

## 2. ARTÍCULOS DE APLICACIÓN

### EVOLUCIÓN PROBABILÍSTICA EN EL MERCADO GANADERO DE LOS PRECIOS CORRESPONDIENTES A PRODUCTOS DEL CERDO BLANCO

**Rosa María Villalobos Murillo.**  
**Universidad de Extremadura.**

#### 1. Motivación y metodología.

El objetivo principal del trabajo ha sido tratar de obtener un modelo probabilístico que permita describir la evolución probabilística de los precios de determinados productos del cerdo blanco en el mercado ganadero. Su motivación fue la de disponer, con cierta anticipación, de información sobre las posibles tendencias y fluctuaciones de dichos precios. El análisis se ha realizado a partir de la información proporcionada por las series de precios semanales registradas desde principios de 1990 hasta finales de 2003 para cuatro productos representativos del cerdo blanco: cerdo vivo, canal porcina tipo II, jamón redondo y jamón curado. Los datos correspondientes a los tres primeros, todos ellos productos frescos, fueron facilitados por la Lonja de Lérida, centro de referencia nacional para los precios de dichos productos y los correspondientes a la serie de precios del jamón curado fueron proporcionados por la Subdirección General de Precios del Ministerio de Economía. La metodología estadística seguida para dicho análisis se ha basado en técnicas específicas de series temporales. Como paso previo a la selección y validación del modelo probabilístico adecuado, se ha realizado el correspondiente análisis gráfico-descriptivo de las series observadas. A partir de la información inferida de dicho análisis, se ha aplicado la metodología Box-Jenkins, véase Box, Jenkins and Reinsel (1994), con objeto de ajustar el modelo de la familia ARIMA que con mayor probabilidad ha podido generar las series bajo estudio. Para el análisis gráfico y estadístico de las series

se ha hecho uso del software estadístico SPSS, versión 11.0 y del lenguaje de programación R (GNU S), versión 1.7.0 (véase Gentleman and Ihaka (1996) ó la dirección web [www.r-project.org](http://www.r-project.org)).

#### 2. Análisis estadístico de las series.

##### 2.1 Análisis descriptivo.

Como es bien conocido en teoría de series temporales, véase por ejemplo Abraham and Ledolter (1983), Peña (1999) ó Rodríguez Morilla (2000), en la evolución a lo largo del tiempo de cierta variable aleatoria intervienen fundamentalmente tres componentes: tendencia, estacionalidad y la que engloba posibles irregularidades. Si observamos la figura 1, en la que se representan las series correspondientes a los tres productos frescos, podríamos extraer algunas conclusiones. Por ejemplo, aunque en ninguna de ellas se detecta una tendencia global creciente o decreciente a lo largo del tiempo, sí se aprecian tramos más o menos largos, con duración de al menos un año, en los que los precios registrados se mantienen bien por encima o bien por debajo del precio medio. Se infiere por tanto la presencia de una componente tendencia-ciclo. En relación a la componente estacional, no se observa una evolución repetitiva año a año entre las distintas semanas aunque sí se aprecia con cierta claridad que los precios más bajos se producen en las primeras y en las últimas semanas de cada año. Puesto que no se aprecia de forma clara un patrón

fijo de comportamiento a lo largo del tiempo, se desprende que la componente irregular tiene un peso importante. En conclusión, aún teniendo en cuenta que los precios de los tres productos se fijan de forma independiente, se observa una evolución bastante similar para las tres series. En cierto modo esta similitud tiene su lógica puesto que los tres productos tienen en común el ser productos frescos. Se observa también, como es lógico, que los precios van incrementándose a medida que el producto requiere una mayor elaboración. Por otra parte, teniendo en cuenta que las fluctuaciones de las series varían según el nivel de las mismas, es razonable asumir que las tres componentes interactúan de forma multiplicativa.

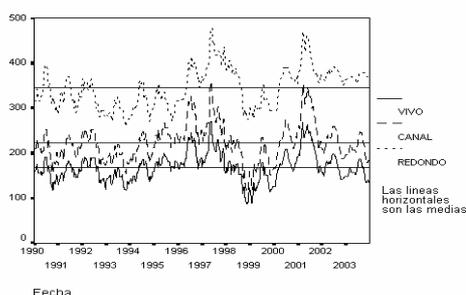


Figura 1.- Series de precios correspondientes al cerdo vivo, canal y jamón redondo.

En la serie de precios correspondiente al jamón curado, véase figura 2, se aprecia claramente una tendencia creciente, aproximadamente lineal, sin un patrón estacional claro y con componente irregular de escaso peso específico. Tratando de explicar el diferente comportamiento de los precios de esta serie en comparación con las tres anteriores podría esgrimirse como una de las principales razones el tiempo transcurrido desde la compra del jamón redondo hasta su venta como jamón curado, aproximadamente entre siete y once meses. Ello explica, por ejemplo, como la bajada de precios para los productos frescos producida en 1998 tuvo su correspondiente repercusión en los precios del jamón curado en 1999, apreciándose una tendencia creciente más atenuada.

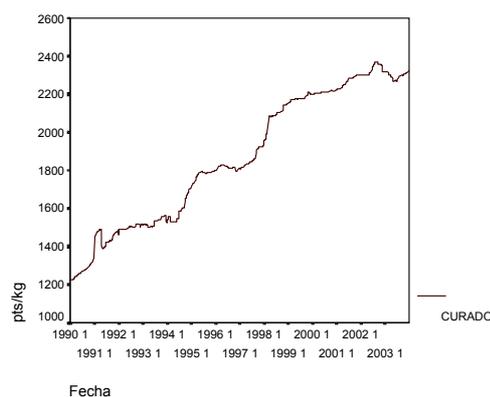


Figura 2.- Serie de precios del jamón curado

A partir del análisis gráfico anterior, se ha realizado un análisis descriptivo de las series haciendo uso de diferentes técnicas. En concreto, para las series correspondientes a los tres productos frescos se ha aplicado el denominado método STL, véase Cleveland et al. (1990), con objeto de proporcionar estimaciones para las fuentes de variación correspondientes a las componentes tendencia-ciclo (figura 3) y estacional (figura 4), y para la serie correspondiente al jamón curado se ha hecho uso del método de Loess, véase Cleveland and Devlin (1988) ó Cleveland et al. (1988), con objeto de estimar su componente tendencia-ciclo (figura 5).

En relación a los productos frescos, se observa una componente tendencia-ciclo de tipo oscilatorio con amplitud creciente, si bien en el cerdo vivo y la canal no parece reflejarse este comportamiento en las últimas semanas en las que se aprecia un mantenimiento de los precios. Cabe destacar la caída de precios de 1998 y, si bien de menor importancia, la de 2002. Los precios medios más altos se registraron en 1997 y 2001.

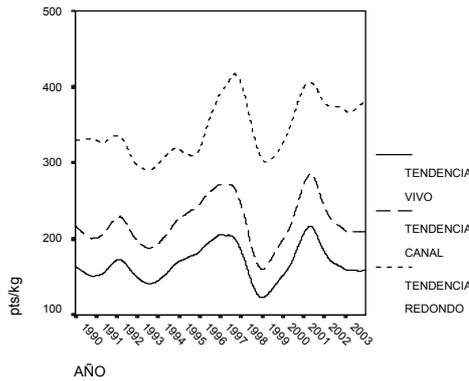


Figura 3.- Componente tendencia-ciclo de las series del cerdo vivo, canal y jamón redondo.

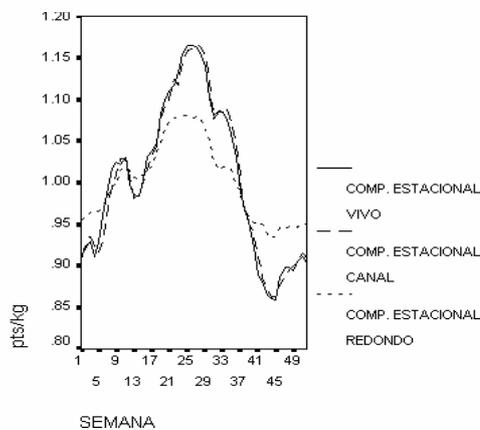


Figura 4.- Componente estacional de las series del cerdo vivo, canal y jamón redondo.

Con respecto al jamón curado la figura 5 pone de manifiesto una tendencia estrictamente creciente en la que se aprecia una alternancia entre dos pendientes.

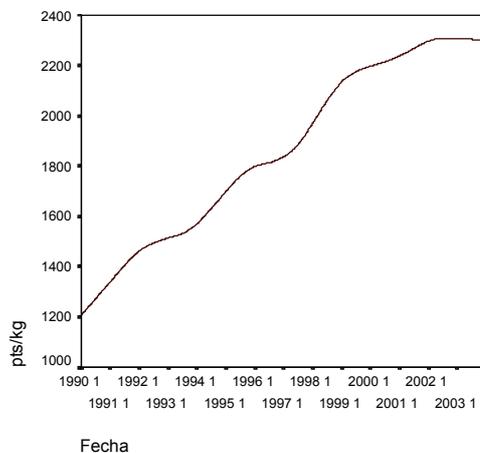


Figura 5.- Componente tendencia-ciclo del jamón curado.

## 2.2 Ajuste y validación del modelo teórico.

Denotemos por  $X_t$  al valor en el instante  $t$  de la serie bajo estudio. Nuestra intención es ajustar el modelo ARIMA que proporcione una explicación más verosímil de la evolución observada en la serie de precios. La metodología Box-Jenkins en la que nos apoyaremos implica un proceso iterativo en el que se consideran las siguientes fases: identificación del modelo ARIMA que probablemente ha generado los datos; estimación de los parámetros que en él intervienen; validación del modelo considerado y utilización del modelo ajustado para predicción.

Un primer requisito a tener en cuenta en la fase de identificación del modelo es tratar de conseguir la estacionariedad de la serie temporal. A tal fin, para las series correspondientes a los productos frescos, se ha realizado una transformación logarítmica y una diferenciación ordinaria. En relación a la serie del jamón curado, puesto que su gráfica no refleja de una forma clara si la varianza fluctúa en función del nivel de la misma y, aunque el gráfico dispersión-media de los precios muestra un ajuste casi horizontal, con objeto de disminuir la varianza residual así como su falta de homogeneidad, también se ha procedido a realizar una transformación logarítmica de los datos y, teniendo en cuenta la excesiva pendiente, la diferenciación de los mismos. En consecuencia, para ambos casos, se obtiene los datos transformados  $W_t = (1-B) Y_t$ , donde  $Y_t = \ln(X_t)$ ,  $B$  denota el operador de retardo es decir  $B(Y_t) = Y_{t-1}$  y  $X_t$  representa el precio del producto considerado en la semana  $t$ .

Estamos ya en condiciones de tratar de identificar el modelo ARMA apropiado para los datos transformados  $W_t$ . Para ello, se ha utilizado como principales herramientas las funciones de autocorrelación simple y autocorrelación parcial. A modo de ejemplo, exponemos a continuación el estudio realizado para la serie correspondiente a los precios del cerdo vivo.

La figura 6 muestra los correlogramas simples y parciales de la correspondiente serie estacionaria  $W_t$ . Basándonos en ellos y teniendo en cuenta el concepto de parsimonia, se ha efectuado un primer ajuste, probando con los modelos más sencillos. Inicialmente se propuso un AR(1) o un MA(1) para la parte ordinaria (o un modelo mixto) y un AR(1)<sub>52</sub> para la parte estacional. Tras el análisis residual, se llegó a la conclusión de que el modelo que mejor describía la evolución probabilística de la serie transformada era el ARMA(2,1) × ARMA(1,1)<sub>52</sub>, en consecuencia, la serie  $W_t$  está generada por:

$$(1 - \Omega B^{52})(1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2)W_t = (1 - \Theta B^{52})(1 - \theta B)Z_t$$

donde  $\Omega, \phi_1, \phi_2, \Theta, \theta$  son parámetros a estimar,  $B^k(W_t) = B(B^{k-1}(W_t))$  y  $Z_t$  denota el ruido blanco. Las estimaciones máximo verosímiles obtenidas para los parámetros junto con sus correspondientes errores de estimación indicados entre paréntesis han sido las siguientes:

$$\begin{aligned} \phi_1^* &= 0.85, (0.17) ; \phi_2^* = -0.19, (0.04) ; \\ \Omega^* &= 0.91 (0.05) ; \Theta^* = 0.80 (0.08) ; \theta^* = 0.68, (0.17). \end{aligned}$$

El modelo propuesto ofrece una capacidad interpretativa óptima, no habiéndose obtenido otro mejor.

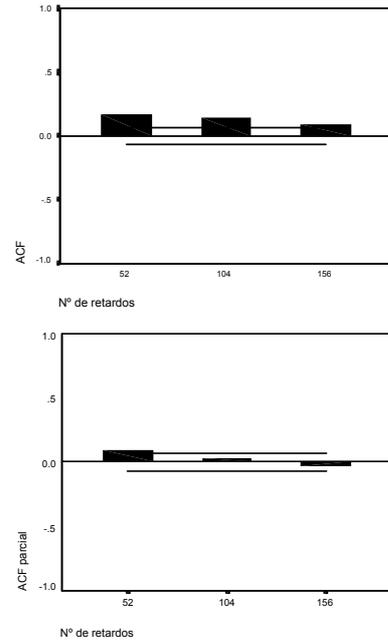
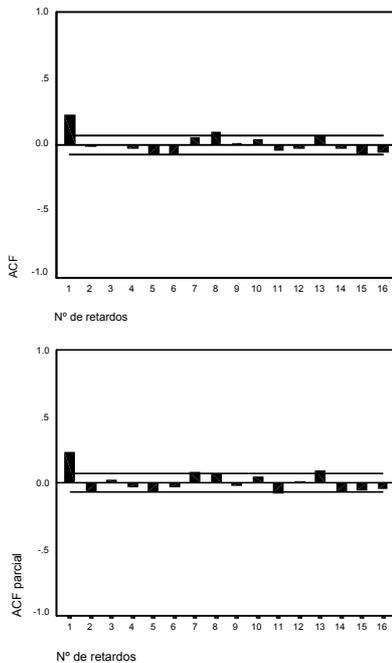


Figura 6.- Autocorrelaciones simples (ACF) y parciales (ACF parcial) en la parte ordinaria y estacional de la serie estacionaria  $W_t$  para la serie del cerdo vivo.

La validación de dicho modelo se ha realizado a través del análisis de los residuos, para lo cual se ha hecho uso del peridiograma integrado, véase Brockwell and Davis (1991) para más detalles al respecto. A partir de la información proporcionada por la figura 7 no se puede rechazar la hipótesis de los datos provengan de un ruido blanco.

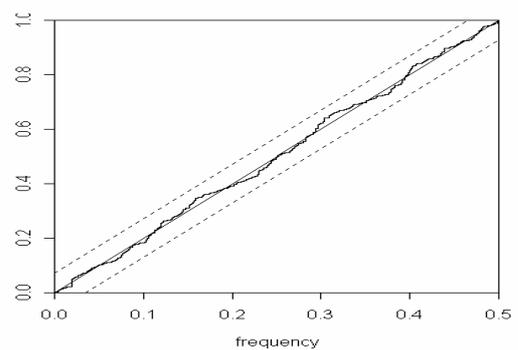


Figura 7.- Peridiograma integrado del residuo correspondiente al modelo ajustado para el cerdo vivo.

Deshaciendo la diferenciación realizada en la primera fase, haciendo el cambio  $u_t = e^{Z_t}$  y calculando antilogaritmos, se deduce finalmente el siguiente modelo para la serie

correspondiente a los precios semanales del cerdo vivo:

$$X_t = X_{t-1} \left( \frac{X_{t-1}}{X_{t-2}} \right)^{0.85} \left( \frac{X_{t-2}}{X_{t-3}} \right)^{-0.19} \left( \frac{X_{t-52}}{X_{t-53}} \right)^{0.91} \left( \frac{X_{t-53}}{X_{t-54}} \right)^{-0.77} \left( \frac{X_{t-54}}{X_{t-55}} \right)^{0.18} \frac{u_t u_{t-53}^{0.62}}{u_{t-1}^{0.68} u_{t-52}^{0.80}}$$

Con objeto de analizar el comportamiento del modelo ARIMA ajustado, se ha procedido a evaluar la bondad del ajuste de las predicciones hechas para el 2003 supuesto que los datos para dicho año eran desconocidos (figuras 8 y 9). Puede apreciarse que para las predicciones cercanas a los datos observados el ajuste resulta bastante próximo a los datos reales. Conforme nos alejamos en el tiempo la eficiencia decrece. De ahí que no sea prudente realizar predicciones a largo plazo y sea conveniente realimentar el modelo con las nuevas observaciones para incluir posibles cambios de conducta y adaptar las predicciones.

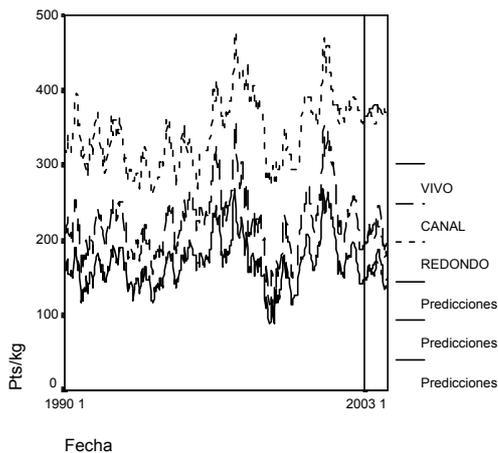


Figura 8.- Predicciones de las series del cerdo vivo, canal y jamón redondo para el año 2003 junto con sus valores observados.

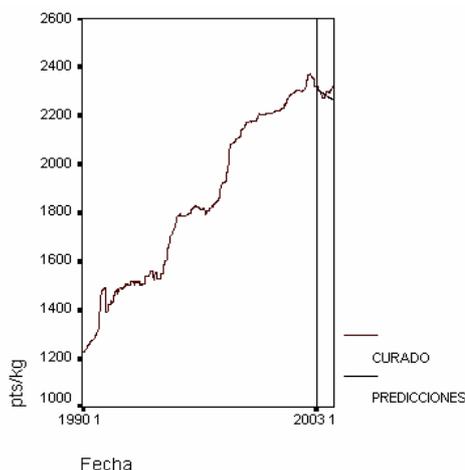


Figura 9.- Predicción de la serie del jamón curado para el año 2003 junto con sus valores observados.

### 2.3 Predicciones.

En las figuras 10 y 11 se representan las series de precios y las predicciones que se obtuvieron a partir del modelo ajustado para el año 2004.

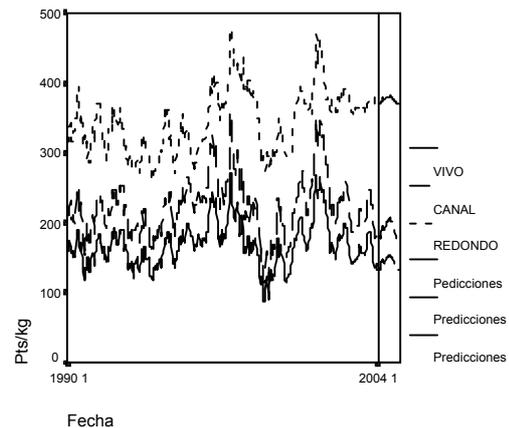


Figura 10.- Predicciones para las series del cerdo vivo, canal y jamón redondo correspondientes al 2004.

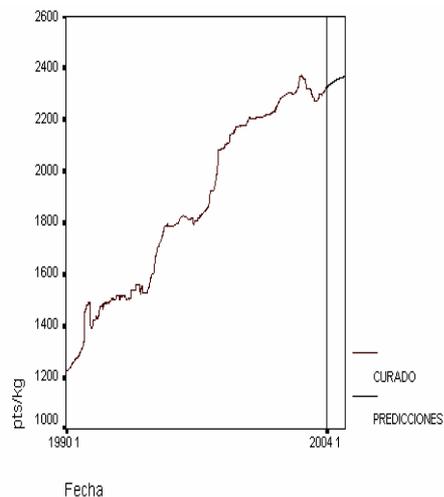


Fig. 11.- Predicciones para la serie del jamón curado obtenidas para el 2004.

Agradecimientos.

**Mi agradecimiento a los responsables de la Lonja de Lérida y de la Subdirección de Precios del Ministerio de Economía por facilitarme los datos que han hecho posible la realización de este trabajo. Mi sincero agradecimiento también a la profesora del Departamento de Matemáticas de la Universidad de**

**Extremadura Inés M<sup>a</sup> del Puerto García por sus acertadas orientaciones, útiles sugerencias e inestimable ayuda técnica.**

#### Referencias

Abraham, B. and Ledolter, J.: *Statistical methods for forecasting*. Willey, 1983.

Box, G.E.P., Jenkins, G.M. and Reinsel, G.C.: *Time Series Analysis*. Prentice-Hall, 1994.

Brockwell, P. J. and Davis, R. A.: *Time Series: Theory Methods*. Springer-Verlag, second edition, 1991.

Cleveland, W.S and Devlin, S.: *Locally weighted regression: an approach to regression analysis by local fitting*. Journal of American Statistical Association, 74, 596-610, 1988.

Cleveland, W.S., Devlin, S. and Grosse, E.: *Regression by local fitting: methods, properties and computational algorithms*. Journal of Econometrics, 37, 87-114, 1988.

Cleveland, R.B., Cleveland, W.S., McRae, J.E. and Terpenning, I.: *A seasonal-trend-decomposition procedure based on Loess (with discussion)*. J. Official Statistics, 6, 3-73, 1990.

Gentleman, R. & Jhaka, R. R.: A Language for data analysis and graphics. J. Comput. Graph. Statist. 5, 299-314, 1996.

Peña, D.: *Estadística: Modelos y métodos 2. (Modelos Lineales y Series Temporales)*. Alianza Universidad Textos, 1999.

Rodríguez Morilla, Carmen: *Análisis de series temporales*. La Muralla. Madrid, 2000.

### 3. ESTUDIOS MONOGRÁFICOS Y OPINIONES SOBRE LA PROFESIÓN

#### ENTREVISTA AL PROFESOR SIXTO RÍOS GARCÍA

**Miguel Ángel Gómez Villegas**  
Editor asociado de Estadística



En una soleada tarde del otoño madrileño le hice las siguientes preguntas a quién desarrolló la estadística y la investigación operativa en España.

¿Cuándo recibió y por dónde su Doctorado?  
Recibí mi doctorado por la Universidad Central de Madrid en 1940. Mi tesis fue

dirigida por el profesor Rey Pastor sobre “la hiperconvergencia de las integrales de Laplace Stieltjes”.

¿Qué señalaría como más notable de la Universidad en que usted se formó?  
La mezcla de excelentes profesores y de otros no tanto. El número de alumnos, ciertamente