

Estudios de Economía Aplicada  
Nº 12, 1999. Págs. 35-52

# Un modelo para la industria de papel y cartón en la Unión Europea

CHAS AMIL, M<sup>a</sup> L.

*Dpto. de Métodos Cuantitativos para a Economía e a Empresa  
Universidad de Santiago de Compostela*

Esta versión incluye todas las correcciones sugeridas por el evaluador, las cuales me han parecido oportunas y por las que le quedo muy agradecida.

## RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo ha sido modelizar la industria de papel y cartón con el fin de obtener predicciones por países de la Unión Europea de precios y cantidades demandadas, ofertadas, importadas e exportadas de los distintos tipos de papel y cartón para el periodo 1996-2005. El modelo utilizado, PELPS III (Price Endogenous Linear Programming System), es un modelo de equilibrio espacial dinámico basado en métodos econométricos y de programación matemática. Está compuesto de dos fases: una estática y otra dinámica. La solución de la fase estática se obtiene mediante un problema de programación lineal que describe la industria de papel y cartón para un año base (1996) en función de las curvas de oferta y demanda regional, obtenidas mediante métodos econométricos. En la fase dinámica, el problema de equilibrio espacial multiperiodo se rompe en una secuencia de problemas de optimización que se resuelven recursivamente.

**Palabras clave:** Papel y cartón, Unión Europea, Modelos de equilibrio parcial.

## ABSTRACT

The main objective of this study is to develop a model for the paper and paperboard industry in order to predict prices and quantities demanded and supplied in the European Union countries from 1996 to 2005. The model used, PELPS III (Price Endogenous Linear Programming System), is a spatial equilibrium model based on econometric methods and mathematical programming. It has two distinct computational phases: a static and dynamic phase. The solution of the static phase is obtained by a linear programming problem which describes the state of the sector at a given point in time. By maximizing the objective function (the net social pay-off), it gives the equilibrium quantities and the corresponding prices that clear all markets at a given point. In its dynamic phase, PELPS III breaks down a multi-period spatial equilibrium

problem into a sequence of problems. Thus, the dynamic phase is a succession of static phases, one for each period of forecast.

**Keywords:** Paper and paperboard, European Union, Partial equilibrium models.

Código UNESCO: 530202, 530203, 531208

Artículo recibido en febrero de 1999. Revisado en abril de 1999.

## **1. Introducción**

La evolución de la industria de papel y cartón tiene un impacto muy importante en los recursos forestales ya que la madera destinada a la fabricación de pasta representa el 45% de la producción de madera de la Unión Europea (UE). Dada la importancia de esta industria en el sector forestal, la modelización es de máximo interés para la planificación a largo plazo, permitiendo realizar predicciones del futuro desarrollo del mercado y las posibilidades de crecimiento de esta industria. Además, con la integración de Austria, Finlandia y Suecia, la UE ha aumentado su importancia en el mercado mundial de papel y cartón.

La modelización del sector forestal se hizo popular a finales de la década de los 70, siendo el Timber Assessment Market Model (TAMM) (Adams y Haynes, 1980) uno de los primeros modelos espaciales de mercado del sector forestal derivado del trabajo de Samuelson (1952). En este tipo de modelos las cantidades demandadas y ofertadas de todas las regiones o países, los precios y los flujos comerciales bilaterales son determinados endógenamente en la solución del modelo. Se pueden encontrar muchas aplicaciones empíricas referidas al estudio del sector forestal en general y a la industria de papel en particular. Buongiorno y Gilles (1983) presentaron un modelo del comercio internacional de productos forestales que sirvió como base del Global Trade Model (GTM) (Dykstra y Kallio 1987; Cardellichio y Adams 1990). La primera modificación nacional del GTM se llamó modelo MESTA que fue utilizado para el estudio del sector forestal finlandés. Por otra parte, el SF-GTM es el modelo más desagregado de entre todas las aplicaciones finlandesas del GTM (Ronnilla, 1995).

Varios trabajos modelizaron la industria de pasta y papel teniendo en cuenta diversos países (Buongiorno y Gilles 1984; Guder y Buongiorno 1984; Gillies y Buongiorno 1987). Con el fin de trabajar con estos modelos y facilitar la obtención de las soluciones de equilibrio de los mismos, se desarrolló un programa informático llamado PELPS III (Price Endogenous Linear Programming System) (Zhang et al., 1993, 1995). Una aplicación de PELPS es la presentada por Zhang (1992) quien investigó la capacidad de la industria norteamericana de pasta y papel. Más recientemente, hay que destacar el Global Forest Products Model (GFPM) (FAO, 1997) que engloba a casi todos los países del mundo y una gran variedad de productos forestales.

El objetivo de este trabajo ha sido modelizar la industria de papel y cartón en la UE mediante el modelo PELPS III. Este trabajo se ha estructurado como sigue. El primer apartado introduce la formulación del modelo utilizado, describiendo las particularidades de la aplicación realizada. A continuación se presenta la descripción de los modelos empíricos empleados para obtener la solución de equilibrio para el año base (1996) haciendo un análisis pormenorizado de la demanda y oferta de papel y cartón. Asimismo, se incluye la descripción de la fase dinámica (1996-2005) que presenta las variaciones observadas en la demanda, oferta y capacidad productiva. A continua-

ción se muestran algunos de los resultados de la predicción para el año 2005 y las conclusiones más destacables de este trabajo.

## 2. Especificación del modelo

El modelo empleado es PELPS III (Zhang et al., 1993) que se compone de dos fases: una estática, que describe el estado del sector en un momento del tiempo, y una dinámica, que describe los cambios de un período al siguiente. La solución de la fase estática se obtiene mediante programación lineal con determinación endógena del precio (price-endogenous linear programming) (Hazell y Norton, 1986). La fase estática resuelve un problema de programación lineal que maximiza el excedente social neto (suma del excedente del consumidor y del productor en un sector con muchas regiones y mercancías) sujeto a varias restricciones.

El equilibrio para cada año de proyección se alcanza mediante un modelo de optimización que simula los mercados internacionales. La solución del problema obtiene la producción, consumo y comercio que maximizan el valor de los productos menos el coste total de producción para todos los países y un año dado, que no es más que la suma del excedente del consumidor y del productor. La función objetivo es como sigue:

$$\max_{D_{ik}, S_{ik}} Z = \sum_i \sum_k \int_0^{D_{ik}} P_{ik}(D_{ik}) d D_{ik} - \sum_i \sum_k \int_0^{S_{ik}} P_{ik}(S_{ik}) d S_{ik} \quad (1)$$

donde  $i$  y  $k$  se refieren al país y a la mercancía respectivamente,  $P$  es el precio,  $D$  y  $S$  son la demanda y la oferta de los productos finales, que se determinan mediante técnicas econométricas.

La función de demanda de la mercancía  $k$  en la región  $i$  viene expresada de la siguiente manera:

$$D_{ik,t} = P_{ik,t}^{s_{ik}} X_{1ik,t}^{a_{ik}} X_{2ik,t}^{b_{ik}} X_{3ik,t}^{g_{ik}} D_{ik,t-1}^{h_{ik}} \quad (2)$$

En el corto plazo:

$$\frac{D_{ik}}{D_{ik}^0} = \left( \frac{P_{ik}}{P_{ik}^0} \right)^{s_{ik}} \quad \text{si } s_{ik} \neq \infty \quad \text{y} \quad P_{ik} = P_{ik}^0 \quad \text{si } s_{ik} = \infty \quad (3)$$

y  $D_{ik} \geq D_{ik}^L$

donde  $(D^0, P^0)$  es un punto de la curva de demanda,  $s$  es la elasticidad precio,  $X_1$ ,  $X_2$  e  $X_3$  son tres variables explicativas cualquiera,  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  son elasticidades respecto a  $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$  respectivamente,  $\eta$  es el coeficiente de ajuste parcial asociado a la demanda retardada un período, y  $D^L$  es el límite inferior de la demanda.

La función de oferta de la mercancía  $k$  en la región  $i$  viene expresada como:

$$S_{ik,t} = P_{ik,t}^{I_{ik}} X_{1ik,t}^{\alpha} X_{2ik,t}^{\beta} X_{3ik,t}^{\gamma} S_{ik,t-1}^{\eta} \quad (4)$$

En el corto plazo:

$$\frac{S_{ik}}{S_{ik}^0} = \left( \frac{P_{ik}}{P_{ik}^0} \right)^{I_{ik}} \quad \text{si } I_{ik} \neq \infty \quad \text{y} \quad P_{ik} = P_{ik}^0 \quad \text{si } I_{ik} = \infty \quad (5)$$

$$\text{y } S_{ik} \leq S_{ik}^U$$

donde  $(S^0, P^0)$  es un punto de la curva de oferta,  $I$  es la elasticidad precio,  $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$  son tres variables explicativas cualquiera,  $\alpha$ ,  $\beta$ , e  $\gamma$  son elasticidades respecto a  $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$  respectivamente,  $\eta$  es el coeficiente de ajuste parcial asociado a la oferta retardada un período, y  $S^U$  es el límite superior de la oferta.

Por otra parte, las restricciones se refieren al balance de materiales (6), la existencia de inercia en el comercio (7) y la limitación de la producción (8):

$$\sum_j T_{jik} + S_{ik} - D_{ik} - \sum_j T_{ijk} = 0 \quad \text{para todo } i, k \quad (6)$$

$$T_{ijk}^L \leq T_{ijk} \leq T_{ijk}^U \quad \text{para todo } i, k \quad (7)$$

$$S_{ik} \leq S_{ik}^U \quad \text{para todo } i, k \quad (8)$$

donde  $T_{jik}$  es el flujo comercial de la mercancía  $k$  desde la región  $j$  a la región  $i$ ,  $T^U$  y  $T^L$  son los límites superiores e inferiores de las exportaciones y de las importaciones y  $S_{ik}^U$  es la capacidad actual de producción de la mercancía  $k$  en el país  $i$  (límite superior de la cantidad ofertada).

Por simplificar, sólo fueron consideradas las importaciones y exportaciones totales sin prestar atención a la dirección del comercio, lo que significa que cada país exporta e importa del "mercado mundial". Por otro lado los flujos de comercio están afectados por las restricciones referidas a la inercia, de esta manera se limita el comercio en un período determinado en función de un porcentaje de variación respecto al periodo anterior que en este trabajo fue del 10%.

En la fase estática computamos, para cada año, una solución de equilibrio que nos proporciona información sobre la demanda, la oferta, el comercio y los precios de los

productos finales considerados. En la fase dinámica procedemos a la actualización de los parámetros exógenos al modelo, tales como el crecimiento del PIB, coste de las materias primas, variaciones en la capacidad de producción etc. El modelo computa entonces las cantidades y los precios de equilibrio para el siguiente período. Las fases estática y dinámica se van reiterando para cada año hasta alcanzar el horizonte de predicción. En su fase dinámica, PELPS III rompe el problema de equilibrio espacial multiperiodos en una secuencia de problemas. Es decir, el equilibrio de mercado obtenido para el año base es actualizado de un periodo al siguiente con un conjunto de relaciones recursivas.

Las curvas de demanda puede actualizarse de un período a otro con el fin de reflejar los cambios en las variables explicativas. Dados los precios y cantidades de equilibrio en el período anterior,  $P_{ik,t-1}$  y  $D_{ik,t-1}$ , la cantidad que se demandará en el período actual al mismo precio  $P_{ik,t-1}$  será:

$$D_{ik,t}^* = D_{ik,t-1} \left\{ \left( 1 + \frac{\Delta X_{1ik,t}}{X_{1ik,t-1}} \right)^{a_{ik}} \left( 1 + \frac{\Delta X_{2ik,t}}{X_{2ik,t-1}} \right)^{b_{ik}} \left( 1 + \frac{\Delta X_{3ik,t}}{X_{3ik,t-1}} \right)^{c_{ik}} \cdot \left( 1 + \frac{\Delta D_{ik,t-1}}{D_{ik,t-2}} \right)^{h_{ik}} \right\} \quad (9)$$

Así, la nueva curva de demanda a corto plazo es:

$$\frac{D_{ik,t}}{D_{ik,t}^*} = \left( \frac{P_{ik,t}}{P_{ik,t-1}} \right)^{s_{ik}} \quad (10)$$

y su nuevo límite inferior es:

$$D_{ik,t}^L = D_{ik,t-1}^L \left( 1 + \frac{\Delta D_{ik,t}^L}{D_{ik,t-1}^L} \right) \quad (11)$$

donde  $\Delta$  se refiere a cambios exógenos entre dos períodos consecutivos e  $\Delta V_t = V_t - V_{t-1}$  para cualquier variable  $V$ . Si la demanda es perfectamente elástica, variará de período a período de la siguiente manera:

$$P_{ik,t} = P_{ik,t-1} \left( 1 + \frac{\Delta X_{1ik,t}}{X_{1ik,t-1}} \right)^{a_{ik}} \left( 1 + \frac{\Delta X_{2ik,t}}{X_{2ik,t-1}} \right)^{b_{ik}} \left( 1 + \frac{\Delta X_{3ik,t}}{X_{3ik,t-1}} \right)^{c_{ik}} \quad (12)$$

De forma similar se llevaría a cabo la actualización de las curvas de oferta.

Las regiones estudiadas (todos los países de la Unión Europea y el resto del mundo) son consideradas como ofertantes y demandantes. Todos los precios y costes del modelo están expresados en dólares de EUA por lo que cualquier fluctuación en el tipo de cambio de cada país no afectará ni a los precios de los productos finales ni a los costes.

Por otro lado, el papel y cartón total es considerado un producto final. De esta manera, lo que estamos simulando es un equilibrio dinámico del sector de papel y cartón, sin considerar las interrelaciones que este sector tiene con otros sectores. Para esto, modelizamos tan solo las funciones de oferta y demanda de productos finales mediante técnicas econométricas<sup>1</sup>. Es esta una primera aproximación a las potencialidades que nos ofrece un modelo tan complejo como PELPS III, ya que su aplicación completa tiene un gran requerimiento de datos que resultan de muy difícil obtención para los países que estamos analizando.

### 3. Ecuaciones de demanda y oferta de papel y cartón

La solución de equilibrio del modelo precisa del conocimiento de elasticidades precio a largo plazo de demanda y oferta. Estas fueron obtenidas mediante modelos econométricos.

#### Modelos

Suponiendo minimización del coste bajo una tecnología Cobb-Douglas y dotando de dinamicidad al modelo mediante una hipótesis de ajuste parcial, obtenemos una función de demanda derivada de papel y cartón ( $D$ ) que se origina a partir de la demanda de productos finales manufacturados con papel y cartón:

$$\ln D_{it} = \mathbf{d}_0 + \mathbf{d}_1 \ln Y_{it} + \mathbf{d}_2 \ln P_{it} + \mathbf{d}_3 \ln D_{it-1} + \mathbf{e}_t \quad (13)$$

donde los subíndices  $i$  y  $t$  se refieren a un determinado país y año, respectivamente.  $P$  es el precio real del papel y el cartón en relación al precio de todos los demás bienes y servicios ( $P_D/P_o$ ), y  $D_{t-1}$  la demanda retardada un periodo. A pesar de que en sentido estricto la teoría se aplica a la firma, se supone que puede llevarse a cabo la agregación, de manera que la ecuación (13) pueda estimarse para un país. Es por ello que se

1. En una aplicación completa y exhaustiva de PELPS III se podría modelizar todo el ciclo fibra-pasta-papel (Zhang, 1992), considerando como materias primas tanto la madera para pasta como los diferentes tipos de papel recuperado. Además, se podría tener en cuenta la pasta maderera de mercado como producto intermedio.

ha empleado una medida de la actividad económica del país, Producto Interior Bruto (PIB) en términos reales, con el fin de medir  $Y$ .

Los coeficientes  $\delta$  son elasticidades a corto plazo a partir de las cuales pueden obtenerse las elasticidades a largo plazo de la siguiente forma:

$$\mathbf{b}_i = \frac{\mathbf{d}_i}{\mathbf{a}}, \quad \mathbf{a} = 1 - \mathbf{d}_3 \quad (14)$$

Ya que se espera que  $\alpha$  varíe entre 0 y 1, las elasticidades a largo plazo ( $\beta_1, \beta_2$ ) serán mayores o iguales que las elasticidades a corto plazo en términos absolutos, y del mismo signo. Por otra parte, las varianzas de las elasticidades a largo plazo se obtuvieron de la siguiente forma,

$$\hat{V}(h) = h_1^2 \hat{V}(\mathbf{d}_i) + h_2^2 \hat{V}(\mathbf{a}) + 2 h_1 h_2 \hat{C}(\mathbf{d}_i, \mathbf{a}) \quad (15)$$

donde,

$$h = \frac{\mathbf{d}_i}{\mathbf{a}}, \quad h_1 = \frac{\partial h}{\partial \mathbf{d}_i} = \frac{1}{\mathbf{a}}, \quad h_2 = \frac{\partial h}{\partial \mathbf{a}} = \frac{-\mathbf{d}_i}{\mathbf{a}^2}, \quad \mathbf{a} = 1 - \mathbf{d}_3, \quad \hat{V} = \text{Varianza} \quad \hat{C} = \text{Covarianza}$$

En cuanto a la oferta, suponemos minimización del coste bajo una tecnología Cobb-Douglas y que los mercados internacionales de papel y cartón tienen un comportamiento de competencia monopolística con la existencia de muchas empresas y sin limitación de entrada en la actividad. Por otra parte, las empresas compiten vendiendo productos diferenciados que son fácilmente sustituibles unos por otros pero no sustitutivos perfectos. De esta manera se deriva la función de precios,

$$\ln P_{it} = \mathbf{b}_0 + T t + R \ln Q_{it} + A \ln W_{Lit} + B \ln W_{Mit} + C \ln W_{Eit} + \mathbf{e}_{it} \quad (16)$$

donde los subíndices  $i, t$  se refieren a un determinado país y año respectivamente.  $P$  y  $Q$  indican el precio y cantidad producida, y  $t$  la tendencia temporal.  $W_L, W_M$  y  $W_E$  son los precios del trabajo, de las materias primas y de la energía. Por otra parte,  $\beta_0, T, R, A, B$  y  $C$  son constantes. En este caso se estimó la ecuación indirecta de oferta para posteriormente obtener la ecuación directa calculando los coeficientes de la misma como inversa de los coeficientes de la ecuación (16).

### Datos

Las ecuaciones de oferta y demanda fueron estimadas para el papel y cartón total (PB) utilizando datos anuales del periodo 1969-1992 para todos los países pertenecientes a la UE y el resto del mundo en su conjunto. Los datos de consumo aparente,



producción, importaciones, exportaciones y precios (media ponderada de los valores unitarios de importación y exportación) del papel y cartón se obtuvieron de FAO «Anuario de Productos Forestales» (e.g. FAO 1998). La información del PIB (en monedas de cada país), del tipo de cambio y del deflactor del PIB de Estados Unidos (base 1987) procede del Banco Mundial (1997).

Para medir el coste del trabajo se utilizó el salario medio por hora en la industria manufacturera (serie 341, Fabricación de papel y productos de papel) publicado por la Organización Internacional del Trabajo (OIT).

El precio de la pasta maderera total (suma de pasta mecánica, química y semiquímica) es el índice de precios de las materias primas. Este se calculó como media ponderada de los valores de importación y exportación utilizando como fuente estadística el «Anuario de Productos Forestales» de FAO.

El precio del petróleo se empleó como una variable proxy del coste de la energía, calculándose los valores unitarios de importación para todos los países de la UE a partir de la publicación de la ONU «International Trade Statistical Yearbook». Para el precio del petróleo en el resto del mundo, la fuente utilizada fue la publicación del Fondo Monetario Internacional (FMI) «International Financial Statistics» empleando la información del precio del petróleo en Arabia Saudí (Ras Tanura) para el periodo 1969-1984 y el promedio del precio del petróleo crudo al contado de 1985 a 1992. Tras convertir a dólares de Estados Unidos, todos los valores fueron deflactados utilizando el deflactor implícito del PIB de Estados Unidos (base 1987).

### *Estimaciones*

Para la Unión Europea, las ecuaciones de demanda y oferta fueron estimadas con un panel de datos compuesto por 24 años (1969-1992) y 14 países<sup>2</sup>. En ambos casos se prefirió un modelo de efectos fijos lo que es equivalente a la inclusión de variables ficticias que representan distintas ordenadas en el origen para cada país.

La ecuación de demanda se estimó por Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) observándose autocorrelación. La inclusión de una variable endógena retardada en el modelo junto con la presencia de autocorrelación lleva a estimadores minimocuadráticos sesgados e inconsistentes. Por este motivo, el coeficiente de correlación estimado, obtenido a partir de los residuos minimocuadráticos, es también sesgado e inconsistente. Así, los elementos de la matriz de varianzas-covarianzas del error deben obtenerse a partir de los residuos de la estimación por Variables Instrumentales (Greene 1993, p.

---

2. Debido a que FAO proporciona información conjunta de Bélgica y Luxemburgo, estos dos países fueron tratados como uno solo.

435). Posteriormente, todas las variables fueron transformadas para corregir el problema de autocorrelación de primer orden. Las nuevas variables transformadas se utilizaron para estimar los coeficientes por MCO obteniendo, de esta manera, estimadores minimocuadráticos generalizados (MCG). Los resultados de las elasticidades para la UE se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1: Elasticidades de demanda a corto plazo.  
Papel y cartón total, 1969-1992**

	<i>Elasticidades a corto plazo</i>				
	$Y_t$	$P_t$	$D_{t-1}$	$R^2$	$\rho$
. Unión Europea	0,26*** (0,04)	-0,23*** (0,04)	0,56*** (0,04)	0,98	-0,24
. Resto del mundo	0,15*** (0,07)	-0,16*** (0,07)	0,84*** (0,08)	0,97	-0,22

Nota: Las desviaciones típicas de los coeficientes están entre paréntesis.

\*\*\*, \*\*, \* indica coeficientes significativamente distintos cero al 1%, 5%, e 10% de nivel de significación.

$R^2$  = Coeficiente de determinación.

$\rho$  = Coeficiente de autocorrelación.

Todos los coeficientes tienen el signo esperado y son altamente significativos. La bondad del ajuste es muy elevada, alcanzando el 98%. La demanda es más elástica respecto al PIB ( $Y_t$ ) que al precio ( $P_t$ ). Hay un fuerte componente dinámico mostrado por el coeficiente altamente significativo asociado al consumo retardado ( $D_{t-1}$ ). Las elasticidades a largo plazo se calcularon aplicando la ecuación (14) (Tabla 2).

**Tabla 2: Elasticidades de demanda a largo plazo.  
Papel y cartón total, 1969-1992**

	<i>Elasticidades a largo plazo</i>		<i>Velocidad de ajuste</i>	<i>Años de ajuste</i>
	$Y_t$	$P_t$	$\alpha$	$\tau$
. Unión Europea	0,60*** (0,14)	-0,53*** (0,12)	0,44	4,0
. Resto del mundo	0,94 (0,90)	-1,04* (0,90)	0,16 (0,12)	13,0

Nota: Las desviaciones típicas de los coeficientes están entre paréntesis.

\*\*\*, \*\*, \* indica coeficientes significativamente distintos de cero al 1%, 5% e 10% de nivel de significación.

Velocidad de ajuste  $\alpha = 1 - d_3$

Años de ajuste:  $\tau = \ln(1 - q) / \ln(d_3)$  años, donde  $q = 0,9$  y  $d_3$  es el coeficiente del consumo retardado.

Para la estimación de la ecuación de oferta se hicieron varios supuestos sobre el comportamiento del error: (i) ausencia de correlación de corte transversal, (ii) homocedasticidad ya que en nuestro caso las varianzas son muy parecidas entre países y el resultado tras la corrección de heterocedasticidad presentaba mayores valores de la Suma de Cuadrados de Errores (SCE) que el obtenido sin hacer la corrección, y (iii) correlación de primer orden dentro de cada país con diferentes coeficientes de autocorrelación por país.

Todas las variables fueron transformadas para corregir el problema de autocorrelación de primer orden mediante la transformación de Cochrane-Orcutt. Las nuevas variables transformadas se utilizaron para estimar los coeficientes por MCO obteniendo, de esta manera, estimadores mínimo cuadrático generalizados (MCG).

La Tabla 3 recoge los resultados de la estimación de la ecuación de oferta que describe el efecto del coste de factores en el precio del papel y cartón. La bondad del ajuste es elevada ( $R^2=0,99$ ). Los coeficientes presentan el signo esperado y son altamente significativos, con la excepción del coeficiente asociado a la producción ( $Q$ ).

**Tabla 3: Ecuaciones de precios. Papel y cartón total, 1969-1992**

<i>Coefficientes de las variables independientes</i>							
	$t$	$Q_t$	$W_L$	$W_M$	$W_E$	$R^2$	$dW$
Unión Europea	-0,007*** (0,002)	0,01 (0,03)	0,30*** (0,03)	0,42*** (0,03)	0,02* (0,01)	0,99	1,66
Resto del mundo	0,01*** (0,002)	0,12*** (0,02)		0,75*** (0,04)	0,004 (0,03)	0,99	1,24

Nota: Las desviaciones típicas de los coeficientes están entre paréntesis.

\*\*\*, \*\*, \* indica coeficientes significativamente distintos cero al 1%, 5% e 10% de nivel de significación.

$R^2$  = Coeficiente de determinación.

$dW$  = Test Durbin-Watson.

El coeficiente asociado a la energía es muy pequeño, indicando una baja influencia de esta variable en la evolución de los precios del papel y cartón. Los coeficientes que muestran la relación entre el precio de los materiales (pasta) y del trabajo con el precio del papel y cartón toman valores muy elevados y altamente significativos. La tendencia temporal, además de ser significativamente distinta de cero, presenta el signo esperado e indica que en el período estudiado los incrementos en la productividad debido a cambios tecnológicos han provocado la disminución del 0,7% anual en el precio real del papel y el cartón. El coeficiente asociado al output  $Q$  es positivo, pero toma un valor muy pequeño y no es significativamente distinto de cero. Este resultado indica

que nos encontramos ante una curva directa de oferta con elasticidad precio infinita, es decir, una curva de oferta horizontal.

Para el área geográfica denominada "resto del mundo" se utilizaron datos anuales del período 1969-1992. Las ecuaciones de demanda y oferta (Tablas 1-3) fueron estimadas por MCO. Destaca el gran peso del consumo retardado en la evolución del consumo actual (Tabla 2), de lo que se deriva un largo periodo de ajuste del consumo a modificaciones en las otras variables. En este sentido hay que destacar que el «resto del mundo» está compuesto por un grupo muy amplio y heterogéneo de países, hecho que está provocando una pérdida de precisión en las conclusiones.

#### 4. Predicción (1996- 2005)

El modelo descrito fue utilizado para realizar proyecciones del desarrollo futuro del mercado de papel y cartón en la UE para el periodo 1996-2005. A continuación se presentan los supuestos utilizados para el periodo de predicción y los resultados obtenidos.

##### *Escenarios*<sup>3</sup>

En el modelo los precios del papel y cartón son determinados endógenamente por lo que no es necesario hacer ningún tipo de supuesto con respecto a su evolución futura. No obstante, es imprescindible desarrollar un escenario que simule la evolución de las variables exógenas.

El escenario base para el PIB y el periodo 1996-2000 fue la predicción realizada por la Comisión Europea (1998)<sup>4</sup> para 1999 y los países de la UE. Mientras que para el periodo 2000-2005 se supuso que las tasas de crecimiento del PIB en términos reales tienden a converger en los países de la UE, aunque algunos países, con tasas de crecimiento más elevadas, tenderán a seguir creciendo más rápido hasta el año 2005. En cuanto al resto del mundo, se utilizó el escenario de referencia del PIB real mundial empleado por el Fondo Monetario Internacional (1997).

La situación es más compleja cuando nos enfrentamos a la actualización de las ecuaciones de oferta ya que estas incluyen muchas variables exógenas cuya evolución es difícil de prever. Para las predicciones del precio del petróleo, se utilizó el escenario a corto plazo del Fondo Monetario Internacional (1997) que hace referencia a los pre-

---

3. Para una descripción más pormenorizada de los escenarios ver Chas (1998).

4. Commision Services. «The Community Economy in 1997-1999. Spring 1998 Economic Forecasts».

cios mundiales en dólares de EUA. Esa misma fuente muestra, hasta 1998, la evolución de la remuneración por hora de trabajo para algunos países como Alemania, Francia, Italia y el Reino Unido. A los restantes países de la UE se les asignó la variación correspondiente a la UE en su conjunto. Además se consideró que la tasa media anual de variación del periodo 1996-2000 sería igual a la tasa observada en el periodo 1996-1998. Mientras que la tasa media de variación en el periodo 2000-2005 se supuso igual a la del periodo 1992-1998.

Para la obtención del escenario de los precios de la pasta maderera se supuso que la evolución en el periodo de predicción va a ser similar a la observada en los últimos 11 años (1985-1996), escogiéndose este periodo por incluir un ciclo completo en la variación del precio de la pasta. En cuanto a la evolución futura de la capacidad de producción, se utilizó la publicación de FAO «Capacidades de pasta y papel».

## **5. Resultados de la predicción**

Las predicciones que se presentan solo incluyen los resultados más importantes junto con algunos valores reales, con el fin de mostrar la tendencia histórica observada en las últimas décadas.

Las Tablas 4-7 muestran la evolución, en el periodo 1969-2005, del consumo, producción, exportaciones e importaciones de papel y cartón para el escenario base. Todas ellas proporcionan datos para todos los países de la Unión Europea, el resto del mundo y, obtenidos como suma, el total de la UE y el total mundial.

El consumo de papel y cartón total presenta una tendencia creciente aunque, generalmente, ralentizada con respecto a la evolución observada en las décadas anteriores (Tabla 4). El consumo mundial de papel y cartón alcanzará, según nuestras predicciones, los 309 millones de toneladas en el año 2005, observando un crecimiento, en el periodo 1996-2005, de un 1,15%. La UE muestra un mayor crecimiento que otras áreas del mundo, alcanzando los 73 millones de toneladas. En este crecimiento destacan, entre otros, aquellos países de la UE con un menor consumo per cápita, España, Portugal, Grecia e Irlanda. Por supuesto, el resultado para Irlanda viene determinado, en gran medida, por el elevado crecimiento del PIB que se supone en el periodo.

Como el consumo, la producción en la UE presenta un crecimiento medio en el periodo 1996-2005 superior al del resto del mundo (2,10% frente a un 0,70%), hecho que resalta la gran importancia de Europa en la producción mundial de papel y cartón. Hay que destacar, no obstante, que la falta de una desagregación mayor en el bloque "resto del mundo" hace que no seamos capaces de medir la creciente importancia de otras áreas geográficas, como Asia, en la evolución de la producción mundial. Esta alcanzará en el 2005 los 313 millones de toneladas, mientras que la UE cerca de los 85 millones de toneladas, cantidad que representa el 27% del total mundial (Tabla 5).

**Tabla 4: Proyecciones: Consumo de papel y cartón (escenario base).  
(Miles de toneladas)**

	<i>Real</i>			<i>Proyecciones</i>		<i>Tasa de crecim. anual acumulativo (%)</i>	
	1970	1980	1990	1996	2005	1970-1990	1996-2005
Alemania	7.677	9.628	16.086	15.184	17.337	3,77	1,48
Austria	608	945	1.283	1.505	1.663	3,81	1,12
Bélg-Lux.	1.042	1.358	2.054	2.489	3.257	3,45	3,03
Dinamarca	752	728	1.283	1.147	1.304	2,71	1,44
España	1.452	2.700	4.341	5.427	6.650	5,63	2,28
Finlandia	726	1.104	1.272	2.098	2.801	2,84	3,26
Francia	4.891	6.196	8.724	9.105	10.932	2,94	2,05
Grecia	192	424	763	976	1.138	7,14	1,72
Holanda	1.832	2.183	3.092	3.214	3.787	2,65	1,84
Irlanda	209	255	353	675	964	2,66	4,04
Italia	3.648	5.295	6.930	8.188	8.585	3,26	0,53
Portugal	286	395	786	888	1.110	5,18	2,51
Reino Unido	6.906	6.833	9.321	11.208	11.114	1,51	-0,09
Suecia	1.538	1.739	2.144	2.000	2.268	1,67	1,41
Resto mundo	94.116	129.125	181.316	214.663	236.043	3,33	1,06
UE	31.759	39.783	58.432	64.104	72.910	3,10	1,44
Mundo	125.875	168.908	239.748	278.767	308.953	3,27	1,15

**Tabla 5: Proyecciones: Producción de papel y cartón (escenario base).  
(Miles de toneladas)**

	<i>Real</i>			<i>Proyecciones</i>		<i>Tasa de crecim. anual acumulativo (%)</i>	
	1970	1980	1990	1996	2005	1970-1990	1996-2005
Alemania	5.598	7.580	13.224	14.733	17.095	4,39	1,67
Austria	1.017	1.616	2.932	3.654	5.339	5,44	4,30
Bélg-Lux.	772	864	1.196	1.433	1.433	2,21	0,00
Dinamarca	296	225	335	345	383	0,62	1,17
España	1.281	2.566	3.446	3.767	4.241	5,07	1,33
Finlandia	4.266	5.919	8.777	8.531	14.828	3,67	3,97
Francia	4.134	5.152	7.049	10.441	11.746	2,70	3,62
Grecia	125	307	355	750	923	5,36	2,33
Holanda	1.596	1.701	2.770	2.987	3.755	2,80	2,58
Irlanda	95	55	35	36	75	-4,87	8,50
Italia	3.549	4.934	5.587	6.955	6.713	2,29	-0,39
Portugal	220	463	780	1.027	888	6,53	-1,60
Reino Unido	4.903	3.788	4.824	6.189	6.430	-0,08	0,43
Suecia	4.359	6.182	8.419	9.039	10.642	3,35	1,83
Resto mundo	94.270	128.868	180.081	214.498	228.394	3,29	0,70
UE	32.211	41.352	59.729	69.887	84.491	3,14	2,13
Mundo	126.481	170.220	239.810	284.385	312.885	3,25	1,07

La Tabla 6 muestra las proyecciones de las exportaciones para todos los países considerados. Las exportaciones mundiales alcanzarán los 82 millones de toneladas, mientras que las de la UE serán de cerca de 45 millones de toneladas, cantidad que supone más del 50% de las exportaciones mundiales de papel y cartón. En estas exportaciones siguen teniendo un papel predominante Suecia, Finlandia, Alemania y Austria, países que presentan una tendencia creciente hasta el año 2005.

**Tabla 6: Proyecciones: Exportaciones de papel y cartón (escenario base). (Miles de toneladas)**

	<i>Real</i>		<i>Proyecciones</i>			<i>Tasa de crecim. anual acumulativo (%)</i>	
	1970	1980	1990	1996	2005	1970-1990	1996-2005
Alemania	578	1.692	4.150	6.319	7.727	10,36	2,26
Austria	522	886	2.185	3.030	4.389	7,42	4,20
Bélg-Lux.	372	481	924	1.015	953	4,65	-0,70
Dinamarca	48	121	218	242	234	7,86	-0,37
España	29	160	526	515	414	15,59	-2,40
Finlandia	3.559	4.868	7.634	8.529	12.164	3,89	4,02
Francia	387	1.064	2.116	2.523	3.332	8,87	3,14
Grecia	6	44	56	25	31	11,82	2,42
Holanda	591	953	2.099	2.915	2.317	6,54	2,14
Irlanda	25	22	28	36	27	0,57	-3,15
Italia	320	501	1.111	1.790	1.883	6,40	0,56
Portugal	12	144	289	630	472	17,75	-3,16
Reino Unido	230	466	1.100	1.366	1.538	8,14	1,33
Suecia	2.940	4.626	6.613	7.483	8.727	4,14	1,72
Resto mundo	13.771	19.081	26.610	38.573	37.284	3,35	-0,38
UE	9.619	16.028	29.049	35.418	44.208	5,68	2,49
Mundo	23.390	35.109	55.659	73.991	81.492	4,43	1,08

Por otra parte, la Tabla 7 sugiere que la Unión Europea se está consolidando en su rol de exportador neto a nivel mundial, ya que la diferencia entre exportaciones e importaciones ha ido en aumento, superando los 11 millones de toneladas en el año 2005. En contraposición, el déficit comercial del "resto del mundo" sigue empeorando en el periodo de predicción, presentando un crecimiento de las importaciones en esta área geográfica, en el período 1996-2005, superior al de la UE (1,66% frente a 1,07%).

**Tabla 7: Proyecciones: Importaciones de papel y cartón (escenario base).  
(Miles de toneladas)**

	<i>Real</i>		<i>Proyecciones</i>			<i>Tasa de crecim. anual acumulativo (%)</i>	
	<i>1970</i>	<i>1980</i>	<i>1990</i>	<i>1996</i>	<i>2005</i>	<i>1970-1990</i>	<i>1996-2005</i>
Alemania	2.657	3.740	7.012	6.770	7.969	4,97	1,83
Austria	113	215	536	881	713	8,14	-2,32
Bélg-Lux.	643	975	1.782	2.071	2.777	5,24	3,31
Dinamarca	504	625	1.166	1.044	1.155	4,28	1,13
España	200	294	1.421	2.175	2.823	10,30	2,94
Finlandia	19	53	129	186	137	9,77	-3,34
Francia	1.144	2.109	3.791	3.097	2.518	6,17	-2,27
Grecia	73	161	464	251	246	9,69	-0,22
Holanda	827	1.435	2.421	2.142	2.349	5,52	1,03
Irlanda	139	222	346	675	916	4,67	3,45
Italia	420	861	2.454	3.023	3.755	9,23	2,44
Portugal	76	76	295	491	694	6,95	3,92
Reino Unido	2.233	3.511	5.597	6.385	6.222	4,70	-0,29
Suecia	119	182	338	444	353	5,36	-2,52
Resto mundo	13.617	19.338	27.845	38.738	44.933	3,64	1,66
UE	9.167	14.459	27.752	29.635	32.627	5,69	1,07
Mundo	22.784	33.797	55.597	68.373	77.650	4,56	1,41

## 6. Conclusiones

El objetivo de este trabajo ha sido modelizar la industria de papel y cartón en la UE con el fin de obtener predicciones por países de precios y cantidades demandadas, ofertadas, importadas y exportadas de papel y cartón. Este acercamiento formalizado al sector se hace necesario para analizar su comportamiento y predecir el futuro desarrollo del mercado y las posibilidades de crecimiento de esta industria. Este es un ejercicio imprescindible si se desea planificar a medio y largo plazo la necesidad de recursos del sector y la repercusión que su crecimiento pueda tener a nivel mundial.

Esta aplicación intenta aproximarnos al sector en la UE a través del modelo PELPS III. Hemos obtenido predicciones para las principales magnitudes hasta el año 2005 aunque hay que tener en cuenta que los resultados dependen de una serie de supuestos, parámetros y datos que todavía no son bien conocidos. A pesar de lo cual, parece que la metodología utilizada nos permite sentar las bases para un estudio en más profundidad de esta industria.



## 7. Bibliografía

- ADAMS, D.M. y HAYNES R.W. (1980): «The 1980 softwood timber assessment market model: Structure, projections, and policy simulations». *Forest Science Monograph* 22. 64 p.
- BANCO MUNDIAL. (1997): World Tables. 655 p.
- BUONGIORNO, J. y GILLES J.K. (1983): A model of international trade of forest products (GTM-1). *IIASA Working Paper-83-63*. 24 p.
- BUONGIORNO, J. y GILLES J.K. (1984). «A model of international trade of forest products, with an application to newsprint». *Journal of World Forest Resources Management*, Vol. 1, pg. 65-80.
- CARDELLICCHIO, P.A. y ADAMS D.M. (1990): «An appraisal of the IIASA model of the global forest sector: Advances, shortcomings, and implications for future research». *Forest Science*, Vol. 30, N° 2, pg. 343-357.
- CHAS AMIL. M.L. (1998): A indústria de papel e cartón na União Europeia: Un modelo cuantitativo. Tesis Doctoral. Universidade de Santiago de Compostela. 389 p.
- DYKSTRA, D. y KALLIO, M. (1987) *Introduction to the IIASA forest sector model*. En M. Kallio, D. Dykstra y C. Binkley (Eds.) *The global forest sector: An analytical perspective*. John Wiley & Sons. Pg. 224-252.
- FAO. (1969-1996): Anuario de Productos Forestales.
- FAO. (1969-1997): Capacidades de pasta y papel.
- FAO. (1997): FAO provisional outlook for global forest products, consumption, production and trade to 2010. Roma. 390 p.
- FONDO MONETARIO INTERNACIONAL. (1996): International Financial Statistics.
- FONDO MONETARIO INTERNACIONAL. (1997): Perspectivas de la Economía Mundial. Mayo 1997.
- GILLES, J.K. y BUONGIORNO J. (1987): PAPHYRUS: A model of the North American pulp and paper industry. *Forest Science. Monograph* 28. 37 p.
- GREENE, W.H. (1993): *Econometric analysis*. McMillan Publishing Company. Nueva York. 791 p.
- GUDER, F. y BUONGIORNO J. (1984): «An interregional analysis of the North American newsprint industry». *Interfaces*, Vol. 14, N° 5, pg. 85-95.
- HAZELL, P.B.R. y NORTON R.D. (1986): *Mathematical programming for economic analysis in agriculture*. McMillan. Nueva York. 400 p.
- ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO. (1970-1994): Anuario de Estadísticas del Trabajo.

- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. (1969-1992): International Trade Statistical Yearbook.
- RONNILA M. (1995): Medium-term scenarios for the Finnish pulp and paper industry. IIASA. WP-95-38. 104 p.
- SAMUELSON, P. (1952): «Spatial equilibrium and linear programming». *American Economic Review*, Vol. 42, pg. 283-303.
- ZHANG, D. (1992): Modeling the impact of increased wastepaper recycling on the North American pulp and paper industry. Ph.D. Dissertation. Department of Forestry. University of Wisconsin-Madison. 164 p.
- ZHANG, D., BUONGIORNO J. y INCE P.J. (1993): PELPS III A Microcomputer Price Endogenous Linear Programming System for Economic Modeling. Ver. 1.0. USD Forest Service. Research Paper FPL-RP-526. 43 p.
- ZHANG, D., BUONGIORNO J. y INCE P.J. (1995). PELPS III A Microcomputer Price Endogenous Linear Programming System for Economic Modeling. Ver. 1.1 Addendum to Ver. 1.0. 10 p.