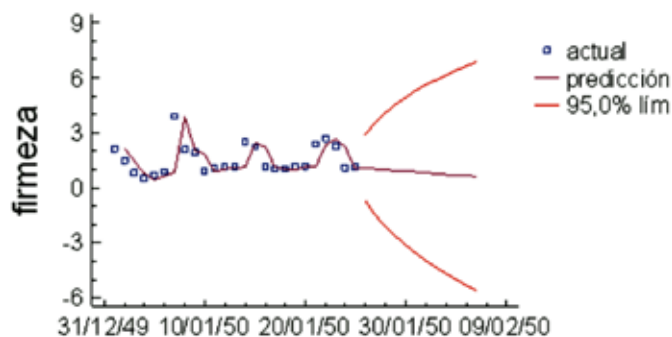


FIGURA 1. Gráfico de secuencia de tiempo para firmeza.

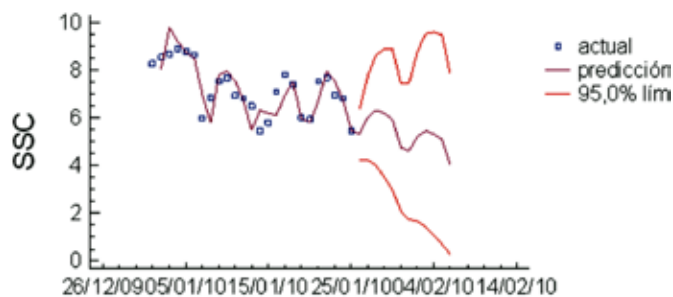


FIGURA 3. Gráfico de secuencia de tiempo para contenido de sólidos solubles.

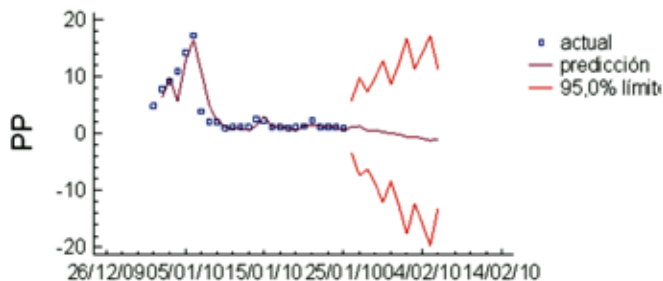


FIGURA 2. Gráfico de secuencia de tiempo para pérdida de peso.

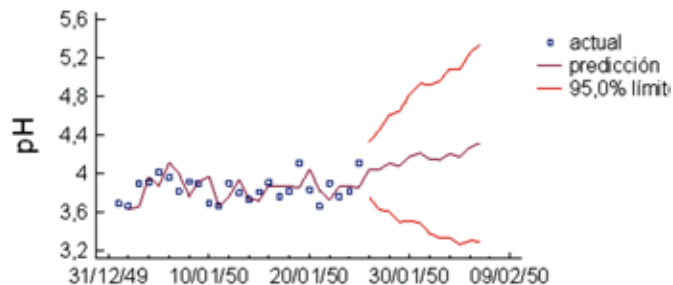


FIGURA 4. Gráfico de secuencia de tiempo para pH.

CONCLUSIONES

- Las series temporales son una herramienta capaz de predecir propiedades de calidad de frutas, con suficiente precisión.
- Los modelos de predicción de recorrido aleatorio con tendencia alcanzaron valores de la firmeza ($RMSE=0,81$), pérdida de peso ($RMSE=2,18$), pH ($RMSE=0,13$) y contenido de sólidos solubles ($RMSE=0,68$)
- Como recomendaciones debe ser llevada a cabo una inves-

tigación más extensa, utilizando otras técnicas y aplicando las ya estudiadas a la obtención de modelos de predicción en otras frutas y suelos en la predicción de otros macro nutrientes.

- Hacer una mayor divulgación en cuanto a la aplicación de estas técnicas, para ser utilizada durante el monitoreo de las propiedades durante los periodos de conservación y almacenamiento de frutas y vegetales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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*, 87(1): 102-110, 2004.
- CLARK, C. J., MCGLONE, V.A., DE SILVA, H. N., MANNING, M.A., BURDON, J., MOWAT, A. D.: "Prediction of storage disorders of kiwifruit (*Actinidia chinensis*) based on visible-NIR spectral characteristics at harvest", *Postharvest Biology and Technology*, 32: 147-158, 2004.
- COUTIN, G.: *Las series temporales*, Ministerio de Salud Pública, Unidad de análisis y tendencias en salud, La Habana, Cuba, 2001.
- GIRONA, J.: *Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya*, SL. Barcelona. 2001.
- GÓMEZ, V. AND MARAVALL, A.: *Time Series Regression with Arima Noise and Missing Observations—Program TRAMO*, EUI Working Paper ECO No. 92/81, Depart. of Economics, European University Institute. Brussels, Belgian, 1992.
- HANNAN, E. J.: *Regression for Time Series*, Rosenblatt, ed., **In: Symposium on Time Series Analysis**. New York: Wiley.in: M. USA, 1963.
- HERNÁNDEZ, A., GARCIA, A.: "A review about non destructive technologies for fruit quality evaluation". *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 11(3): 31-38, 2002.
- O.N.E.: *Cuba en cifras. Edición [en línea] 2009. Disponible en: http://www.one.cu/aec2007/esp/09_tabla_cuadro.htm [Consulta: diciembre 10 2009]*.
- SANTANA, J. C.: *Revista Colombiana de Estadística*, 29(1): 77-92, junio, 2006.
- YIRAT, M.: *Estudio de la calidad de la guayaba (psidium guajava l.), variedad Enana roja eea 1-23, durante su conservación a temperatura ambiente*, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de mecanización, La Habana, 2006.