

# Predicción de estadía hospitalaria mediante modelo de serie de tiempo. Caso Hospital Universitario

José A. Betancourt-Bethencourt,<sup>(1)</sup> José Félix García-Rodríguez,<sup>(2)</sup> Raúl J. Cepero-Morales,<sup>(3)</sup> Gustavo A. Rodríguez León<sup>(4)</sup>

*josebetancourt.cmw@infomed.sld.cu*

## RESUMEN

El **objetivo** de este trabajo fue realizar una predicción del futuro comportamiento del indicador estadía hospitalaria con el Modelo Autorregresivo Integrado de Media Móvil (ARIMA). **Método.** En el mes de septiembre de 2010 se realizó un análisis de la serie de tiempo conformada por los promedios mensuales de estadía hospitalaria obtenida en el Hospital Universitario Manuel Ascunce Domenech de la provincia de Camagüey, Cuba; desde enero de 2002 a abril de 2010. Esta serie se analiza con el programa Statgraphics. **Resultado.** Se seleccionó el mejor modelo [ARIMA (0,1,2)] por el criterio de Akaike que selecciona el modelo con el error cuadrado más pequeño y se encontró el mejor pronóstico disponible. **Conclusiones.** El modelo ARIMA utilizado en esta experiencia fue adecuado y confiable y puede ser utilizado de forma sistemática. Los pronósticos que brinda pueden ser una pauta para guiar el trabajo de calidad cuando los datos son permanentes y confiables.

**Palabras claves:** *predicción, estadía hospitalaria, series de tiempo.*

## SUMMARY

The **goal** of this work was to carry out a prediction of the future behavior of the indicative hospital stay with the model ARIMA. **Method.** In September, 2010 it was carried out an analysis of the time series conformed by the monthly averages of hospital stay obtained at the University Hospital

Manuel Ascunce Domenech of the state of Camagüey, Cuba from January of 2002 to April of 2010. This time series was analyzed with the program Statgraphics. **Results.** The model that fit the best was selected [ARIMA(0,1,2) according to Akaike approach, that selects the model with the smallest square error and it was found that the best available. **Conclusions.** The model ARIMA used in this experience was suitable and reliable, and it could be used in a systematic way. The results could be a rule to guide the quality work when the data are permanent and reliable.

**Keywords:** *prediction, hospital stay, times series.*

## INTRODUCCIÓN

En cualquier sistema de salud, los hospitales resultan ser las unidades médicas más costosas en su operación, razón por la cual la evaluación de su desempeño ha emergido como una necesidad económica, ya que existe gran variabilidad de los servicios que se brindan con tecnologías cada vez más sofisticadas y costosas. Para ejercer un buen control y evaluar de manera sistemática la actividad hospitalaria, se requiere de indicadores de desempeño que contribuyan a valorar la calidad y la eficiencia de la atención sanitaria brindada a la población usuaria.

En Cuba, se pretende contar con una visión actualizada de los conceptos de calidad y eficiencia de la atención hospitalaria y de la relación entre ambos indicadores de desempeño. El promedio de estadía es quizás, el más importante y más

<sup>(1)</sup> Profesor auxiliar de Salud Pública. Miembro del Departamento de Investigaciones de la Universidad de las Ciencias Médicas de Camagüey, Cuba.

<sup>(2)</sup> Doctor en Finanzas Públicas. Profesor Investigador. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México.

<sup>(3)</sup> Especialista de primer grado en Reumatología. Hospital Universitario Manuel Ascunce Domenech de Camagüey, Cuba.

<sup>(4)</sup> Secretaría de Salud de Tabasco, México.

utilizado indicador de eficiencia hospitalaria. Ello, debido a su claro significado y por su doble condición de indicador tanto del aprovechamiento de la cama censable, como de la agilidad de los servicios prestados en los hospitales. Así, las largas estadias suelen considerarse como indicadores de ineficiencia de la gestión hospitalaria; sin embargo, esta relación “estadia-eficiencia” no resulta tan elocuente si se considera que una estadia baja podría ser alcanzada a partir de altas prematuras lo que, además de considerarse riesgoso para la salud del paciente, iría en detrimento de la calidad del servicio prestado y de las normas éticas imperantes en el medio.<sup>1</sup>

De esta manera, la estadia hospitalaria constituye un importante indicador que proporciona elementos de la calidad de la atención, de los servicios y de la planificación de recursos. Por ello, en la evaluación del desempeño hospitalario es el indicador más utilizado, ello como ya se dijo, por su doble condición de indicador del aprovechamiento de la cama y de la eficiencia de los servicios prestados en los hospitales. Sin embargo, su uso como indicador de eficiencia está limitado por la cantidad de factores ajenos a la calidad y eficiencia de la atención prestada, mismos que pueden influir sobre él de manera determinante. Así, el indicador de evaluación del desempeño suele estar influido por las variables edad, índice de gravedad y diagnóstico principal al egreso.<sup>2</sup>

Los modelos de predicción son útiles para anticiparse a situaciones emergentes donde está presente un exceso de pacientes por atender.<sup>3</sup> Por ejemplo, la identificación temprana de pacientes infartados que necesitan cuidado post-agudo (PAC) en los que se puede mejorar la planificación de egresos;<sup>4</sup> Así como, la identificación temprana de pacientes con riesgo de largas estadias hospitalarias en salas de cuidados intensivos puede mejorar la calidad de la atención.<sup>5</sup> En estadística y econometría, suelen usarse en particular las series temporales, un Modelo Autorregresivo Integrado de Media Móvil o ARIMA (acrónimo del inglés Autoregressive Integrated Moving Average), mismo que constituye un modelo estadístico que utiliza variaciones y regresiones de datos estadísticos, con el fin de encontrar patrones que permitan establecer una predicción hacia el futuro.<sup>6</sup> Este, fue desarrollado a finales de los años sesenta del pasado siglo, y es un modelo dinámico de series de tiempo, en el que las estimaciones futuras vienen explicadas por los datos del

pasado y no por variables independientes, y se representa

$$Y_t = -(\Delta^d Y_t - Y_t) + \theta_0 + \sum_{i=1}^p \theta_i \Delta^d Y_{t-1} - \sum_{i=1}^q \theta_i \epsilon_{t-1} + \epsilon_t$$

como:

en donde  $d$  corresponde a las  $d$  diferencias que son necesarias para convertir la serie original en estacionaria,  $\theta_1, \dots, \theta_p$  son los parámetros pertenecientes a la parte “autorregresiva” del modelo,  $\theta_1, \dots, \theta_p$  los parámetros pertenecientes a la parte “medias móviles” del modelo,  $\theta_0$  es una constante, y  $\epsilon_t$  es el término de error (llamados también innovaciones).

Se debe tomar en cuenta que:  $\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$ .

El objetivo de este trabajo fue realizar una predicción del futuro comportamiento del indicador estadia hospitalaria con el modelo “Autoregressive integrated moving average”, (ARIMA) en el Hospital Universitario Clínico Quirúrgico Manuel Ascunce Domenech, el más grande de la provincia de Camaguey, Cuba, y que registra cada mes un promedio de 1100 ingresos de todas las especialidades.

## MÉTODO

Se aplica el modelo autorregresivo integrado de media móvil ARIMA en el análisis de una serie de tiempo conformada por los promedios mensuales de estadia hospitalaria en el Hospital Universitario Manuel Ascunce Domenech de la provincia de Camaguey, Cuba, con el propósito de establecer un patrón de predicción de estadia hospitalaria. El análisis se llevó a cabo en el mes de septiembre. La serie de tiempo analizada comprende de enero de 2002 a abril de 2010, y en el análisis se utilizó el programa estadístico *Statgraphics*.

## RESULTADOS

Se seleccionó el mejor modelo [ARIMA(0,1,2)] por el criterio de información de Akaike (AIC), que toma en cuenta para tal efecto el modelo con el error cuadrado más pequeño, siendo éste el utilizado para generar los pronósticos de estadia hospitalaria (tabla 1).

Los valores de estadia reales obtenidos en los cuatro meses de análisis se adicionaron en la columna de la derecha

de dicha tabla. Para la selección del modelo utilizado se tuvieron en cuenta también el comportamiento de los valores mínimos de la raíz del error cuadrado medio (RMSE), el error absoluto medio (MAE), el porcentaje de error absoluto medio MAPE y los valores más cercanos a cero del error medio SME y el porcentaje de error medio MPE que nos indican el menor sesgo (tabla 2). Se encontró que el mejor pronóstico disponible para datos futuros está dado por el modelo paramétrico que relaciona el valor más reciente con los valores y ruido previos. El modelo seleccionado tiene valor de  $P=(<0.05)$  con un nivel de confianza del 95% . En el gráfico 1 se puede apreciar de manera visual el ajuste

del modelo utilizado y la predicción con los intervalos de confianza.

**DISCUSIÓN**

La predicción obtenida en esta investigación con el modelo seleccionado tuvo bajos errores y sesgos; es decir, hay criterios estadísticos para tomar este pronóstico como confiable. Al confrontar el pronóstico con los valores reales obtenidos se observó que estos mismos estaban comprendidos en los intervalos de confianza pronosticados. Asimismo, los valores

**Tabla 1.** Pronóstico obtenido para los próximos cuatro meses con el modelo de pronóstico seleccionado: ARIMA(0,1,2)

		Límite en 95%	Límite en 95%	Redes neuronales	Real obtenido
Periodo	Pronóstico	Inferior	Superior		
5/10	9,43612	7,68958	11,1826	8,7	9,2
6/10	9,47099	7,5366	11,4054	8,5	8,2
7/10	9,47099	7,52132	11,4207	8,4	8,6
8/10	9,47099	7,50616	11,4358	8,2	8,8

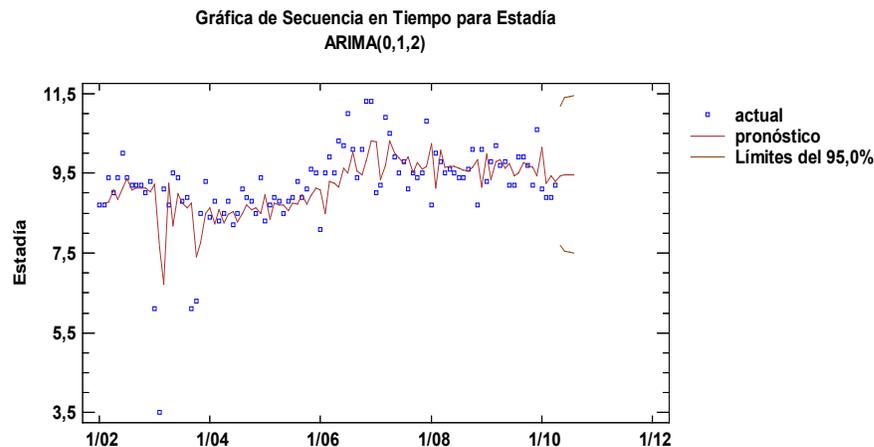
**Fuente:** Resultados obtenidos del análisis estadístico aplicado con el programa Statgraphics

**Tabla 2.** Estimaciones de errores y sesgos obtenidos con el modelo de pronóstico seleccionado: ARIMA(0,1,2)

Estadístico	Período de estimación
Raíz del error cuadrado medio RMSE	0,879902
Error absoluto medio MAE	0,571447
Porcentaje de error absoluto medio MAPE	7,18311
Error medio sME	0,0483436
Porcentaje de error medio MPE	-0,851547

**Fuente:** Resultados obtenidos del análisis estadístico aplicado con el programa Statgraphics

**Gráfico 1.** Ajuste del modelo seleccionado y pronóstico de futuros valores



**Fuente:** Resultados obtenidos del análisis estadístico aplicado con el programa Statgraphics

reales de este indicador en los últimos cuatro meses están por debajo de la predicción media, lo que denota que se está aumentando la calidad del trabajo en el hospital estudiado. Por otra parte, se observa que en los últimos seis meses se han reducido los costos, siendo sin duda una de las causas la reducción observada en el promedio histórico de estadia hospitalaria.

El modelo estadístico ARIMA es muy utilizado en todo el mundo, particularmente en la actividad sanitaria, cuya aplicación está ampliamente documentada. En Cuba, se ha utilizado de forma eficiente en la vigilancia epidemiológica.<sup>7</sup> El modelo constituye también una excelente herramienta para la gestión hospitalaria, particularmente en la actividad administrativa y clínica, resultando también bastante útil en situaciones de alerta epidemiológica, donde es aplicado en la planificación de la capacidad de camas disponibles.<sup>8</sup> Asimismo, ha permitido predecir de forma precisa la ocupación de camas en los departamentos de emergencias,<sup>9</sup> y ha sido útil para predecir las demandas de recursos y el costo de futuros tratamientos en varios países.<sup>10</sup>

Al evaluar la mortalidad hospitalaria, Miyata y col. en Japón, desarrollaron un modelo predictivo con alto grado de precisión, se valieron de datos administrativos disponibles, uno de ellos fue la estadia hospitalaria,<sup>11</sup> otros autores determinaron con un análisis de regresión que un buen predictor de la estadia hospitalaria fue la severidad de los problemas psicosociales.<sup>12</sup>

## CONCLUSIÓN

El modelo ARIMA utilizado en esta experiencia fue adecuado y confiable y se sugiere utilizarse en forma sistemática. Los pronósticos que brinda pueden ser una pauta para guiar el trabajo de calidad cuando los datos son permanentes y confiables.

## REFERENCIAS

1. Jiménez PR. Indicadores de calidad y eficiencia de los servicios hospitalarios. Una mirada actual. Rev Cubana Salud Pública 2004;30(1):17-36.
2. Barbeito TT, Jiménez PE, Gutiérrez RÁ, Mora DI. Estadia hospitalaria ajustada para evaluar la eficiencia en un servicio de medicina interna. Rev Cubana de Med. 2009; 48(2):1-16.
3. Sebastia E, Duarte E, Boza R, Samitier B, Tejero M, Marco E, Muniesa J, Belmonte R, Escalada F. Cross-validation of a model for predicting functional status and length of stay in patients with stroke. J Rehabil Med 2006; 38: 204-206.
4. Simonet ML, Kossovsky MP, Chopard P, Sigaud P, Perneger T, Gaspoz JM. A predictive score to identify hospitalized patients' risk of discharge to a post-acute care facility BMC Health Services Research 2008, 8:154 [Online].; 2008 [cited 2010. Available from: HYPERLINK <http://www.biomedcentral.com/1472-6963/8/154>.
5. Kramer Z. A predictive model for the early identification of patients at risk for a prolonged intensive care unit length of stay BMC Medical Informatics and Decision Making 2010, 10:27.
6. Box GEP, Jenkins GM, Reinsel GC. Time series analysis: forecasting and control. New Jersey: Third edition Prentice Hall; 1991.p. 598.
7. Coutin GM. Métodos para la detección de la variación estacional en Cuba aplicados a la vigilancia en salud. Rev Cubana de Salud 2007; 33(1):3-5.
8. Earnest A, Chen M, Donald N, Yee LS. Using autoregressive integrated moving average (ARIMA) models to predict and monitor the number of beds occupied during a SARS outbreak in a tertiary hospital in Singapore. BMC Health Services Research 2005, 5:36[Online].; 2005 [cited 2010. Available from: HYPERLINK <http://www.biomedcentral.com/1472-6963/5/36>.
9. Schweigler LM, Desmond Jeffrey S, McCarthy ML, Bukowski KJ, Edward L. Ionides, PhD, and John G. Younger, MD, MS Forecasting Models of Emergency Department Crowding. A Emergency Med 2009; 16:301-308.
10. Jiqiong Y, Hoy W, Zhao Y, Beaver C, Eagar K. End-stage renal disease in the Northern Territory: current and future treatment costs. MJA 2002; 176: 461-465.
11. Miyata H, Hashimoto H, Horiguchi H, Matsuda S, Motomura N, Takamoto S. BMC Health Services Research , 8:229. [Online].; 2008 [cited 2010. Available from: HYPERLINK <http://www.biomedcentral.com/1472-6963/8/229>.
12. Keebler J, Duder S, Lechman C. Predicting Length of Stay in an Acute Care Hospital: The Role of Psychosocial Problems. Soc Work in Health Care.2001; 33(2) :3-17.