

# IMPORTACIONES, CICLO ECONÓMICO Y COMPETITIVIDAD: UNA APROXIMACIÓN NO LINEAL

**ESTEFANÍA MOURELLE**  
**JOSÉ RAMÓN CANCELO**

Universidad de La Coruña

El estudio de series de tiempo económicas se ha apoyado de manera sustancial en la metodología lineal al asumir simetría en el comportamiento de las variables. Sin embargo, bajo determinadas circunstancias la teoría y/o los datos pueden sugerir que una determinada serie está generada por un proceso no lineal, por ejemplo debido a la influencia del

carácter asimétrico del ciclo económico. Ante esta situación se debe recurrir a modelos capaces de captar el comportamiento no lineal.

El posible carácter asimétrico del ciclo económico se ha contemplado en la literatura desde hace tiempo, destacando los primeros trabajos de Mitchell (1913), Keynes (1936) o Hicks (1950), y el decisivo artículo de Neftçi (1984). Más recientemente, múltiples trabajos empíricos han confirmado cómo la evolución asimétrica del ciclo induce una conducta no lineal en las variables observadas; los artículos de Öcal y Osborn (2000), Sensier y otros (2002), y Skalin y Teräsvirta (2002) tratando diferentes variables macroeconómicas constituyen ejemplos de ello.

El presente trabajo analiza las importaciones españolas de bienes, una variable fomentadora e incluso motriz del desarrollo de una economía. Su estudio se ha centrado, en la práctica totalidad de las investigaciones, en la evaluación del efecto del comercio exterior en la actividad económica, el examen de funciones de demanda agregada, y la determinación de elasticidades renta y precio (ver Bajo y Montero 1995, Buisán y Gordo 1997, Doménech y

Taguas 1997). La posible influencia de la asimetría del ciclo apenas se ha tomado en consideración, con la excepción de los trabajos de Escribano (1999), Cancelo y Mourelle (2005) y Mourelle y Cancelo (2009).

El objetivo de este trabajo reside en investigar la posible existencia de comportamientos no lineales relacionados con el ciclo económico en las importaciones españolas de bienes. Dos cuestiones clave motivan nuestra investigación: detectar si existe evidencia empírica de no linealidad relacionada con asimetrías cíclicas en las importaciones españolas de bienes y, en caso afirmativo, determinar cuál es la naturaleza subyacente de dichas asimetrías. Contemplamos que el carácter no lineal de las importaciones puede deberse a factores idiosincrásicos específicos de éstas o a factores exógenos vinculados al estado cíclico de la economía, dado el crucial papel que juega el comercio internacional en la actividad económica.

Las importaciones se muestran sensibles al estado del ciclo, por lo que resultan candidatas naturales para revelar determinados rasgos de la economía relativos a la dependencia del régimen. La economía es-

pañola presenta una elevada propensión a importar y, en las tres últimas décadas, se ha incrementado la ponderación de las importaciones españolas de bienes y servicios sobre el PIB; como principales causas se encuentran la progresiva apertura al exterior y la creciente importancia del comercio intraindustrial, especialmente dependiente del nivel de renta.

La evolución temporal de las importaciones viene determinada, fundamentalmente, por el nivel de actividad económica (medido a través del PIB) y la competitividad de los bienes comercializados (precios domésticos *versus* precios de importación), además de su propia evolución reciente. Por tanto, PIB y precios relativos de importación definen la dinámica de las importaciones; además, el PIB también se considera un potencial causante de la asimetría de éstas, por lo que juega así un doble papel en nuestro trabajo.

Nuestra investigación contempla modelos con transición suave para captar la posible asimetría en la evolución cíclica de las importaciones; la justificación de esta elección se detallará más adelante. La formulación con transición suave que permite incluir variables explicativas en la dinámica es la regresión con transición suave (STR, *Smooth Transition Regression*). La especificación de este modelo requiere que exista una relación de largo plazo entre las variables implicadas, lo cual se detecta aplicando un procedimiento de cointegración. En caso de que éste evidencie una relación lineal de largo plazo entre las importaciones y las variables determinantes de su comportamiento, el presente trabajo cuestionará en qué medida las desviaciones de corto plazo de las importaciones respecto a esta situación de equilibrio exhiben una dinámica lineal o no lineal.

La organización de este trabajo es la siguiente. La sección dos introduce los fundamentos del modelo STR y su procedimiento de determinación. La sección tres se destina a exponer y discutir los resultados obtenidos en el examen de las importaciones españolas de bienes: se introducen los datos, se interpreta y evalúa el modelo estimado, y se desarrolla un análisis estructural del mismo. La sección cuatro presenta las principales conclusiones.

## METODOLOGÍA EMPLEADA

### El modelo STR

La teoría económica considera que la economía puede comportarse de modo diferente en función de la región en que se halle una determinada variable. Las especificaciones incorporarían así cambios de régimen y el proceso generador de datos a modelizar sería lineal con cambio entre un determinado número de regímenes de acuerdo con algún criterio.

La literatura contempla con frecuencia que el cambio en los parámetros de un régimen a otro es suave a lo largo del tiempo, por razones de agregación y de permitir un continuo de estados intermedios entre dos extremos. Los modelos de regresión con transición suave (ST, *Smooth Transition*) pertenecen a la familia de los modelos dependientes del estado, una linealización local de los modelos generales no lineales. En un modelo con transición suave se caracteriza el régimen como una función continua de una variable explicativa, de manera que se permite la existencia de interacciones entre variables y la posibilidad de estados intermedios entre los regímenes extremos.

La elección de esta clase de modelos se justifica, entre otros, por los siguientes motivos: poseen una flexibilidad que les permite captar una gran variedad de comportamientos no lineales; permiten explorar el número y la naturaleza de los regímenes relevantes; su estructura es más tradicional que en otras alternativas no lineales, existiendo una estrategia de modelización bien estructurada; se pueden emplear técnicas de inferencia no lineal estándar; y, al ser modelos localmente lineales, su interpretación resulta más sencilla. Para un mayor detalle sobre las transiciones suaves, véase Granger y Teräsvirta (1993), Teräsvirta (1994, 1998), van Dijk y otros (2002), y Sensier y otros (2002).

En este trabajo se emplea la mayor generalización de la especificación ST: el modelo de regresión con transición suave o STR, caracterizado por presentar una estructura endógena e introducir, asimismo, variables exógenas.

Consideremos  $\{y_t\}$  un proceso estacionario y ergódico, y, sin pérdida de generalidad, una única variable explicativa  $x_t$ . La expresión del modelo STR en forma vectorial es la siguiente:

$$y_t = w_t' \pi + (w_t' \theta) F(s_t; \gamma, c) + u_t \quad (1)$$

donde  $w_t = (1, y_{t-1}, \dots, y_{t-p_1}; x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-p_2})'$  es el vector de regresores  $\pi = (\pi_0, \pi_1, \dots, \pi_p)'$ , y  $\theta = (\theta_0, \theta_1, \dots, \theta_p)'$  son los vectores de parámetros ( $p = p_1 + p_2 + 1$ ), y  $\{u_t\}$  es una secuencia de perturbaciones independientes e idénticamente distribuidas,  $u_t \sim Niid(0, \sigma^2)$ .

La función de transición  $F(s_t; \gamma, c)$  es monótona continua y sus valores oscilan, por convención, entre 0 y 1 (Teräsvirta y Anderson 1992). El régimen existente en el momento  $t$  viene determinado por la variable de transición  $s_t$  y el valor asociado a  $F(s_t; \gamma, c)$ . La variable de transición puede ser un retardo de la variable explicativa  $x_t$ , un retardo de  $y_t$  o cualquier otra variable distinta de éstas.

El modelo STR conecta dos componentes lineales a través de la función de transición; la caracterización de los regímenes extremos y la transición entre ambos dependen así de cuál sea la función empleada. Las

formulaciones más usuales en la literatura son las funciones logística y exponencial, las cuales vienen dadas, respectivamente, por

$$F(s_t) = \frac{1}{1 + \exp[-\gamma(s_t - c)]}, \quad \gamma > 0 \quad (2)$$

$$F(s_t) = 1 - \exp[-\gamma(s_t - c)^2], \quad \gamma > 0 \quad (3)$$

A (1) con (2) se le denomina modelo de regresión con transición suave logística o LSTR (*Logistic STR*); la expresión (1) con (3) define el modelo de regresión con transición suave exponencial o ESTR (*Exponential STR*).

La expresión (2) refleja una función monótona creciente de  $s_t$  y siempre continua para cualquier valor de la variable de transición; se caracteriza por  $F(-\infty) = 0$  y  $F(\infty) = 1$ . El parámetro de posición o umbral (entre los dos regímenes)  $c$  satisface que cuando  $s_t = c$ ,  $F(s_t) = 0.5$ , de manera que en la práctica los regímenes extremos están dados por valores de la variable muy inferiores y muy superiores a  $c$ .

La función exponencial (3) es simétrica alrededor de  $c$ ,  $F(c) = 0$ ; así los dos regímenes extremos son el régimen interior, con  $s_t = c$  y  $F(s_t) = 0$ , y el régimen exterior que se obtiene para valores de  $s_t$  muy alejados de  $c$  ( $s_t \rightarrow \pm\infty$ ) y  $F(s_t) = 1$ .

Contamos con un parámetro de suavizado o de pendiente  $\gamma$  ( $\gamma > 0$ ), que determina la rapidez con que se produce la transición de un régimen extremo al otro: si el valor de  $\gamma$  es muy alto, la transición se produce de forma rápida, mientras que si  $\gamma \rightarrow 0$ , la transición es muy lenta.

Los modelos LSTR y ESTR describen tipos bastante diferentes de comportamiento de la variable estudiada. La especificación logística supone que  $F(s_t)$  es una función monótona creciente del retardo de transición, lo que implica que la dinámica asociada a valores de  $s_t$  mucho mayores que el parámetro de posición  $c$  es muy diferente de la dinámica asociada a valores muy por debajo de  $c$ . En el caso del modelo ESTR, por el contrario, sólo es importante la distancia en valor absoluto al parámetro de posición.

En general, la familia de modelos STR constituye una potente herramienta para modelizar la no linealidad del ciclo económico.

### Procedimiento de modelización

Box y Jenkins (1970) propusieron un procedimiento de modelización para procesos lineales que se puede trasladar en gran parte a un contexto de modelos no lineales. Las etapas que lo integran son: especificación, estimación y evaluación del modelo. Siguiendo esta línea, Teräsvirta (1994) propone una estrategia de mo-

delización para procesos de transición suave univariantes que consiste, fundamentalmente, en completar las tres etapas mencionadas. Este procedimiento también es válido para modelos STR.

El punto de partida de la modelización es la determinación del modelo lineal para la serie bajo estudio. Una vez estimado el modelo lineal, se contrasta su adecuación para explicar el comportamiento de la serie analizada frente a la alternativa STR. En caso de rechazo se determina una especificación preliminar del modelo no lineal; en esta etapa se selecciona el retardo de transición adecuado y la forma de la función de transición. Posteriormente se procede a estimar los parámetros del modelo STR por mínimos cuadrados no lineales.

Este es el procedimiento tradicional de especificación y estimación de modelos con transición suave, del cual Teräsvirta (1994, 1998, véase también Granger y Teräsvirta 1993) es el principal exponente. Sin embargo, la literatura empírica reciente no sigue de manera tan estricta esta estrategia. Por una parte los contrastes son poco concluyentes debido a problemas de potencia; por otra parte se puede realizar una búsqueda extensiva entre una amplia gama de especificaciones alternativas, y hacer menos énfasis en las etapas iniciales del proceso de modelización a cambio de prestar una mayor atención a la validación del modelo finalmente propuesto (van Dijk y otros 2002).

Siguiendo esta idea, autores como Öcal y Osborn (2000) y, en particular, Sensier y otros (2002), y Mejía-Reyes y otros (2003) plantean un procedimiento alternativo al de Teräsvirta (1994). El proceso consiste en definir una red de búsqueda para  $(\gamma, c)$  a lo largo de los potenciales valores de  $c$ ; la combinación que minimice la suma de cuadrados de los residuos proporcionará los valores de  $\gamma$ ,  $c$  y  $d$  para una estimación inicial de la función de transición. Los restantes parámetros del modelo se estiman condicionados al valor de ésta.

Una vez estimado el modelo STR es necesario evaluar sus propiedades para comprobar si describe adecuadamente la evolución de la variable estudiada. Los contrastes empleados en este trabajo son los usuales en modelos dinámicos; asimismo, se calculan los tres contrastes de validación que Eitrheim y Teräsvirta (1996) derivaron específicamente para procesos con transición suave.

Por último, presentamos un análisis estructural del modelo STR estimado; a partir de éste se puede determinar el modo en que su dinámica difiere de la de un ajuste lineal a la misma serie de tiempo. En este trabajo el análisis estructural consiste en definir e interpretar las trayectorias teóricas que seguiría la variable bajo estudio en respuesta al comportamiento de las variables explicativas según los modelos no lineal y lineal estimados. Este ejercicio permitirá apreciar el efecto inmediato (en signo y cantidad) del cambio en las importaciones y cómo éstas retornan a su senda de equilibrio.

## DETALLE DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

### Presentación y tratamiento de los datos

Los datos empleados corresponden a las importaciones españolas de bienes a precios constantes, Producto Interior Bruto y precios relativos de las importaciones entre 1987:01 y 2004:04 (fuente: Contabilidad Nacional Trimestral base 1995, Instituto Nacional de Estadística). Estas cifras están corregidas de estacionalidad y calendario, y se utiliza su transformación logarítmica.

Con el fin de comprobar en qué medida los procedimientos de desestacionalización pueden influir en la modelización de las asimetrías cíclicas y, en definitiva, examinar la robustez de los resultados del análisis de no linealidad en las importaciones, los autores realizaron un estudio previo con datos sin corregir de estacionalidad (Mourelle y Cancelo, 2009). El presente trabajo permitirá evidenciar si el uso de datos desestacionalizados altera de forma sustancial los resultados previamente obtenidos sobre la dinámica de importaciones y su posible relación no lineal con el ciclo económico.

El estudio de la evolución de las importaciones requiere de un tratamiento estadístico previo de la información. Este examen se basa en tres puntos: análisis de estacionariedad de las variables, existencia de relaciones de cointegración y exogeneidad de los regresores.

En primer lugar, las series que intervienen en el estudio han de ser estacionarias, característica que se evalúa mediante contrastes de raíces unitarias. Debido a que el centro de atención de este trabajo es el análisis de las importaciones, la búsqueda de raíces unitarias constituye un paso previo y exploratorio en el estudio, no un fin en sí misma. Por ello empleamos contrastes de raíces unitarias tradicionales, en particular el contraste Dickey-Fuller Aumentado (ADF). La aplicación empírica revela que con ninguna de las tres variables se rechaza la hipótesis nula de presencia de una raíz unitaria, por lo que se aplicarán diferencias regulares sobre ellas.

Las técnicas de cointegración también se contemplan como una herramienta para examinar el comportamiento de largo plazo, por lo que utilizamos metodología estándar. En este sentido se adopta la estrategia de Johansen (1995) para determinar si existe, al menos, una relación de largo plazo entre importaciones, PIB y precios relativos, de manera que estas dos últimas variables influyan en la primera pero las importaciones no lo hagan en aquéllas.

Los resultados obtenidos indican que existe una única relación de equilibrio entre importaciones, PIB y precios relativos de importación; las importaciones se muestran elásticas respecto a PIB y precios, con signo positivo en el primer caso y negativo en el segundo.

Estos resultados concuerdan con la teoría económica y con los que generalmente se han alcanzado en la literatura (Buisán y Gordo 1997, Doménech y Taguas 1997, Dutta y Ahmed 1999).

La elasticidad de las importaciones respecto al PIB toma un valor cercano a dos, lo cual indica que las variaciones de éste generan cambios más que proporcionales en aquéllas. La elasticidad aproximadamente unitaria respecto al precio relativo implica una respuesta proporcional pero en sentido contrario de las importaciones si se altera la competitividad de los bienes.

Por último, los regresores han de cumplir el supuesto de exogeneidad. El contraste empleado es el de Wu (1973), posteriormente generalizado en Hausman (1978). Su aplicación determina que las variables PIB y precios relativos satisfacen el requisito de exogeneidad.

Si bien por motivos de brevedad no se exponen, los resultados de estas tres pruebas se encuentran disponibles por parte de los autores.

### Resultado de la estimación no lineal

Una vez efectuado el tratamiento estadístico de los datos se procede a determinar las especificaciones lineales que describen la evolución de las importaciones. Las expresiones de los modelos (lineales y no lineales) son mecanismos de corrección del error con el fin de recoger tanto efectos de corto como de largo plazo en los datos.

Los modelos incorporan un número inicial máximo de retardos ( $p$ ) de las variables diferenciadas, así como los niveles de las tres variables en el momento de tiempo  $t-1$  y un término constante. El máximo valor de  $p$  contemplado es 4.

Los modelos lineales se estiman por Mínimos Cuadrados Ordinarios, incluyendo al comienzo todos los parámetros y eliminando sucesivamente aquellos retardos no significativos a un nivel de 0.05. El modelo final es el siguiente:

$$\begin{aligned} \Delta m_t = & -2.34 + 1.81 \Delta \text{PIB}_t + 2.10 \Delta \text{PIB}_{t-1} + \\ & + 1.50 \Delta \text{PIB}_{t-2} + 0.75 \Delta \text{PIB}_{t-3} + 0.81 \Delta \text{PIB}_{t-4} - \\ & - 0.58 \Delta p_t + 0.19 \Delta p_{t-1} + 0.48 \Delta p_{t-2} + \\ & + 0.37 \Delta p_{t-3} - 0.25 m_{t-1} + 0.52 \text{PIB}_{t-1} - \\ & - 0.27 p_{t-1} + u_t \end{aligned} \quad (4)$$

En esta expresión  $m_t$  denota la variable de importaciones,  $\text{PIB}_t$  el PIB,  $p_t$  los precios relativos y  $u_t$  son errores incorrelacionados en el tiempo.

A partir de la estimación de la variable en niveles en (4) se obtiene la relación de largo plazo. La expresión de

CUADRO 1  
CONTRASTE DE LINEALIDAD FRENTE A LA ALTERNATIVA STR (P-VALORES)

d	Variables de transición													
	$\Delta m_t$		$\Delta_r m_t$		$\Delta PIB_t$		$\Delta_r PIB_t$		$\Delta pr_t$		$\Delta_r pr_t$		$ce_t$	
	LSTR	ESTR	LSTR	ESTR	LSTR	ESTR	LSTR	ESTR	LSTR	ESTR	LSTR	ESTR	LSTR	ESTR
0	-	-	-	-	0,4740	0,7148	0,7830	0,7388	0,9989	0,4194	0,8056	0,8027	-	-
1	0,6917	0,8184	0,5900	0,7570	0,6658	0,9384	0,8312	0,9124	0,8586	0,8740	0,8371	0,6300	0,7947	0,9188
2	0,3466	0,1485	0,9779	0,7992	0,7239	0,9514	0,9676	0,9635	0,5890	0,4506	0,4827	0,6808	0,8547	0,9624
3	0,8771	0,9321	0,8837	0,9455	0,7596	0,9588	0,8911	0,8922	0,9130	0,9969	0,9593	0,9201	0,9443	0,9742
4	0,7532	0,9797	0,9764	0,9252	0,8005	0,7256	0,9651	0,9679	0,7942	0,8864	0,9694	0,9989	0,9789	0,7993

FUENTE: Elaboración propia.

las desviaciones del equilibrio se recoge en la ecuación (5); estos términos de corrección del error, en los que se omiten los componentes deterministas, se denotan por «ce»:

$$ce_t = m_t - 2.07 PIB_t + 1.07 pr_t \quad (5)$$

En este punto reparametrizamos la formulación (4) con el fin de que figure explícitamente la variable que recoge la relación de largo plazo; esto permite reflejar de forma más directa la reacción de las importaciones ante una desviación del equilibrio. Así, el modelo lineal final, acompañado de la desviación típica de los residuos estimados (s) y el coeficiente de determinación lineal (R<sup>2</sup>), posee la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \Delta m_t = & -2.34 + 1.81 \Delta PIB_t + 2.10 \Delta PIB_{t-1} + \\ & + 1.50 \Delta PIB_{t-2} + 0.75 \Delta PIB_{t-3} + 0.81 \Delta PIB_{t-4} - \\ & - 0.58 \Delta pr_t + 0.19 \Delta pr_{t-1} + 0.48 \Delta pr_{t-2} + \\ & + 0.37 \Delta pr_{t-3} - 0.25 ce_{t-1} + u_t \end{aligned} \quad (6)$$

s=0.0158, R<sup>2</sup>=0.69

De (6) se desprende que las importaciones dependen exclusivamente de la evolución de las variables de actividad y precios. Asimismo, el término de corrección del error resulta muy significativo, por lo que es importante la influencia de la desviación respecto al equilibrio a la hora de explicar la evolución de las importaciones: una desviación en determinado sentido provoca una reacción de éstas en sentido contrario como corrección del desequilibrio.

Una vez que contamos con una especificación lineal que podría caracterizar el comportamiento de las importaciones, la siguiente etapa en la modelización STR contrasta la adecuación de la formulación lineal frente a una que refleje un comportamiento no lineal de la variable. Los contrastes empleados son los usuales para especificaciones STR. Dado que no son objeto de examen de este trabajo, se remite al lector a la literatura para su discusión: Granger y Teräsvirta (1993), Teräsvirta (1994, 1998), y van Dijk y otros (2002).

Los contrastes de linealidad se basan en desarrollar una secuencia de regresiones auxiliares. Debido a que existe un gran número de productos cruzados por la pre-

sencia de la variable endógena retardada y de variables exógenas, la pérdida de grados de libertad en el contraste es considerable en nuestra investigación. Por este motivo se emplea el «enfoque condicionado» del contraste: se estima una regresión auxiliar para cada variable de transición potencial y se calcula el correspondiente estadístico F, que determinará en qué casos no se puede rechazar no linealidad en las importaciones.

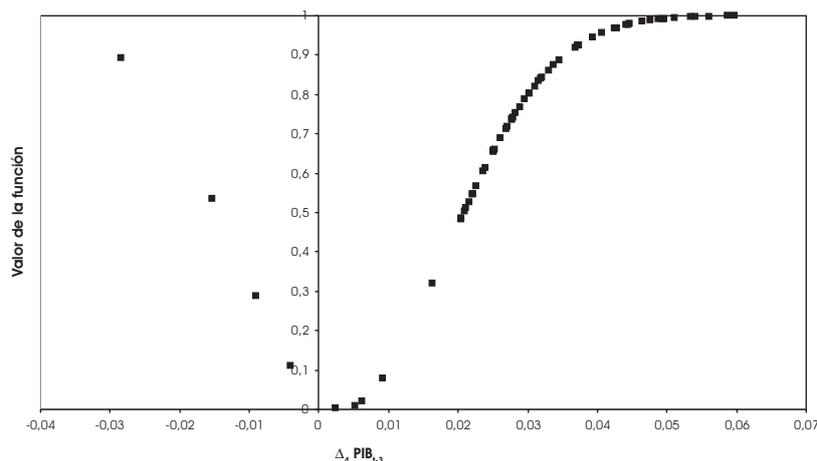
En las regresiones auxiliares contemplamos como variables de transición las diferencias de primer y cuarto orden del logaritmo de importaciones, PIB y precios relativos, y el término de corrección del error. El empleo de diferencias de cuarto orden se justifica porque las variables de transición deben presentar una evolución suave, y la transformación suaviza la evolución más irregular de la primera diferencia. Además, la transformación ejerce habitualmente como referencia del ciclo económico (señal cíclica).

Los retardos oscilan entre uno y cuatro trimestres para la variación de las importaciones y el término de corrección del error, y desde el valor contemporáneo hasta cuatro trimestres en el caso de las variaciones del PIB y de los precios relativos.

Los resultados de los contrastes de linealidad se presentan en el cuadro 1. Las cifras indican que no se rechaza, de un modo general, la hipótesis de comportamiento lineal de las importaciones. Estos resultados no se consideran concluyentes debido a la ya mencionada escasa potencia de los contrastes. De este modo, la construcción de modelos no lineales se basará en una búsqueda extensiva de modelos STR que caractericen la evolución de las importaciones.

El modelo lineal final constituye el punto de partida de la especificación no lineal, determinando qué variables lo conforman. El método de búsqueda extensiva genera una multiplicidad de especificaciones STR alternativas, aunque no en todas ellas los parámetros convergen en la estimación. En esta investigación, el procedimiento nos conduce a un modelo STR caracterizado por una transición exponencial entre regímenes que viene determinada por el crecimiento interanual del PIB tres trimestres atrás.

Tras aplicar diversas restricciones de exclusión y cruzadas sugeridas por los datos, se llega a la expresión



**GRÁFICO 1**  
**FUNCIÓN DE TRANSICIÓN**  
**ESTIMADA**

FUENTE:  
Elaboración propia

final del modelo ESTR que se muestra a continuación, junto a varios estadísticos de diagnóstico y validación:

$$\begin{aligned} \Delta m_t = & -0,01 + 1,02 \Delta PIB_{t-1} + \\ & + 2,28 \Delta PIB_{t-3} + 2,69 \Delta PIB_{t-4} - \\ & - 0,60 \Delta pr_t - 0,43 \Delta pr_{t-1} + 0,25 \Delta pr_{t-2} \\ & + 0,51 \Delta pr_{t-3} - 0,29 ce_{t-1} + \\ & \left( \begin{array}{l} 0,03 + 1,97 \Delta PIB_t + \\ + 1,02 \Delta PIB_{t-1} + 1,59 \Delta PIB_{t-2} - \\ - 2,28 \Delta PIB_{t-3} - \Delta PIB_{t-4} + 0,84 \Delta pr_{t-1} + \\ + 0,25 \Delta pr_{t-2} \end{array} \right) \quad (7) \\ \times \left[ 1 - \exp \left\{ -0,62 \times 3584,23 \left( \Delta_4 PIB_{t-3} - 0,003 \right)^2 \right\} \right] + u_t \end{aligned}$$

$s=0.0156$ ,  $R^2=0.73$ ,  $s^2/s_L^2=0.89$ ,  $ARCH=1.07$  (0.38),  $BCH=0.05$  (0.82),  $AUTO=1.74$  (0.12),  $NL=0.90$  (0.61),  $PC=0.39$  (0.99)

El cálculo de la desviación típica de los residuos estimados ( $s$ ), el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y el ratio de varianzas de los residuos de los modelos no lineal y lineal estimados ( $s^2/s_L^2$ ) se completa con los siguientes estadísticos de validación: el estadístico de heteroscedasticidad de tipo ARCH en los residuos con cuatro retardos (ARCH), el de heteroscedasticidad del ciclo económico (BCH) y los estadísticos desarrollados por Eitheim y Teräsvirta (1996). Estos últimos comprenden el estadístico de ausencia de autocorrelación residual (frente a un proceso de orden diez en la hipótesis alternativa, AUTO), el estadístico de ausencia de no linealidad en los residuos (calculado para diversos valores del retardo de transición bajo la alternativa y presentando aquel que reporta el p-valor mínimo, NL), y el estadístico de constancia de parámetros que contempla un cambio monótono suave en éstos bajo la alternativa (PC). Los p-valores de los estadísticos se muestran al lado de éstos entre paréntesis.

El modelo ESTR estimado presenta unos coeficientes notablemente significativos que revelan un crecimiento

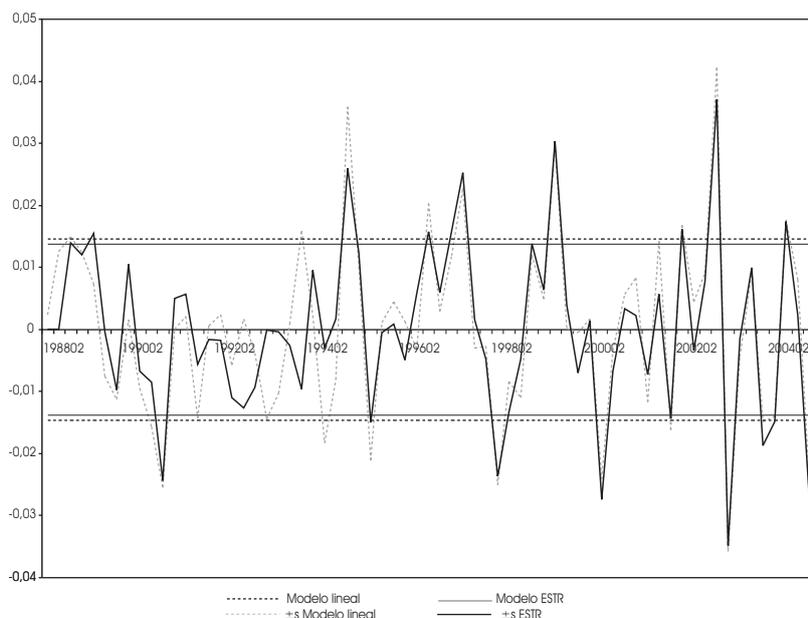
de las importaciones dependiente de la dinámica del PIB y los precios relativos, pero no de su propia evolución anterior; asimismo, reacciona a desviaciones del estado de equilibrio. El comportamiento asimétrico de las importaciones viene determinado por el ciclo general de la economía, aproximado por el crecimiento interanual del PIB y desfasado tres períodos.

En el gráfico 1 se observa que la práctica totalidad de las observaciones se sitúa en la rama derecha de la función de transición, por lo que en la práctica ésta se comporta como una logística. La transición entre regímenes se produce de forma lenta; contamos con un régimen extremo inferior para situaciones de contracción de la economía y otro superior para crecimientos de ésta entre leves y fuertes.

La función de transición estimada presenta la particularidad de que las observaciones se concentran a partir de  $F(\Delta_4 PIB_{t-3}) = 0.5$ ; apenas se observan valores de la variable de transición asociados al régimen extremo inferior. Esta situación induce a pensar que la dinámica de las importaciones no difiere demasiado de un estado a otro de la economía.

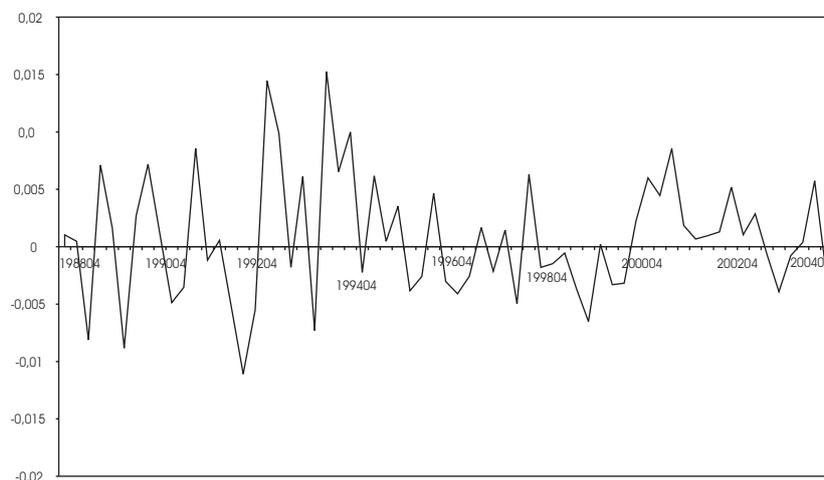
La evaluación del ajuste no lineal atiende a los resultados de la comparación de los residuos estimados con los del ajuste lineal y del cálculo de los estadísticos de validación. El ratio de varianzas de los residuos del modelo ESTR y el modelo lineal (3) indica que el primero es capaz de explicar un 11% de la varianza residual del segundo. En cuanto a los estadísticos, no se detecta heteroscedasticidad ni de tipo ARCH ni cíclica en los residuos estimados (nivel de significación, 0.05).

Los resultados de los contrastes de validación de Eitheim y Teräsvirta (1996) manifiestan, por una parte, ausencia de autocorrelación en los residuos estimados. Al mismo tiempo, la especificación ESTR parece recoger toda la no linealidad existente frente a la alternativa de una especificación STR aditiva, pues las perturbaciones no presentan un comportamiento no lineal. Finalmente, los parámetros del modelo se revelan constantes, con lo que se rechaza la presencia



**GRÁFICO 2**  
**RESIDUOS ESTIMADOS DE LOS**  
**MODELOS ESTR Y LINEAL**

FUENTE:  
Elaboración propia.



**GRÁFICO 3**  
**DIFERENCIAS ENTRE LOS**  
**VALORES ABSOLUTOS DE LOS**  
**RESIDUOS ESTIMADOS DE LOS**  
**MODELOS LINEAL Y ESTR**

FUENTE:  
Elaboración propia.

de un cambio estructural en la evolución de las importaciones.

El carácter de la función de transición estimada y, en especial, el reducido rango de variación en la muestra observada, motivan una indagación más profunda en el comportamiento del modelo ESTR. Para ello, el gráfico 2 presenta una comparación de los residuos estimados de los modelos no lineal y lineal, e incorpora bandas indicativas de las correspondientes desviaciones típicas ( $s$ ), 0.0138 y 0.0146, respectivamente.

Una primera visión del gráfico apunta hacia una cierta semejanza en los residuos de ambos modelos en la mayor parte del período muestral. Esta similitud en la evolución explicaría el bajo ratio de varianzas. Sin embargo, si se examina el comportamiento de los residuos por subperíodos muestrales, se advierten tres etapas diferenciadas: 1988-1991, 1992-1994 y 1995-2004. Cada una de estas fases se caracteriza por una determinada evolución de la economía, positi-

va en todos los casos salvo en 1992-1994, el único intervalo recesivo del período muestral.

Un hecho que define particularmente la etapa 1995-2004 es que el modelo ESTR reduce en cierto grado los residuos positivos y negativos más destacados del modelo lineal. La reducción no es, en cambio, tan apreciable en 1988-1991. Respecto al período 1992-1994, se aprecia con claridad cómo las formulaciones ESTR y lineal presentan ajustes dispares. La caracterización de esta etapa de turbulencias en la economía española no resulta sencilla, si bien la especificación ESTR demuestra su mejor adecuación al generar unos residuos menores que la lineal. De hecho, en esta fase se produce la mayor divergencia entre los residuos de ambos modelos, como se observa en el gráfico 3; en éste se representan las diferencias, en valores absolutos, entre los residuos del modelo lineal y el no lineal durante el período muestral.

El análisis de los residuos permite comprobar cómo el modelo ESTR es capaz de explicar mejor que el

lineal la única fase de contracción del período estudiado. En las restantes etapas ambas especificaciones resultan adecuadas, si bien el ajuste no lineal se muestra ligeramente superior.

La superioridad del comportamiento del modelo no lineal en el período de recesión económica justifica de forma suficiente su utilidad. La evidencia aportada con los contrastes de validación de que el modelo ESTR recoge toda la no linealidad existente refuerza esta determinación. En conclusión, el modelo ESTR estimado resultaría adecuado para reflejar el comportamiento de las importaciones españolas de bienes.

### Examen de la dinámica de corto plazo de las importaciones

El análisis de las propiedades dinámicas de las especificaciones estimadas nos proporcionará una mejor caracterización de la variable bajo estudio. En este trabajo comparamos la trayectoria que caracterizaría a las importaciones, según que su comportamiento lo determine el modelo no lineal o el lineal, tras el efecto de cambios en la evolución del PIB y los precios relativos. El primer modelo capta el carácter asimétrico del ciclo, lo cual se traduce en etapas de evolución negativa de la variable generalmente más profundas aunque más cortas que las de evolución positiva; el modelo lineal asume simetría.

Deben reseñarse dos cuestiones iniciales en este estudio comparativo. En primer lugar, los valores de partida para PIB y precios relativos son sus correspondientes promedios en el período estudiado, y las hipótesis que planteamos son coherentes con el comportamiento real de las variables. En segundo lugar, al analizar el efecto sobre las importaciones de un cambio en uno de los regresores, suponemos que los valores del otro permanecen constantes.

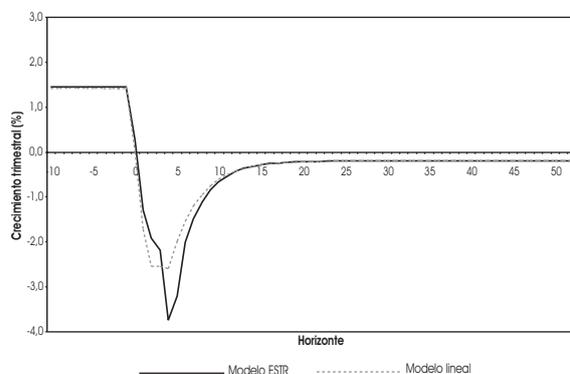
Los gráficos 4 a 9 ilustran las trayectorias simuladas de las importaciones en función de que su conducta venga explicada por un modelo lineal o uno no lineal. La evolución de las importaciones se expresa en tasas de crecimiento a un trimestre, en porcentaje.

El primer examen corresponde a la respuesta ante cambios en el PIB. La situación de partida es un estado de equilibrio estacionario en el que un crecimiento trimestral del PIB del 0.7% y un nivel constante de los precios relativos determinan un crecimiento de las importaciones del 1.4%.

En un primer caso suponemos que tiene lugar un cambio en la tasa de crecimiento de equilibrio del PIB: ésta pasa del 0.7% al -0.1%. El gráfico 4 ilustra la contracción del ritmo de las importaciones como consecuencia del descenso del crecimiento del PIB, que se produce de forma brusca y alcanzando crecimientos negativos según los dos modelos. Esta sobreacción de las importaciones es más acusada en la especificación ESTR que en la lineal.

GRÁFICO 4

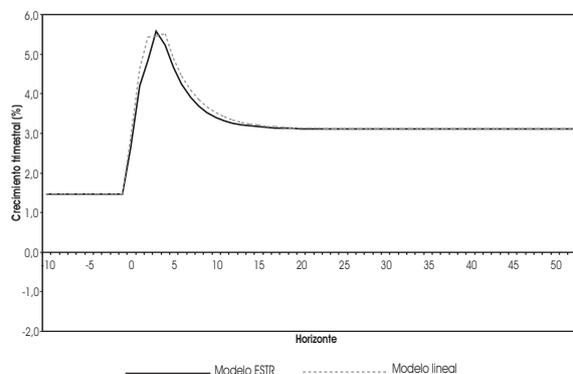
#### RESPUESTA DE LAS IMPORTACIONES A CAMBIOS EN EL CRECIMIENTO DEL PIB. DISMINUCIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO TRIMESTRAL DE 0,7% A -1%



FUENTE:  
Elaboración propia.

GRÁFICO 5

#### RESPUESTA DE LAS IMPORTACIONES A CAMBIOS EN EL CRECIMIENTO DEL PIB. AUMENTO DE LA TASA DE CRECIMIENTO TRIMESTRAL DE 0,7% A ,5%



FUENTE:  
Elaboración propia.

Pese a la intensidad de estas disminuciones, el regreso de las importaciones al crecimiento de equilibrio (-0.2% a un período) se produce en el mismo lapso de tiempo que en el modelo lineal. Se observa, en línea con lo que cabía esperar, que las importaciones reaccionan de forma más abrupta con una recuperación rápida en el modelo no lineal después un efecto negativo del PIB.

En un segundo caso, el PIB pasa de crecer de manera continuada al 0.7% trimestral a crecer a una tasa del 1.5%. Este hecho provoca una sobreacción de las importaciones, que alcanzan elevados crecimen-

tos en el corto plazo con los dos modelos. El ajuste hacia un nuevo estado estacionario, caracterizado por un crecimiento del 3.1%, se produce aproximadamente en el mismo número de períodos en ambas especificaciones (gráfico 5).

El primer supuesto plantea un cambio en el crecimiento interanual del PIB del 2.8% al -0.4%, lo que implica que la función de transición pasa de un valor de 0.74 a uno de 0.11; en el segundo, el cambio supone pasar de un crecimiento interanual del 2.8% a uno del 6%, variando el valor de la función de transición de 0.74 a 1. La dinámica de las importaciones experimenta una menor variación en el segundo planteamiento, donde se alcanza el valor extremo superior de la función de transición.

Lo anterior explica por qué, al comparar la conducta de las importaciones bajo los dos supuestos, los ajustes no lineal y lineal son más parecidos en la segunda situación. Según las ecuaciones de los modelos, al examinar las combinaciones se obtiene que la estructura ESTR es semejante a la lineal cuando  $F = 1$ , mientras que para  $F = 0.11$  resulta muy diferente. Queda así justificada la especial similitud de las dos trayectorias.

El estudio de la dinámica de las importaciones continúa con el análisis de la reacción de éstas ante variaciones en los precios relativos de importación. La situación de partida supone un equilibrio caracterizado por un nivel constante del PIB (estancamiento de la economía) y un crecimiento trimestral de los precios relativos del -0.8% que generan un crecimiento trimestral de las importaciones del 0.9%.

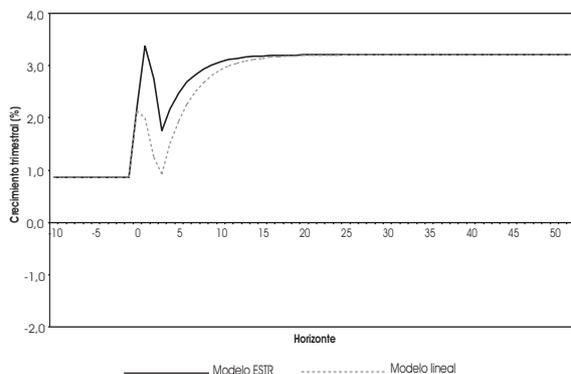
En un primer examen suponemos una disminución en el ritmo de crecimiento de los precios relativos hasta una tasa del -3% trimestral. Ante esta situación, las importaciones, siguiendo el modelo no lineal, experimentan una inmediata variación positiva que se ajusta con rapidez; la variable avanza progresivamente hacia un crecimiento estable de largo plazo (3.2%). La respuesta más abrupta en la especificación ESTR se aprecia en el gráfico 6.

Un hecho destacado es que la variable generadora del cambio es una relación de precios, por lo que su evolución negativa puede deberse a un incremento en los precios interiores, a una disminución en los de importación o a una variación simultánea en ambos. En los dos modelos se aprecian crecimientos de las importaciones inmediatamente tras el cambio que se ven parcial o totalmente contrarrestados por fuertes caídas (efecto rebote), a partir de las cuales se avanza hacia el equilibrio.

El segundo examen contempla una variación de los precios desde una tasa de crecimiento trimestral negativa a una positiva del 1.4%. Como resultado obtenemos el efecto contrario al caso anterior: la reacción de las importaciones es una caída en su nivel ante incrementos en sus precios relativos, apreciándose una muy leve sobrerreacción inicial única-

GRÁFICO 6

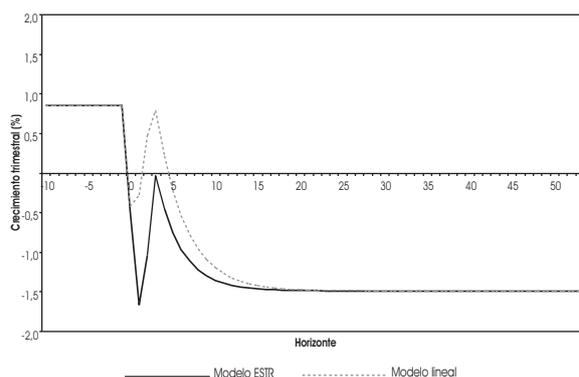
**RESPUESTA DE LAS IMPORTACIONES A CAMBIOS EN EL CRECIMIENTO DE LOS PRECIOS RELATIVOS DE IMPORTACIÓN SUPONIENDO UN PIB CONSTANTE. DISMINUCIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO TRIMESTRAL DE -0,8% A -3%**



FUENTE: Elaboración propia.

GRÁFICO 7

**RESPUESTA DE LAS IMPORTACIONES A CAMBIOS EN EL CRECIMIENTO DE LOS PRECIOS RELATIVOS DE IMPORTACIÓN SUPONIENDO UN PIB CONSTANTE. AUMENTO DE LA TASA DE CRECIMIENTO TRIMESTRAL DE -0,8% A 1,4%**



FUENTE: Elaboración propia.

mente bajo el modelo ESTR (ver gráfico 7). Tras el efecto rebote, la variable evoluciona paulatinamente hacia el equilibrio de largo plazo, definido por un crecimiento del -1.5%.

En los dos exámenes realizados destaca que tanto un efecto positivo como uno negativo de los precios relativos generan, según los dos modelos, respuestas simétricas de las importaciones. Esta cuestión plan-

tea el interés de llevar a cabo un ejercicio complementario bajo idénticos supuestos sobre los precios que las pruebas anteriores pero con valores del crecimiento interanual del PIB diferentes. La finalidad es comprobar si la respuesta a corto plazo de las importaciones ante cambios en la competitividad de los bienes difiere según el ciclo de la economía.

Los ejercicios de simulación anteriores se desarrollan bajo la hipótesis de un crecimiento nulo del PIB. La siguiente prueba supone un estado estacionario con una variación interanual del PIB del 3%, donde se producen los dos movimientos de precios fijados al inicio de la simulación. La función de transición pasa de un valor de 0.02 en el ejercicio de los gráficos 6 y 7 a uno de 0.80 en las simulaciones que siguen. Los gráficos 8 y 9 reflejan las respuestas de las importaciones.

Las trayectorias según los modelos ESTR y lineal son nuevamente simétricas bajo los dos supuestos sobre los precios, si bien, a diferencia del caso anterior, dichas evoluciones resultan prácticamente idénticas. Se observan también unos valores mayores en los crecimientos de equilibrio de las importaciones ante una evolución económica positiva. Los autores efectúan pruebas adicionales que evidencian que la mencionada similitud entre trayectorias se acrecienta con el valor de la función de transición; éste es el resultado esperado, pues ante un valor unitario de ésta, el modelo ESTR es muy semejante al lineal (3). Estas últimas pruebas no se reportan por brevedad de la exposición pero están disponibles por parte de los autores.

De los resultados de estas simulaciones se deriva que la reacción en el corto plazo de las importaciones españolas de bienes ante cambios en la competitividad de éstos difiere según el estado en que se encuentre la economía.

La principal conclusión que se extrae de los ejercicios de simulación es que, ante cambios en el PIB y los precios relativos, las importaciones muestran un comportamiento diferente en el corto plazo según su conducta se ajuste al modelo ESTR o al lineal: si las importaciones experimentan una evolución negativa o positiva debido a alteraciones en PIB o precios, sus reacciones son más acusadas bajo el modelo ESTR que bajo el lineal. Asimismo, se comprueba cómo la respuesta de las importaciones en el largo plazo es la misma según los modelos no lineal y lineal.

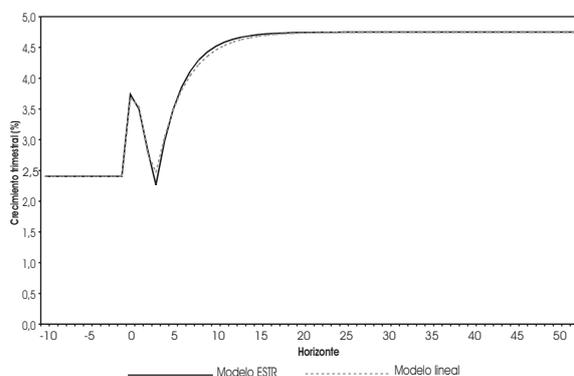
Finalmente, subrayar que los resultados obtenidos sobre el comportamiento dinámico de las importaciones y su relación asimétrica con el ciclo económico son globalmente coincidentes con los obtenidos en Mourelle y Cancelo (2009): de aquí se desprende que en el examen de las importaciones no existe diferencia, en términos de conclusiones finales, entre emplear datos brutos o desestacionalizados.

## CONCLUSIONES

Tradicionalmente, el estudio de las importaciones se ha fundamentado en un comportamiento lineal de

GRÁFICO 8

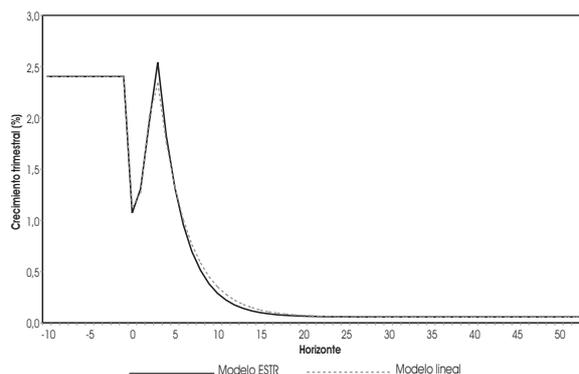
**RESPUESTA DE LAS IMPORTACIONES A CAMBIOS EN EL CRECIMIENTO DE LOS PRECIOS RELATIVOS DE IMPORTACIÓN SUPONIENDO CRECIMIENTO DE EQUILIBRIO DEL PIB IGUAL AL 3%.  
DISMINUCIÓN DE LA TASA DE CRECIMIENTO TRIMESTRAL DE -0,8% A -3%**



FUENTE:  
Elaboración propia.

GRÁFICO 9

**RESPUESTA DE LAS IMPORTACIONES A CAMBIOS EN EL CRECIMIENTO DE LOS PRECIOS RELATIVOS DE IMPORTACIÓN SUPONIENDO CRECIMIENTO DE EQUILIBRIO DEL PIB IGUAL AL 3%.  
AUMENTO DE LA TASA DE CRECIMIENTO TRIMESTRAL DE -0,8% A 1,4%**



FUENTE:  
Elaboración propia.

éstas; no obstante, la realidad muestra que su dinámica resulta más compleja de lo que dicha especificación puede explicar. Por este motivo, el presente trabajo introduce la posibilidad de que un comportamiento asimétrico, que induce no linealidad, resulte más apropiado. Consideramos la regresión con transición suave (STR) como especificación que reflejaría la (potencial) conducta no lineal.

El estudio incorpora variables que subyacen en la evolución de las importaciones. Nuestra elección de los factores determinantes de éstas sigue el enfoque tradicional al introducir una variable de actividad económica (PIB) y una variable de competitividad de los bienes comercializados (precios relativos de importación). La influencia de estas variables exógenas en las importaciones se refleja en su estructura dinámica y, en el caso del PIB, en conformar el origen de su (potencial) comportamiento no lineal.

El análisis de cointegración evidencia una relación lineal de largo plazo que liga a las importaciones españolas de bienes, el nivel de actividad económica y los precios relativos de importación. La existencia de cointegración implica que la evolución de las importaciones confluye al mismo crecimiento de largo plazo tanto con la especificación no lineal como con la lineal. Este hecho motiva que en el presente trabajo se estudien las desviaciones de corto plazo de las importaciones respecto a dicho equilibrio.

El análisis de las importaciones con variables explicativas revela que las desviaciones de corto plazo de las primeras siguen una evolución no lineal que se describe satisfactoriamente a través de una especificación STR. El comportamiento no lineal lo determina el estado cíclico de la economía, el cual define dos regímenes extremos: contracción/estancamiento y evolución positiva.

El modelo no lineal estimado presenta una transición exponencial que en la práctica se asemeja a una logística y que es capaz de explicar un importante porcentaje de la varianza residual de la formulación lineal. Además, los residuos del modelo ESTR son inferiores a los de la formulación lineal, especialmente en las fases de mayor y menor crecimiento de la economía española desde finales de los años ochenta.

Nuestro estudio evidencia, asimismo, que la trayectoria de las importaciones en el corto plazo experimenta sobre-reacciones ante variaciones en el PIB y reacciones importantes pero menos marcadas respecto a alteraciones en los precios relativos. Corroborando la literatura teórica, el modelo ESTR determina unas respuestas de las importaciones generalmente de mayor intensidad que las que caracterizan al modelo lineal. Además, comprobamos que el ciclo general de la economía determina la reacción de las importaciones ante cambios en la competitividad de los bienes.

Conviene reseñar que los resultados empíricos obtenidos concuerdan con diversas proposiciones ampliamente aceptadas sobre las importaciones, como el ser una variable procíclica o los valores de sus elasticidades renta y precio de largo plazo.

Por último, la asimetría detectada en el comportamiento de las desviaciones de corto plazo de las importaciones resulta una información útil para los agentes de política económica, pues les permite cono-

cer el impacto que el estado del ciclo tiene sobre esta variable de comercio exterior.

## BIBLIOGRAFÍA †

- BAJO, Ó.; MONTERO, M. (1995): Un modelo econométrico ampliado para el comercio exterior español, 1977-1992. *Moneda y Crédito*, 201, pp. 153-82.
- BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. (1970): *Time series analysis, forecasting and control*. San Francisco: Holden-Day.
- BUISÁN, A. y GORDO, E. (1997): El sector exterior en España. *Estudios Económicos*, Servicio de Estudios del Banco de España, 60.
- CANCELO, J. R. y MOURELLE, E. (2005): Modeling cyclical asymmetries in European imports. *International Advances in Economic Research*, vol. 11, nº 2, pp. 135-47.
- DOMÉNECH, R. y TAGUAS, D. (1997). Exportaciones e importaciones de bienes y servicios en la economía española. *Moneda y Crédito*, nº 205, pp. 13-44.
- DUTTA, D. y AHMED, N. (1999): An aggregate import demand function for Bangladesh: a cointegration approach. *Applied Economics*, vol. 31, nº 4, pp. 465-72.
- EITRHEIM, Ø. y TERÄSVIRTA, T. (1996): Testing the adequacy of smooth transition autoregressive models. *Journal of Econometrics*, vol. 74, nº 1, pp. 59-75.
- ESCRIBANO, Á. (1999): Predicción y análisis de funciones de exportación e importación en España. *Investigaciones Económicas*, vol. 23, nº 1, pp. 55-94.
- GRANGER, C. W. J. y TERÄSVIRTA, T. (1993): *Modelling nonlinear economic relationships*. Oxford: Oxford University Press.
- HAUSMAN, J.A. (1978): Specification tests in econometrics. *Econometrica*, vol. 46, nº 6, pp. 1251-71.
- HICKS, J.R. (1950): *A contribution to the theory of the trade cycle*. Oxford: Clarendon Press.
- JOHANSEN, S. (1995): *Likelihood-based inference in cointegrated vector autoregressive models*. Oxford: Oxford University Press.
- KEYNES, J. M. (1936): *Teoría general de la ocupación, el interés y el dinero*. México: Fondo de Cultura Económica.
- MEJÍA-REYES, P.; OSBORN, D.R.; SENSIER, M. (2003): Modelling real exchange rate effects on growth in Latin America. Discussion Paper Series no. 035, Centre for Growth & Business Cycle Research, The University of Manchester.
- MITCHELL, W. C. (1913): *Business cycles*. Berkeley: University of California Press.
- MOURELLE, E. y CANCELO, J. R. (2009): Nonlinearities and the business cycle in Spanish imports: a smooth transition regression approach. *International Advances in Economic Research*, vol. 15, nº 2, pp. 245-59.
- NEFTÇI, S. N. (1984): Are economic time series asymmetric over the business cycle?. *Journal of Political Economy*, vol. 92, nº 2, pp. 307-28.
- ÖCAL, N. y OSBORN, D. R. (2000): Business cycle non-linearities in UK consumption and production. *Journal of Applied Econometrics*, vol. 15, nº 1, pp. 27-43.
- SENSIER, M.; ÖCAL, N.; OSBORN, D. R. (2002): Asymmetric interest rate effects for the UK real economy. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, vol. 64, nº 4, pp. 315-39.
- SKALIN, J. y TERÄSVIRTA, T. (2002): Modeling asymmetries and moving equilibria in unemployment rates. *Macroeconomic Dynamics*, vol. 6, nº 2, pp. 202-41.
- TERÄSVIRTA, T. (1994): Specification, estimation, and evaluation of smooth transition autoregressive models. *Journal of the American Statistical Association*, vol. 89, nº 425, pp. 208-18.

TERÄSVIRTA, T. (1998): Modeling economic relationships with smooth transition regressions. En A. Ullah y D. E. A. Giles, (Eds.), *Handbook of applied economic Statistics*, New York: Marcel Dekker, pp. 507-52.

TERÄSVIRTA, T. y ANDERSON, H.M. (1992): Characterizing nonlinearities in business cycles using smooth transition autoregressive models. *Journal of Applied Econometrics*, 7, S119-S136.

VAN DIJK, D.; TERÄSVIRTA, T.; FRANCES, P. H. (2002): Smooth transition autoregressive models – A survey of recent developments. *Econometric Reviews*, vol. 21, nº 1, pp. 1-47.

WU, D. M. (1973): Alternative tests of independence between stochastic regressors and disturbances. *Econometrica*, vol. 41, nº 4, pp. 733-50