

Análisis y predicción de la evolución del coste de los medicamentos utilizados en un Hospital General Universitario

J. J. PÉREZ RUIXO, A. LÓPEZ SÁEZ, J. JUAN COLOMER, N. V. JIMÉNEZ TORRES

*Servicio de Farmacia. Hospital Universitario Dr. Peset. Valencia
Departamento de Farmacia y Tecnología Farmacéutica de la Universidad de Valencia*

Resumen

Objetivo: Caracterizar la temporalidad del coste en medicamentos de un Hospital General Universitario y desarrollar un modelo matemático de predicción.

Material y métodos: *Tipo de hospital:* Hospital General Universitario de 573 camas. *Extracción de datos:* estadísticas mensuales del consumo de medicamentos hospitalario. *Periodo de estudio:* enero 1992–diciembre 2000. *Grupos:* los datos disponibles hasta diciembre de 1999 se utilizan para identificar el modelo estadístico (grupo de identificación) y los datos de 2000 se utilizan para validar el mismo (grupo de validación). *Modelos estadísticos:* la variable dependiente es el logaritmo neperiano del coste mensual de los medicamentos utilizados. El modelo de regresión lineal múltiple utiliza como variables independientes, el tiempo transcurrido desde el inicio del estudio (años), el mes y el año en que se efectúan las dispensaciones. El desarrollo del modelo ARIMA se realiza mediante la metodología de Box-Jenkins. *Evaluación de la capacidad predictiva:* media del error relativo de predicción (exactitud) y raíz cuadrada de la media del error cuadrático de predicción (precisión) de las predicciones realizadas mediante el modelo ARIMA desarrollado en el grupo de validación.

Resultados: La tendencia de crecimiento lineal existente desde 1992 hasta 1996 1,2% (IC95%: 1,08 a 1,32%), se incrementa hasta el 2,34% (IC95%: 1,93 a 2,73%) a partir de inicios de 1997.

El modelo de regresión lineal múltiple desarrollado, evidencia una estacionalidad en el coste de los medicamentos y es capaz de explicar el 96,39% de su variabilidad.

Respecto al mes de agosto en promedio, los meses de febrero, junio y marzo incrementan el coste de los medicamentos en 25,66, 25,55 y 22,93% respectivamente.

El modelo ARIMA desarrollado (0,1,1) (0,1,1) posee una exactitud (3,21%) y una precisión (9,12%) adecuadas para la predicción del coste de los medicamentos.

Este modelo predice para el año 2001 un coste de 2.274 millones de pesetas.

Conclusión: La disponibilidad de un modelo matemático para predecir el coste de los medicamentos utilizados en el hospital, es una herramienta eficaz para planificar los presupuestos en el Área de Gestión del Servicio de Farmacia.

Palabras clave: Coste de medicamentos. Gestión. Presupuestos. Análisis de series temporales.

Summary

Objective: To characterize the time course of cost in medication in a General University Hospital and to develop a mathematical model in order to predict it.

Methods: *Hospital:* General University Hospital with 573 beds. *Data collecting:* monthly hospital medication cost statistics. *Study period:* January 1992–December 2000. *Groups:* data available till december of 2000 were used to identify the mathematical model (training group) and data collected during 1999 were used to validate the model (validation group). *Statistical models:* the dependent variable was the monthly medication cost neperian logarithm. The multiple linear regression used the time of the beginning of the study (years), the month and the year of the monthly unit-dose dispensed, as independent variables. The ARIMA model development was made with Box-Jenkins methodology. *Predictive performance analyses:* mean of relative prediction error (bias) and root square of the mean of the squared relative prediction error (precision) of predictions in validation group.

Results: The lineal increasing trend existent from 1992 to 1996, 1.2% (IC95%: 1.08 to 1.32%), is growing to 2.34% (IC95%: 1.93 to 2.73%), at the beginning of 1997. The multiple linear regression used shows a stationary medication cost and is able to explain a 96.39% of this variability. The medication cost in February, June and March increase by 25.66, 25.55 and 22.93%, respectively. The ARIMA model developed (0,1,1) (0,1,1) could be used in predictive setting because it has an opti-

Recibido: 20-11-01
Aceptado: 01-02-02

Correspondencia: Juan José Pérez Ruixo. Global Clinical Pharmacokinetics and Clinical Pharmacology Division. Janssen Research Foundation. Turnhoutseweg, 30. 2300 - Bélgica. e-mail: jperezru@janbe.jnj.com

Nota: Las opiniones expresadas en este trabajo son propias de los autores y, no necesariamente, de las empresas en las que desarrollan su trabajo.

mal bias (3.21%), and precision (9.12%). This model predicts a 2,274 million of pesetas cost for 2001 year.

Conclusion: The availability of a mathematical model in order to predict the medication cost at the hospital is a useful tool to planificate budget in the management area of the Pharmacy Department.

Key words: Medication costs. Management. Budget. Time serie analysis.

INTRODUCCIÓN

Una de las funciones con responsabilidad directa del farmacéutico de hospital dentro del actual sistema sanitario, es la gestión de los medicamentos (1) que serán utilizados por los pacientes atendidos. La importancia logística de esta función se deriva de su trascendencia tanto a nivel del hospital como a nivel del Servicio de Farmacia. En efecto, la gestión eficiente de los medicamentos no sólo garantiza la disponibilidad física de los mismos, sino que soporta el adecuado desarrollo de actividades farmacéuticas de mayor importancia clínica. En otras palabras, la implementación de actividades encaminadas hacia la provisión de atención farmacéutica a los pacientes sólo puede desarrollarse si la gestión de los medicamentos del Servicio de Farmacia alcanza la eficiencia máxima. Por tanto, la gestión de los medicamentos es una actividad asistencial básica, cuya calidad puede mejorar la credibilidad clínica de los Servicios de Farmacia y la implantación de programas de atención farmacéutica al paciente ingresado, fundamentalmente cuando se producen de forma integrada con la dispensación de medicamentos en dosis unitarias y con las unidades centralizadas de terapia intravenosa (1).

Bajo esta perspectiva, el aseguramiento de la calidad de la gestión de los medicamentos debe ser uno de los principales retos que los profesionales farmacéuticos afronten continuamente. Sin embargo, esta tarea no es fácil, pues la utilización de los medicamentos en el hospital es un proceso sujeto a la influencia de numerosas variables internas y externas (3). No cabe duda de que en los últimos años la demanda de recursos hospitalarios está en auge, como consecuencia del número creciente de ingresos proveniente de una población envejecida (4), así como una reducción en la estancia hospitalaria de estos pacientes, fruto de una mayor efectividad de los tratamientos farmacoterapéuticos. Esto ha supuesto un incremento del coste global de los medicamentos utilizados en los hospitales (5). El desarrollo, por parte de la industria farmacéutica, de nuevos medicamentos más eficaces y seguros, ha supuesto un incremento en el coste de los mismos y de los tratamientos asociados (6), generados por el elevado coste de su investigación junto a las dificultades que plantea su abordaje terapéutico.

Esta situación cambiante ocasiona no pocas dificultades en la gestión de los medicamentos, fundamentalmen-

te en lo referente a la previsión de las necesidades de medicamentos en el hospital (7). Desde este marco conceptual se ha desarrollado el objetivo de este estudio, que consiste en identificar y cuantificar la evolución mensual del coste de los medicamentos utilizados en un Hospital General Universitario y desarrollar un modelo para su predicción, de forma que ayude a la optimización de los presupuestos anuales.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realiza en un Hospital General Universitario de 573 camas. En el sistema integral de dispensación individualizada de medicamentos (SIDIM), que incluye la dispensación en dosis unitarias y la unidad centralizada de terapia intravenosa, el proceso de transcripción de la prescripción se encuentra informatizado desde 1991 y se utiliza en 557 (97,2%) camas, correspondientes a las especialidades médicas de Medicina Interna, Reumatología, Unidad de Enfermedades Infecciosas, Oncología, Hematología, Neumología, Endocrinología, Gastroenterología, Neurología, Cardiología, Urología, Nefrología, Cirugía General, Psiquiatría, Cirugía Ortopédica y Traumatológica, Cirugía Vascular, Otorrinolaringología, Ginecología, Maternidad, Pediatría, Oftalmología, Unidad de Hospitalización a Domicilio y Unidad Médica de Corta Estancia. El sistema efectúa tres turnos de dispensación por día, en los horarios de 07:30, 15:00 y 22:00 horas (5). La dispensación al Servicio de Urgencias y Quirófano, así como a las 16 camas restantes, correspondientes a la Unidad de Medicina Intensiva, se encuentra automatizada y la reposición de las existencias de los botiquines automatizados se realiza diariamente (8,9). En el resto de Servicios del Hospital se dispone del sistema tradicional de dispensación de medicamentos.

Durante el periodo de tiempo comprendido entre enero de 1992 y diciembre de 2000, se obtuvieron mensualmente los datos correspondientes al consumo de medicamentos del hospital, mediante la aplicación informática utilizada (PharmaSyst®, APD). El coste del consumo mensual de medicamentos se normalizó a una duración mensual de 30 días y se transformó a escala logarítmica, como consecuencia de su heterocedasticidad. La variable así obtenida y que denominaremos *Log Coste*, se utilizó como variable dependiente para el desarrollo y validación de un modelo. El desarrollo del modelo se realiza con los datos disponibles entre enero de 1992 y diciembre de 1999 (grupo de identificación), y los datos de 2000 se utilizan para evaluar la capacidad predictiva del modelo desarrollado (grupo de validación).

El desarrollo del modelo incluye las siguientes etapas: análisis descriptivo gráfico de la serie temporal, estudio de la tendencia y la estacionalidad, y desarrollo del modelo. El estudio de la tendencia del coste mensual de los medicamentos utilizados en el hospital se realizó gráficamente mediante el método de alisamiento por regre-

sión local ponderada, generalmente conocida como LOWESS (acrónimo en inglés de “*LOcally WEighted regression Scatterplot Smoothing*”), con el 50% de los puntos a ajustar en tres iteraciones. El estudio de la estacionalidad se realizó a partir de la construcción de un modelo de regresión lineal múltiple, cuyas variables independientes eran tiempo transcurrido desde enero de 1992 (meses), el mes y el año en el que se efectuaron las dispensaciones.

El desarrollo de un modelo autorregresivo integrado de media móvil (ARIMA) para caracterizar el comportamiento de la serie mensual del coste de medicamentos del hospital, se ha realizado mediante la metodología de Box-Jenkins (10). Esta metodología incluye la realización secuencial de las siguientes etapas: identificación del modelo, estimación de sus parámetros, comprobación y diagnóstico del modelo y evaluación de su capacidad predictiva. La identificación del modelo ARIMA se realiza a partir del análisis gráfico de las funciones de autocorrelación simple (FAS) y autocorrelación parcial (FAP) del *Log Coste*, el *Log Coste* con una diferencia en la parte regular de la serie y el *Log Coste* con una diferencia en la parte regular y estacional de la serie. Los intervalos de confianza del 95% de los coeficientes de autocorrelación se han obtenido a partir de la estimación de la varianza con la aproximación de Barlett. El análisis gráfico de la parte regular de la serie, centrado en los tres primeros coeficientes de autocorrelación, y de la parte estacional, centrado en los coeficientes de autocorrelación situados en los retardos 12, 24 y 36, permite seleccionar un número reducido de posibles modelos, candidatos a caracterizar la serie temporal estudiada. La estimación de los parámetros de los modelos ARIMA propuestos en la etapa anterior se realiza mediante la minimización de la suma de cuadrados de los errores. El error estándar de la estimación se utiliza como medida de la bondad del ajuste para la comparación entre los diferentes modelos propuestos.

La comprobación y diagnóstico del modelo ARIMA propuesto, se realizó mediante la valoración de la significación estadística de los parámetros estimados, el cumplimiento de las condiciones de estacionalidad e invertibilidad y el análisis de los residuales. Para valorar el cumplimiento de las condiciones de estacionalidad e invertibilidad de la serie se comprobó que el intervalo de confianza del 95% de los parámetros autorregresivos y de media móvil no incluyera el valor unitario. El análisis de los residuales se realizó mediante la estimación de sus FAS y FAP, y se comprobó que ningún coeficiente de autocorrelación fuese significativo en estos correlogramas. Cuando la estimación de los parámetros del modelo propuesto no superaba satisfactoriamente la etapa de comprobación y diagnóstico del modelo ARIMA, se reformulaba el modelo inicial de acuerdo con los sesgos encontrados.

La evaluación de la capacidad predictiva del modelo se realizó con los datos del coste mensual de los medicamentos durante el año 2000. La exactitud y precisión de la predicción se evaluó mediante la media del error relativo de predicción y la raíz cuadrada de la media del error cuadrático de predicción, respectivamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

—*Análisis descriptivo y estudio de la tendencia.* En la tabla I se presenta la serie mensual del coste de medicamentos del Hospital Universitario Dr. Peset durante el periodo de tiempo comprendido entre enero de 1992 y diciembre de 2000. Asimismo, en la figura 1 se encuentra la representación gráfica de la serie y su alisamiento mediante la técnica de LOWESS. En esta figura se aprecia cómo la evolución temporal de la serie muestra una evidente tendencia al alza. En efecto, el coste anual de medicamentos crece desde 482,74 millones de ptas., en el año 1992, hasta 1.957,33 millones de ptas. el año 2000. No

Tabla I. Serie mensual del coste actualizado en medicamentos en el Hospital Universitario Dr. Peset (1992-2000).
Los resultados se expresan en millones de pesetas.

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Enero	38,53	40,25	49,40	58,47	61,17	81,21	100,90	113,88	151,02
Febrero	35,48	44,51	53,24	58,75	67,44	90,51	121,15	147,99	153,99
Marzo	37,56	38,51	60,63	55,53	68,94	76,35	111,48	156,06	176,62
Abril	33,42	46,10	42,33	50,68	61,33	94,73	117,14	119,95	141,84
Mayo	41,33	44,15	56,93	58,19	66,27	83,50	109,54	125,82	174,86
Junio	50,37	43,18	49,05	55,64	72,24	94,33	130,37	156,21	177,38
Julio	36,71	39,57	50,46	53,56	65,72	90,09	121,42	154,43	161,13
Agosto	35,72	38,70	46,62	49,14	58,48	74,48	109,55	119,47	138,91
Septiembre	44,61	38,18	45,58	55,14	65,19	95,77	132,18	140,15	172,05
Octubre	39,61	44,67	47,01	49,89	66,01	94,63	125,50	139,44	165,69
Noviembre	42,95	49,93	53,15	54,57	67,45	83,85	117,71	169,88	187,84
Diciembre	46,45	48,36	54,33	55,77	79,24	110,50	133,55	149,71	156,00
Total	482,74	516,11	608,73	655,33	799,48	1069,95	1430,49	1692,99	1957,33
Media	40,23	43,01	50,73	54,61	66,62	89,16	119,21	141,08	163,11
DE	5,06	3,98	5,17	3,26	5,43	9,97	10,16	17,77	15,21

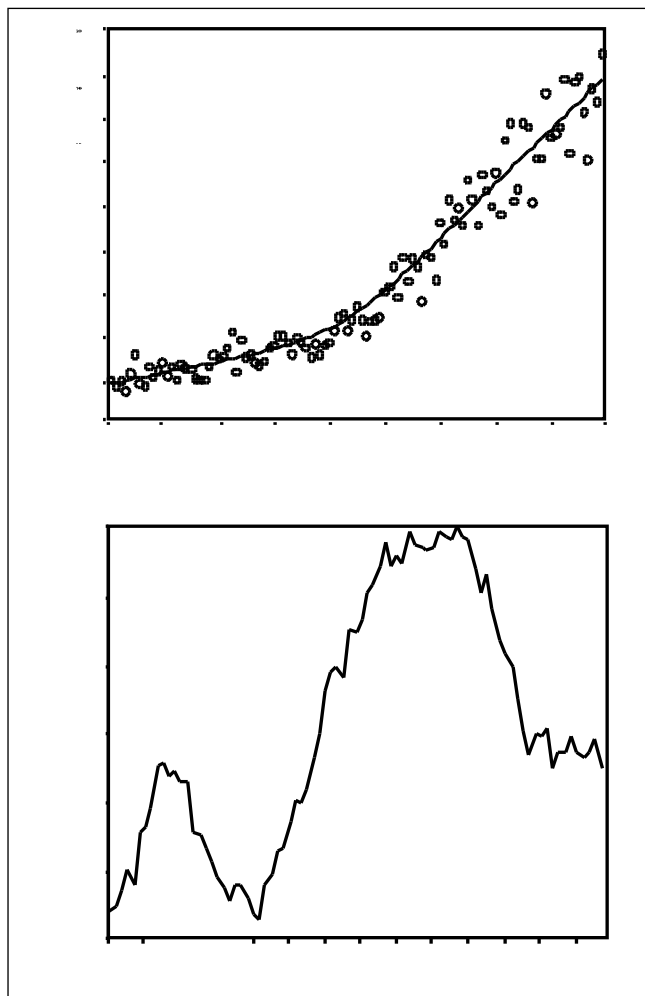


Fig. 1.- Evolución temporal del coste mensual de medicamentos y su alisamiento mediante LOWESS (arriba) y evolución temporal del incremento porcentual interanual del coste de los medicamentos utilizados en el hospital (abajo).

obstante, transcurrido el año 1996, existe un punto de inflexión que indica un mayor incremento lineal en el coste mensual de medicamentos que se mantiene hasta finales de 2000. En esta misma figura, la representación gráfica de la evolución mensual del incremento porcentual interanual, evidencia perfectamente la existencia de este punto de inflexión a inicios de 1997. Estos cambios acontecidos en el coste de los medicamentos utilizados en nuestro hospital, son similares al ocurrido en este mismo periodo de tiempo en los hospitales del Sistema Nacional de Salud (Fig. 2).

—*Estudio de la estacionalidad.* Una primera aproximación al análisis de la estacionalidad del consumo de medicamentos lo constituye la observación del diagrama de cajas y barras en función del mes del año (Fig. 3). En esta figura, el mes de agosto marca el mínimo en la mediana del coste de los medicamentos utilizados, y por este motivo se utilizará como referencia posteriormente en el desarrollo del modelo de regresión lineal múltiple

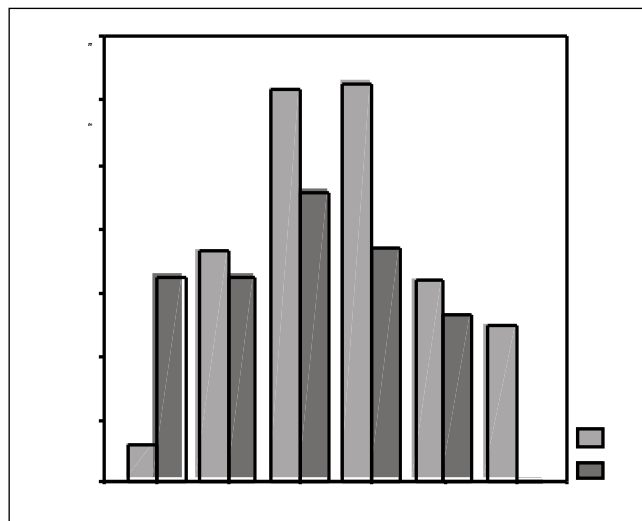


Fig. 2.- Evolución anual (1992-2000) del consumo de medicamentos (arriba) y su incremento interanual en el Hospital Universitario Dr. Peset (HDP) comparado con el global de hospitales del Sistema Nacional de Salud (SNS).

con el mes del año como variable indicadora. Por otra parte, diciembre, junio y marzo son los tres meses de mayor mediana de consumo de medicamentos y coinciden con los meses donde mayor número de dosis unitarias son dispensadas. Este perfil se repite a lo largo de los 8 años de estudio (Fig. 1), y puede confirmar la impresión de que los picos que se observan son fruto de las estacionalidad.

Este supuesto se comprobó con el desarrollo de un modelo de regresión lineal múltiple. El modelo de regresión lineal múltiple que incluye tanto las variables indicadoras que cuantifican la influencia del mes del año, (tomando como referencia el mes de agosto), como una

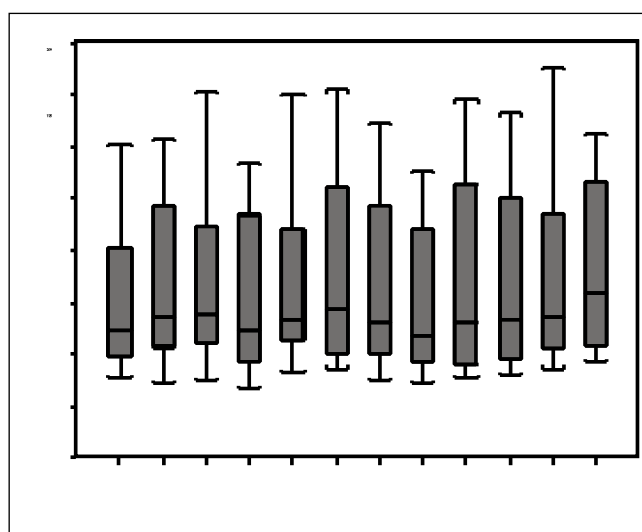


Fig. 3.- Diagrama de cajas y barras del coste mensual de medicamentos en función del mes del año.

variable explicativa para cuantificar la tendencia lineal de crecimiento, es capaz de explicar el 93,75% de la variabilidad del *Log Coste*. No obstante, la distribución de los residuales evidencia la existencia de un sesgo sistemático en el modelo, posiblemente debido a la existencia de un punto de inflexión en la tendencia de crecimiento a inicios de 1997.

Por este motivo, se desarrolló un nuevo modelo que, además de incluir las variables ficticias mensuales, considera que la tendencia lineal existente desde 1992 hasta 1996, se incrementa a partir de 1997. Este modelo (Tabla II), capaz de explicar el 96,36% de la variabilidad del *Log Coste*, es significativamente superior al primer modelo desarrollado ($F: 5,86$; $g11: 1$; $g12: 82$; $p < 0,02$). Salvo en el caso del mes de octubre, los coeficientes de regresión correspondientes a cada indicador mensual son estadísticamente significativos, evidenciando la existencia de una estacionalidad en el coste mensual de los medicamentos utilizados. Respecto al mes de agosto, en los meses de febrero, junio y marzo, el coste de los medicamentos utilizados se incrementa, en promedio, el 25,66% (IC95%: 12,80 a 39,99%), 25,55% (IC95%: 12,71 a 39,86%), y 22,93% (IC95%: 10,34 a 36,94%). La tendencia de crecimiento lineal existente desde 1992 hasta 1996, 1,2% (IC95%: 1,08 a 1,32%), se incrementa hasta el 2,34% (IC95%: 1,93 a 2,73%) a partir de inicios de 1997. Según este modelo, si durante 1997 se hubiese mantenido la misma tasa de crecimiento que existía hasta 1996, el coste anual de medicamentos se hubiese incrementado en 115 millones de ptas.; sin embargo, el cambio en la tasa de crecimiento supuso un incremento de 225 millones de ptas. Este cambio de tendencia permite explicar de forma más satisfactoria por qué el incremento real del coste de medicamentos durante 1997 fue de 270 millones de ptas. En cualquier caso, las funciones de autocorrelación sim-

ple y parcial que presentan los residuales de este modelo, invalidan el supuesto de independencia de los residuales del modelo e indican la existencia de variables no controladas por el modelo (datos no mostrados). Por este motivo, el análisis de la predicción del coste de los medicamentos utilizados se realizó con el modelo ARIMA.

—*Modelos autorregresivos integrados de media móvil*. El análisis descriptivo y el estudio de la tendencia y la estacionalidad, evidencian una tendencia creciente y una estacionalidad significativa en el coste de los medicamentos utilizados. En este sentido, la serie temporal del coste de medicamentos utilizados en el hospital, no presenta una conducta estacionaria en media y en varianza (Tabla I). Con el fin de estabilizar la varianza de la serie, es necesario recurrir a la transformación logarítmica del coste de medicamentos utilizados en el hospital (*Log Coste*). Para obtener una conducta estacionaria en media

Tabla II. Modelo de regresión lineal múltiple con indicadores mensuales y dos tendencias lineales de crecimiento, como variables explicativas del logaritmo neperiano del coste mensual en medicamentos, normalizado por la duración del mes.

	Variación estacional		Significación estadística
	Media (%)	IC95%	
Cte. (agosto)	0	—	< 0,0001
Enero	17,22	5,22 a 30,59	0,0044
Febrero	25,66	12,80 a 39,99	< 0,0001
Marzo	22,93	10,34 a 36,94	0,0003
Abril	11,67	0,24 a 24,40	0,0452
Mayo	19,40	7,18 a 33,01	0,0015
Junio	25,55	12,71 a 39,86	< 0,0001
Julio	13,91	2,26 a 26,89	0,0185
Septiembre	12,75	1,22 a 25,60	0,0297
Octubre	9,44	-1,75 a 21,92	0,1002
Noviembre	14,70	2,96 a 27,77	0,0133
Diciembre	19,16	6,62 a 33,18	0,0023
Tendencia lineal (1992-1996)	1,20	1,08 a 1,32	< 0,0001
Tendencia lineal (1997-1999)	2,34	1,93 a 2,73	< 0,0001

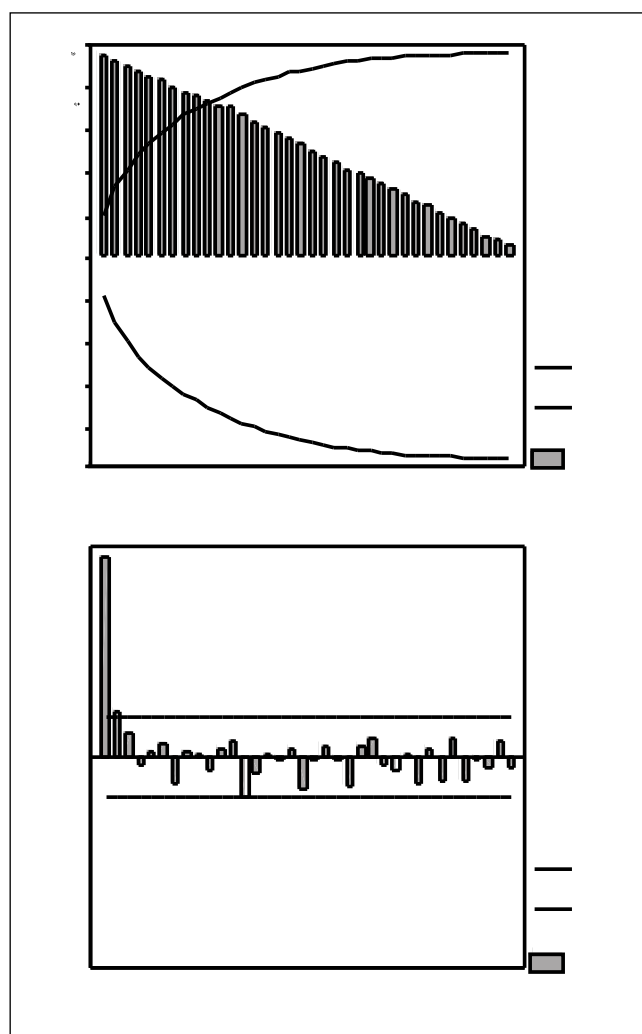


Fig. 4.- Correlogramas de la transformación logarítmica del coste mensual de los medicamentos utilizados en el hospital, corregidas para la duración mensual: coeficientes e intervalo de confianza del 95% de la función de autocorrelación simple (arriba) y parcial (abajo).

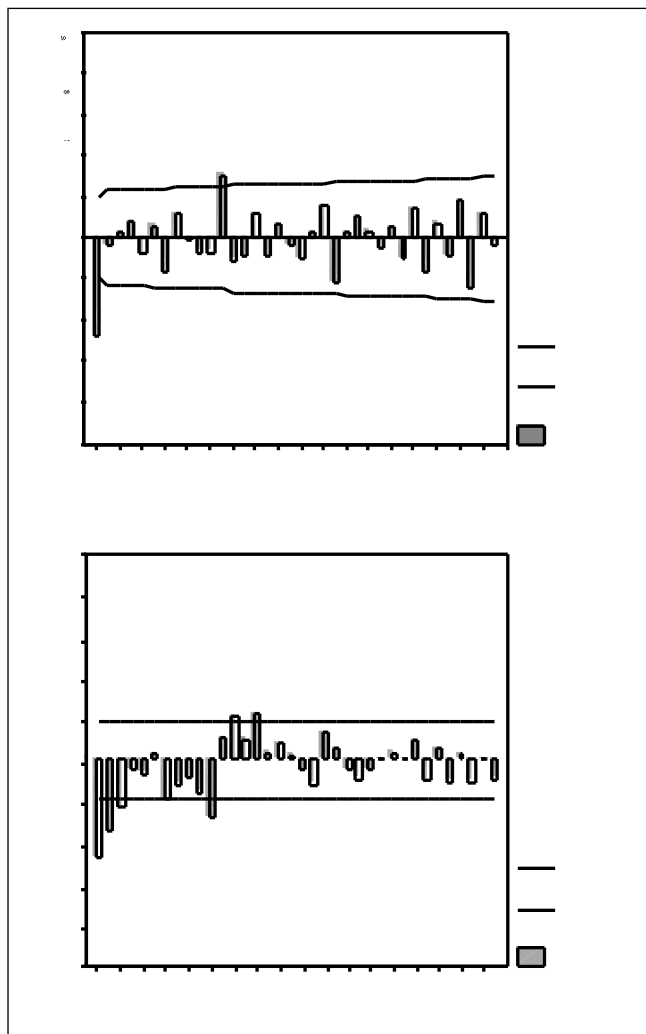


Fig. 5.- Correlogramas de la transformación logarítmica del coste mensual de los medicamentos utilizados en el hospital, corregidas para la duración mensual, y una diferencia en la parte regular de la serie: coeficientes e intervalo de confianza del 95% de la función de autocorrelación simple (arriba) y parcial (abajo).

es necesario diferenciar la variable *Log Coste* y, en este caso, es suficiente con tomar una diferencia por cuanto existe una tendencia lineal de crecimiento.

Estas hipótesis de trabajo quedan aceptadas al analizar las figuras 4, 5, y 6, donde aparecen los correlogramas del *Log Coste*, con la aplicación de diferencias en la parte regular y en la parte regular y estacionaria de la serie, respectivamente. En efecto, los correlogramas del *Log Coste* (Fig. 4) son los típicos de una serie no estacionaria en media, presentando una estructura muy *cargada* en la FAS, y un *palo* muy próximo a la unidad en la FAP. Los correlogramas del *Log Coste*, diferenciado en la parte regular de la serie (Fig. 5), parecen ser bastante más *limpios* que los correlogramas correspondientes a la aplicación de dos diferencias (figura no mostrada). El principio de parsimonia, dominante en la metodología Box-Jen-

Tabla III. Estimación de los parámetros de los modelos ARIMA (0,1,1) (0,1,1) para la caracterización del coste mensual de medicamentos utilizados en el hospital.

Modelo ARIMA (0,1,1) (0,1,1)	Estimación	Error estándar	P
MA1*	0,7895	0,0719	< 0,0001
SAR1**	0,7466	0,1458	< 0,0001
Constante	0,0008	0,0005	0,1177

* Término de media móvil de la parte regular de la serie

** Término de media móvil de la parte estacionaria de la serie

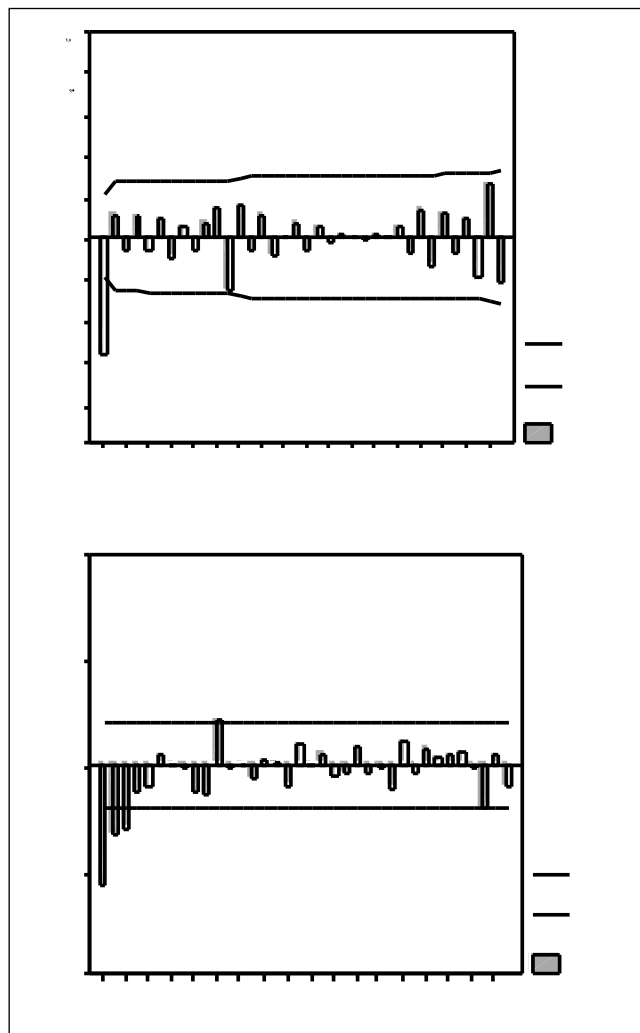


Fig. 6.- Correlogramas de la transformación logarítmica del coste mensual de los medicamentos utilizados en el hospital, corregidas para la duración mensual, y una diferencia en la parte regular y estacional de la serie: coeficientes e intervalo de confianza del 95% de la función de autocorrelación simple (arriba) y parcial (abajo).

kins, sugiere el desarrollo de un modelo ARIMA con una sola diferencia en la parte regular del *Log Coste*.

Por otra parte, la FAS de la figura 5 presenta un palo significativo en el retardo 12, como consecuencia de la estacionalidad del *Log Coste*. Por este motivo, se anali-

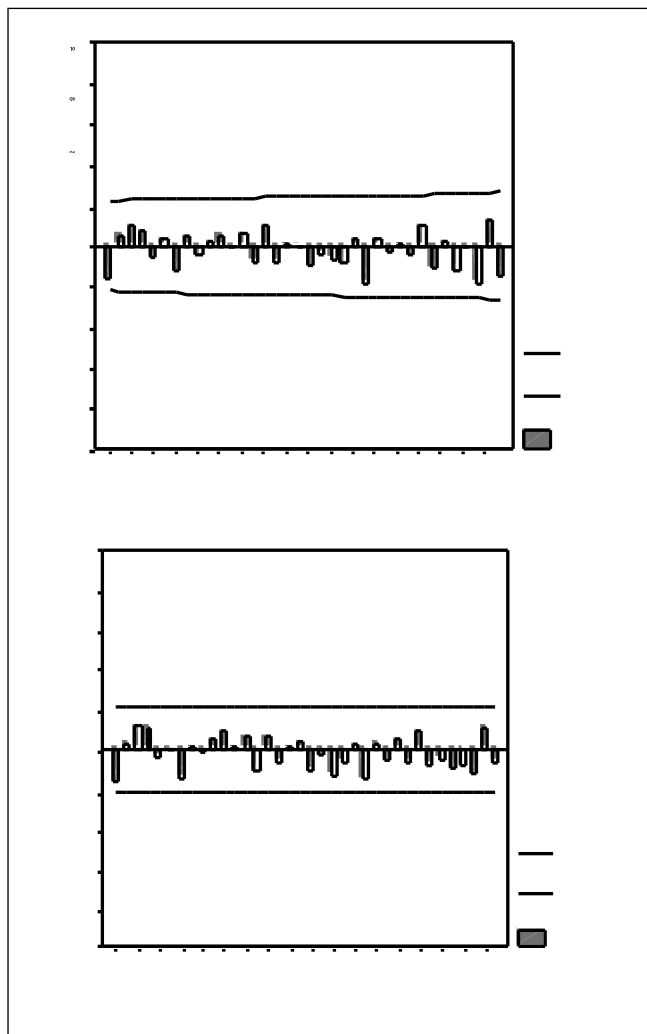


Fig. 7.- Correlogramas de los residuales del modelo ARIMA (0,1,1) (0,1,1): coeficientes e intervalo de confianza del 95% de la función de autocorrelación simple (arriba) y parcial (abajo).

zaron los correlogramas de la serie *Log Coste* con una diferencia en la parte regular y estacional del *Log Coste* (Fig. 6). Los correlogramas de la figura 6 son más **limpios** que los obtenidos en la figura 5, y sobre la base del análisis de los correlogramas de la figura 6 se deduce la primera aproximación al modelo ARIMA de la serie *Log Coste*. La función de autocorrelación simple y parcial con una diferencia en la parte regular y estacional de la serie, proporciona un coeficiente de correlación significativamente distinto de cero en el retardo 1 y 12. Este hecho sugiere la existencia de un término de media móvil de orden 1, tanto en la parte regular de la serie como en la parte estacional.

Por tanto, el modelo identificado es el modelo ARIMA (0,1,1) (0,1,1). La estimación de los parámetros de estos modelos se muestra en la tabla III. Este modelo presenta un error estándar medio de la predicción de 4,29%, y los pará-

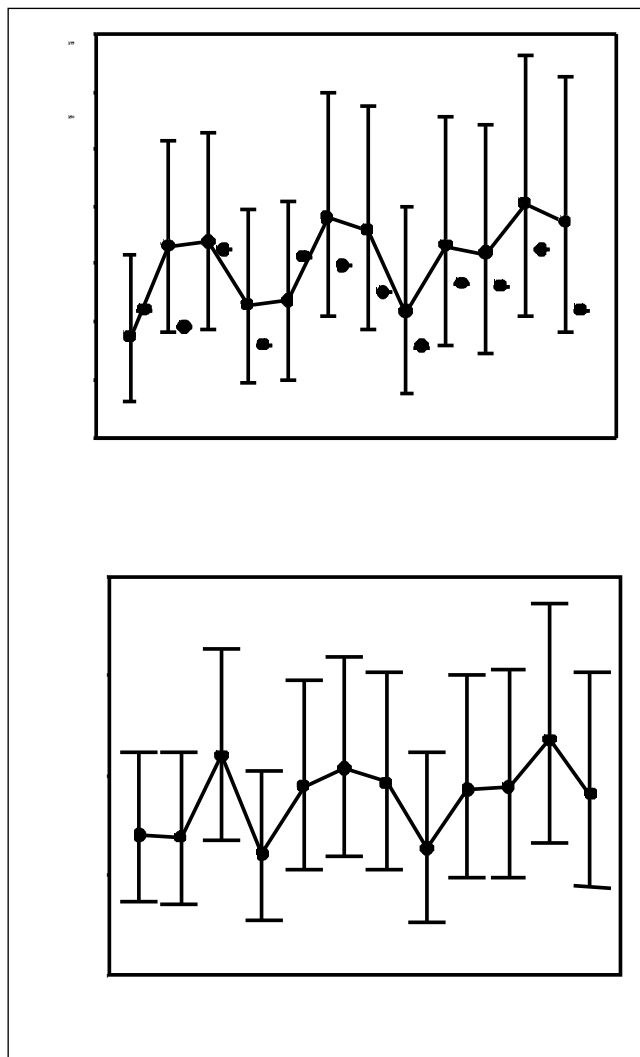


Fig. 8.- Predicción del coste mensual de los medicamentos utilizados para el año 2000 (arriba) y 2001 (abajo) con su intervalo de confianza del 95%, junto con el coste real de medicamentos utilizados en el año 2000.

metros de modelo son significativos puesto que el intervalo de confianza de los parámetros no incluye el valor nulo en su interior y, por tanto, el modelo puede catalogarse como válido al cumplir las condiciones de estacionariedad e invertibilidad. El análisis de los correlogramas de los residuales del modelo ARIMA desarrollado, no evidencia la presencia de autocorrelaciones significativas (Fig. 7). En este sentido, se puede concluir que los residuales del modelo únicamente representan ruido blanco.

En la figura 8 se representa la predicción del coste acumulado de los medicamentos utilizados durante el año 2000 con su intervalo de confianza del 95% y el coste real de medicamentos utilizados en el hospital durante ese mismo mes. Obsérvese cómo el valor real siempre se encuentra dentro del intervalo de predicción. Al final del año, el modelo estimaba un coste anual de los medicamentos de 65,9 millones de ptas., superior al

coste real. La media del error de predicción relativo y la raíz cuadrada de la media del error cuadrático de predicción son -3,21% (IC95%: - 8,87 a 2,45%) y 9,12%, respectivamente. Estos resultados garantizan una exactitud y precisión óptimas en la predicción del coste de medicamentos. Para el año 2001 la previsión del coste de los medicamentos en el hospital es de 2.274 millones de pesetas.

En definitiva, el modelo ARIMA desarrollado y validado es capaz de predecir el coste de los medicamentos utilizados en el hospital y puede utilizarse como una efi-

caz herramienta en el proceso de planificación de recursos en el Servicio de Farmacia.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento a todo el personal auxiliar y administrativo del Servicio de Farmacia del Hospital Universitario Dr. Peset por la ayuda prestada en todo momento para el funcionamiento del Área de Gestión de este Servicio.

Bibliografía

1. Ley del medicamento 25/90, de 20 de diciembre. Título VI. Capítulo IV. Artículo 91.
2. Jiménez NV. Atención farmacéutica en un Hospital General. En: Jiménez NV. Mezclas intravenosas y nutrición artificial. 4ª edición. Valencia: Convaser CEE, 1999.
3. López Bastida J, Mossialos E. Pharmaceutical expenditure in Spain: cost and control. *Int J Health Serv* 2000; 30: 597-616.
4. J. Soto Álvarez. Estudios de farmacoeconomía: ¿por qué, cómo, cuándo y para qué? Unidad de farmacoeconomía e Investigación de resultados en salud. Madrid: Pharmacia, S.A.
5. Pérez-Ruixo JJ, Climente M, Ordovás JP, Borrás C, Pérez C, Juan J, et al. Análisis y predicción de cargas de trabajo en un sistema de dispensación de medicamentos por dosis unitarias en un Hospital General. *Farmacia Hospitalaria* (pendiente de publicación).
6. Mehl B, Santell J. Projecting future drug expenditures—2001. *Am J Health Syst Pharm* 2001; 58: 125-133.
7. D'Sa MM, Nakagawa RS, Hill DS, Tan JK. Exponential smoothing method for forecasting drug expenditures. *Am J Hosp Pharm* 1994; 51: 2581-8.
8. Pérez-Ruixo JJ, Pastor E, Juan J, Jiménez NV. Análisis de un sistema automatizado de dispensación individualizada de medicamentos en una unidad de cuidados intensivos. *Farmacia Hospitalaria* 1998; 22: 81-8.
9. Pérez-Ruixo JJ, Martínez G, Quintana MI, Juan J, Jiménez NV. Impacto farmacoeconómico de la implantación de un sistema de botiquín automatizado en la unidad de urgencias de un Hospital General Universitario. *Farmacia Hospitalaria* 2000; 24: 390-7.
10. Shumway H, Stoffer DS. Time series analysis and its applications. Hardcover: Ed. Springer, 2000.
11. Sheiner LB, Beal SL. Some suggestions for measuring predictive performance. *J Pharmacokinet Biopharm* 1981a; 9: 503-12.