

**Modelización de la difusión regional
de las Nuevas Tecnologías**

Nº4

Junio 2002

**CUADERNOS DEL FONDO DE INVESTIGACIÓN
RICHARD STONE**

L. R. KLEIN

CENTRO

STONE

Modelización de la difusión regional de las Nuevas Tecnologías

Nº4

Junio 2002

Autores:

Ana Mª López García

Profesora Asociada de Economía Aplicada, UAM
Directora del Area Regional del Instituto Klein – Centro Stone

Antonio Pulido San Román

Catedrático de Economía Aplicada, UAM
Director del Instituto Klein - Centro Stone

Este documento ha sido presentado como ponencia en la XVI Reunión Asepelt, celebrada en Madrid durante los días 20 y 21 de junio de 2002.

Sir Richard Stone (1913-1991) Premio Nobel de economía 1984, colaborador de J.M. Keynes durante la guerra, ha aportado a la economía los principios de la cuantificación rigurosa, desarrollando la contabilidad nacional y social, y ha sido pionero en el campo de la modelización macro y meso económica y de su utilización para la exploración y previsión de la evolución de la economía.

El Fondo de Investigación e Innovación Richard Stone (FIIRS) ha sido constituido para potenciar la actividad investigadora básica y aplicada y la difusión académica de sus resultados y facilitar así el pleno desarrollo de las carreras investigadoras en el Instituto L.R. Klein - Centro Stone.

Edita:

Instituto L.R.Klein – Centro Stone
Facultad de CC. EE. y EE.
Universidad Autónoma de Madrid
28049-Madrid
Teléfono: 913978670
Fax: 913978670
E-mail: klein.stone@uam.es
Página web: www.uam.es/klein/stone

ISSN: 1695-1387

Depósito legal: M-29494-2002

© Todos los derechos reservados. Queda prohibida la reproducción total o parcial de esta publicación sin la previa autorización escrita del editor.

1. Introducción

Durante los últimos años se han publicado múltiples trabajos sobre los efectos macroeconómicos de las nuevas tecnologías, en particular de las TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones). El amplio debate sobre impactos sobre el crecimiento económico, el empleo, la productividad y los precios cobra nueva fuerza en EEUU hacia mediados de los años 90, con trabajos como el de Oliver y Sichel (1994). Entre los publicados en los años siguientes, principalmente en EEUU y Europa, una muestra representativa debe incluir: Sichel (1997, 1999), Schreyer (1998, 2000), Crafts (2000), Jorgenson y Stiroh (2000), Oliner y Sichel (2000), Bassanini, Scarpetta y Visco (2000), Gordon (2000), Whelan (2000), Klein y Kumasaka (2000), Mc Morrow y Roeger (2001), Vanhoudt y Onorante (2001), Pilat y Lee (2001), Colecchia y Schreyer (2001), Klein, Duggal y Saltzman (2001). Una breve revisión de varios de estos trabajos puede encontrarse en Pulido (2001).

Las dificultades tanto de un marco metodológico adecuado, como de datos que permitan su aplicación, han retrasado un debate similar sobre los efectos regionales de las TIC y los efectos-derrame (“spillover”) entre regiones y sectores. Respecto a los necesarios datos sobre penetración regional de las TIC resultan interesantes los esfuerzos realizados en EEUU por el PPI, *Progressive Policy Institute*, que proporciona índices relativos por estados y áreas metropolitanas (www.neweconomyindex.org). Para España existe una aplicación similar, por regiones, que puede consultarse en Pulido y López, directores (2001a) o en Sánchez de la Vega y Lazarich (2001).

Nuestra primera propuesta metodológica para evaluar regionalmente la economía digital se expone en Pulido y López (2001b) con referencia a modelos simplificados explicativos de los factores diferenciales que influyen en la penetración regional TIC, la valoración regional de los efectos sobre crecimiento, productividad y precios, así como el planteamiento inicial de un modelo desagregado para evaluar los efectos sectoriales, incluyendo los posibles impactos interregionales. Este último modelo se plantea como una aplicación específica de un modelo más amplio, Modelo I-O Multisectorial Multirregional, expuesto, en sus líneas generales, en Dones, López y Pérez (2000) y que utiliza datos de comercio interregional por productos según Llano (2001).

La nueva propuesta que aquí presentamos trata de desarrollar los planteamientos anteriores de los autores y apuntar nuevas vías de mejora a futuro.

2. Marco metodológico general: las causas del crecimiento de las regiones

En Pulido (2000) se incluyen 1.147 experiencias modelizadoras sobre las causas del crecimiento económico de países y regiones, agrupadas en cuatro grandes capítulos: tendencias/convergencia, factores de crecimiento, causas próximas y causas remotas. Del conjunto de experiencias analizadas, el autor deduce 55 hechos estilizados y algunas consecuencias sobre el papel y limitaciones de la metodología modelizadora.

Dado que gran parte de las aplicaciones analizadas utilizan datos de corte transversal o datos de panel, la revisión realizada es, en su mayoría, aplicable al ámbito regional dentro de un país (con los necesarios matices), aunque la experiencia se haya realizado con datos referidos a diferentes países. Aunque sea en forma muy resumida, trataremos a continuación de recoger algunas de las principales conclusiones metodológicas.

2.1. Sobre tendencia, fluctuaciones y convergencia

- El crecimiento a largo plazo muestra una tendencia creciente y habitualmente no lineal (tasas no constantes), pero pueden detectarse puntos de ruptura que definen períodos más cortos (de décadas) que presentan tasas de variación relativamente constantes.
- Al igual que existe, en general, una covariación positiva entre ciclos económicos de diferentes países, se encuentran también (incluso reforzadas) entre regiones.
- La convergencia es un proceso lento, cuando existe. La velocidad de convergencia respecto a la región líder o un promedio de referencia, suele estar en el 2-3% anual, lo

que supone unos 35 años para reducir la distancia a la mitad, si se descuentan posibles efectos de otras causas, incluimos los *efectos de derrame* o economías externas inducidas por regiones vecinas.

- Metodológicamente destacan las aplicaciones de *tendencias estocásticas segmentadas* y *β -convergencia condicional*.

2.2. Sobre causas próximas del crecimiento

- Importancia de los esfuerzos en capital físico (incluidas infraestructuras) y humano (en particular formación), aunque dejando una amplia participación a los diferentes integrantes de las mejoras de productividad y, especialmente, al progreso tecnológico.
- Metodológicamente predominan las aplicaciones con *funciones de producción* y *contabilidad del crecimiento*, con una desagregación creciente de factores productivos (funciones «expandidas»).

2.3. Sobre causas remotas del crecimiento

- Destacan los efectos relacionados con la apertura exterior (incluidos los flujos de inversión), los condicionantes sociopolíticos y la difusión de las nuevas tecnologías.
- Metodológicamente lo más frecuente es la utilización de *regresiones con datos de panel*, incluso con variantes que mezclan todo tipo de variables explicativas y que se han denominado *regresiones informales de crecimiento* o «a lo Barro».

3. Diferentes opciones en la incorporación de las nuevas tecnologías a modelos regionales de crecimiento

Entre las distintas posibilidades para incorporar las nuevas tecnologías a los modelos explicativos del crecimiento regional hemos seleccionado las cinco siguientes, que pasamos a describir brevemente, dejando para los próximos epígrafes el detalle de su aplicación.

I.- Tendencias estocásticas segmentadas

Se trata de aplicar modelos tipo ARIMA a diferentes regiones, para un período común caracterizado, en su conjunto, por una tasa de crecimiento constante, aunque a diferentes niveles, según agrupaciones relacionadas con el grado de difusión de las nuevas tecnologías.

II.- Modelos de β -convergencia condicional

Con datos de corte transversal para un conjunto de regiones se establece un modelo que explica el crecimiento regional durante un período más o menos amplio de tiempo, a partir de la diferencia inicial de renta y del esfuerzo realizado en aquellos aspectos que se consideran como más explicativos de las posibles discrepancias regionales en el ritmo de variación (p. ej. esfuerzo inversor, en capital humano, etc.). Entre estas variables se incluye alguna referida al uso de las nuevas tecnologías.

III.- Funciones de producción/contabilidad del crecimiento

Las funciones de producción clásicas, tipo Cobb Douglas, han ido evolucionando hacia funciones «expandidas» en que se diferencia el capital físico, se añade el capital tecnológico o se separan distintos tipos de inputs intermedios. Las nuevas tecnologías se incorporan a través del capital o consumo de inputs provenientes de esas tecnologías. Las ponderaciones de los diferentes factores de producción se obtienen con criterios de áreas de participación (contabilidad de crecimiento) o estimación con datos temporales, de corte transversal o de panel.

IV.- Modelos uniecuacionales con datos de panel de regiones

Se trata, en este caso, de estimar ecuaciones explicativas del diferente ritmo de crecimiento regional, con información de las diversas regiones en varios períodos de tiempo. Entre estas variables explicativas se encontrarán las relacionadas con el uso de las nuevas tecnologías.

V.- Modelos multiecuacionales con efectos interregionales

Las relaciones económicas entre regiones pueden recogerse a través de algún tipo de modelo que incluya transacciones por tipos de productos, entre los que se diferencian los correspondientes a las nuevas tecnologías. El crecimiento de una región depende así no sólo de variables de la región, sino también de las otras regiones.

4. Tendencias estocásticas segmentadas

Partamos de datos referidos a N regiones durante T períodos cada una. Para cada región, la variable a explicar será la renta per cápita (o, alternativamente, por persona ocupada).

La situación habitual es la de series integradas de orden uno, I (1), en sus logaritmos:

$$[1] \ln Y_t^r = \mathbf{m}_r + \ln Y_{t-1}^r + e_t^r \text{ o bien } \dot{y}_t^r = \mathbf{m}_r + e_t^r$$

en que e_t^r será un término de error estacionario pero no necesariamente ruido blanco, es decir caracterizado como un ARMA (p, q) y μ_r el nivel de tendencia alrededor del cual se mueve el término de error.

La anterior relación puede transformarse, mediante sustituciones sucesivas, en:

$$[2] \ln Y_t^r = \mu_r + (\mu_r + \ln Y_{t-2}^r + e_{t-1}^r) + e_t^r = \dots = \ln Y_0^r + \mu_r t + \sum_{i=1}^t e_i$$

que estimaríamos como una regresión en t con un término de error ARMA (p, q).

La diferencia con respecto a una regresión simple en t (tendencia determinista) es que, aparte de mejorar la estimación de μ , posibilitamos contrastes de hipótesis más elaborados y, además, la evolución incorpora al incremento constante por período (μ), la suma de errores precedentes, de forma tal que cualquier “choque” excepcional de pasado se mantiene en los períodos siguientes.

Naturalmente, una serie $I(1)$ se convierte en estacionaria, $I(0)$, al calcular primeras diferencias. Por tanto, nuestra serie sería $I(1)$ si se cumple la hipótesis básica $H_0: \rho_r = 1$ en

$$[3] \ln Y_t^r = \mathbf{m}_r + \mathbf{r}_r \ln Y_{t-1}^r + e_t^r$$

o su equivalente, $H_0: \delta_r = 0 (\delta_r = \rho_r - 1)$, en:

$$[4] \dot{y}_t^r = \Delta \ln Y_t^r = \mathbf{m}_r + \mathbf{d}_r \ln Y_{t-1}^r$$

En realidad, el contraste indica si se trata de una serie $I(1)$ o superior. Será $I(1)$ si aplicado de nuevo a la serie en primeras diferencias se rechaza la hipótesis básica $\rho_r = 1$ (o bien $\mathbf{d}_r = 0$) frente a la alternativa $\rho_r < 1 (\delta_r < 0)$.

Como es conocido, el contraste de raíces unitarias se realiza habitualmente con variantes como la debida a Dickey y Fuller (DF) o bien el contraste DF “aumentado” (ADF):

$$[5] \Delta \ln Y_t^r = \mathbf{m}_0^r + \mathbf{m}_1^r t + \mathbf{d}_r \ln Y_{t-1}^r + \sum_{i=1}^p \mathbf{d}_i^r \Delta \ln Y_{t-i}^r$$

Un contraste alternativo es el de Campbell y Perron, que utiliza los residuos de la regresión inicial, $\ln Y_t^r = \rho_0^r + \rho_1^r t + e_t^r$:

$$[6] \Delta e_t^r = \pi_r e_{t-1}^r + \sum_i \delta_i^r \Delta e_{t-i}^r + a_t^r$$

en que ahora la hipótesis básica será $H_0: \pi_r = 0$.

El interés de este contraste es que puede generalizarse al caso de *tendencias segmentadas*, es decir con alteraciones entre períodos. Ahora, la regresión a realizar incluye además ficticias por períodos:

$$[7] \ln Y_t^r = \mu_0^r + \mu_1^r t + \sum_{i=2}^h \mu_i^r D_{it}^r + e_t^r$$

en que las ficticias toman valores crecientes 1,2... dentro del intervalo ($D_{it}=t - T_i$ para $t > T_i$ y cero para $t \leq T_i$). El contraste se realiza utilizando la anterior expresión [6] de residuos con valores tabulados de π según el tamaño de la muestra y de la situación de los puntos de corte (véase p. ej. Crafts y Mills, 1996).

En nuestro caso, podemos comparar la tasa de incremento sistemático entre diferentes regiones y períodos ($\mu_1^r + \mu_i^r$) y realizar algún tipo de análisis estadístico a efectos de evaluar si el crecimiento regional tiene alguna relación (no sabremos si como causa o como efecto) con la utilización de las nuevas tecnologías.

5. Modelos de β -convergencia

La β -convergencia absoluta se establecería, en el caso regional, como un β significativo y de signo negativo en una regresión del tipo:

$$[8] \dot{y}_{rt} = \mathbf{a}_r + \mathbf{b}(\ln Y_{r0} - \ln Y_0^u)$$

en que el año cero, de referencia, es el de partida para el análisis de la convergencia (habitualmente varias décadas atrás del momento actual) en que se establece la diferencia entre la situación en cada región r y la de una región líder o un promedio de referencia (Y^u).

De existir una convergencia (p. ej. en renta per cápita o productividad regional), cuanto mayor sea la diferencia (negativa) entre una región y la líder en un momento de partida, mayor será la tasa de crecimiento. Las regiones relativamente más atrasadas contarán con el impulso adicional de unas mayores oportunidades, precisamente como consecuencia de partir de situaciones más atrasadas que pueden posibilitar rendimientos más elevados en el uso de los factores de producción o mejoras más fáciles de aspectos que inciden en su productividad.

En caso de utilizar datos de una serie temporal para cada región individual, la ecuación a estimar sería inicialmente la [8] adaptada a un desfase móvil referido al período precedente:

$$[9] \ln Y_{rt} - \ln Y_{r(t-1)} = \alpha_r + \beta_r (\ln Y_{r(t-1)} - \ln Y_{t-1}^u)$$

y β_r se consideraría una estimación de la *velocidad de convergencia*.

Si la región líder de referencia crece a una tasa constante: $\dot{y}_t^u = \ln Y_t^u - \ln Y_{t-1}^u = g^u$, y la región convergente tiene una tasa autónoma (sin efecto convergencia) $g_r = \alpha_r$, la expresión [9] puede transformarse en:

$$[10] \ln Y_{rt} - \ln Y_t^u = (1 + \beta_r)(\ln Y_{r(t-1)} - \ln Y_{t-1}^u) + (g_r - g^u)$$

y, por sustituciones sucesivas, al cabo de p años

$$[11] \ln Y_{rt} - \ln Y_t^u = (1 + \beta_r)^p (\ln Y_{r(t-p)} - \ln Y_{(t-p)}^u) + (g_r - g^u) \frac{(1 + \beta_r)^p - 1}{\beta_r}$$

Como puede verse en Pulido (2000), la captura se consigue al cabo de p años, siendo:

$$[12] p = \frac{\ln \frac{g_r - g^u}{\beta_r D + (g_r - g^u)}}{\ln(1 + \beta_r)} \text{ con } D = \ln Y_{rt-p} - \ln Y_{t-p}^u$$

Hemos tabulado esos valores de p para distintas combinaciones de $(g_r - g^u)$, β_r y D . En el cuadro adjunto hemos incluido algunos resultados que pueden servirnos de referencia.

Cuadro 1

Número de años (p) para conseguir la captura con un diferencial favorable del 1% ($g - g^u = 0,01$) y distintos valores del diferencial inicial (D) y la velocidad de convergencia (β)						
		Velocidad de convergencia (β)				
		20%	10%	5%	2%	1%
Diferencial Inicial (D)	10%	5	7	8	9	10
	20%	7	10	14	17	18
	50%	11	17	24	34	40
	70%	12	20	29	43	53
	100%	14	23	35	56	69

Fuente: Pulido (2000)

Habitualmente, muchas aplicaciones utilizarán datos de corte transversal para un conjunto de regiones, en cuyo caso sólo se necesitan dos datos por región: el dato en el momento actual (t) y en el año base (t-T). Sin embargo, el parámetro b_r estimado ahora en la regresión:

$$[13] \quad \frac{1}{T} (\ln Y_{rt} - \ln Y_{r(t-T)}) = a_r + b_r (\ln Y_{r(t-T)} - \ln Y_{r(t-T)}^u)$$

no puede aceptarse directamente como indicativo de la velocidad de convergencia β_r , si no que hay que realizar la transformación (Pulido, 2000, pág. 142):

$$[14] \quad b_r = \frac{(1 + \beta_r)^T - 1}{T} \text{ o bien } \beta_r = \text{anti ln} \left[\frac{\ln(1 + T b_r)}{T} \right] - 1$$

Puede comprobarse que para períodos relativamente pequeños (pocas décadas) las infraestimaciones de la velocidad de convergencia, si se utiliza directamente b_r , son de pocas décimas de porcentaje. Para períodos históricos amplios (p. ej. más de 50 años) la velocidad puede ser más del doble del coeficiente estimado, como podemos ver en el cuadro adjunto.

Cuadro 2

Valores equivalentes del coeficiente inicialmente estimado (b) para una velocidad de convergencia del 2,5% ($\beta = -0,025$)	
T	B
10	- 0,022
20	- 0,020
50	- 0,014
100	- 0,009
Fuente: Pulido (2000)	

Algunas de las aplicaciones realizadas trabajan con un modelo de *β -convergencia condicional* que completa la ecuación [13] con diversas variables explicativas del crecimiento en la región. En el cuadro adjunto, tomado de Pulido (2000), incluimos aplicaciones de siete equipos de investigación que resumen unas 100 experiencias realizadas con diferentes modelos (distintos métodos de investigación y pruebas con diversas variables explicativas).

Cuadro 3

Experiencias en velocidad de convergencia regional			
Autor	Ámbito de aplicación	Resultado	Observaciones
R. Barro y X. Sala-i-Martin (1991, 1995)	48 Estados de EEUU, 1880-1990 47 Prefecturas del Japón, 1930-1990 90 Regiones de Europa, 1950-1990	1,75 a 2,20 (1880-1990) 1,30 a 1,63 (1950-1990) 1,25 a 3,12 (1930-1990) 1,91 a 2,22 (1955-1990) 1,80 a 1,90 (1950-1990) 0,70 a 1,00 (1980-1990) 6,69	β - convergencia con ficticias regionales y variables estructurales sobre composición sectorial. Resultados conjuntos con distintos subperíodos
P. Cheshire y G. Carbonaro (1995)	122 Regiones europeas, 1979-1990	2,47 a 4,39	β - convergencia incondicional β - convergencia con factores nacionales y europeos. Regiones urbanas funcionales, con una ciudad nuclear de 200.000 ó más habitantes y una población total de un tercio de millón o más. El intervalo está referido sólo a los resultados más significativos pero existen incluso estimaciones de divergencia
A. Rodríguez-Pose (1997)	109 Regiones europeas, 1977-1993	0,6 a 1,2	β - convergencia condicional con diversas valoraciones de la moneda (ecus, PPA y ponderadas)
J. R. Cuadrado, T. Mancha y R. Garrido (1998)	97 Regiones de Europa, 1980-1993	2,8 a 3,6 (hasta 17,3 con coeficiente regional variable)	β - convergencia incondicional (producción por empleado en ecus)
E. Vayá, E. López-Bazo y M. Artís (1998)	108 Regiones de Europa, 1975-1992	2,9 a 24,4	Diversos modelos con externalidades regionales (producción por empleado en ecus)
A. de la Fuente (1998)	España, 1955-93	2,1 a 9,9	β - convergencia incondicional y condicional con diversas especificaciones
J. Villaverde (1999)	España, 1955-95	2,0 (incondicional) 7,7 (condicional)	β - convergencia condicional con ficticias regionales
Resultados de consenso	100 aplicaciones	Rango = -5,93 a 24,3 Recorrido intercuartílico = 1,2 a 3,4 Mediana = 2,1	

Fuente: Pulido (2000).

Por ejemplo, Cheshire y Carbonaro (1995) utilizan modelos de convergencia para las regiones europeas. Su aplicación parte de una delimitación funcional y no administrativa de las regiones. Sus 118 Regiones Urbanas Funcionales (RUFs) se corresponden con zonas de al menos un tercio de millón de habitantes y cuyo núcleo está constituido por una ciudad de 200.000 o más habitantes; en estas 118 regiones se produce aproximadamente la mitad del PIB europeo. Los datos corresponden al período 80-90 y los valores de renta inicial y final se calculan como promedios 1979-82 y 1987-90, respectivamente, del PIB per capita corregido por paridad del poder de compra.

El modelo utilizado incorpora como variables explicativas algunas ficticias del país sólo para casos muy especiales; dos variables referidas a la integración europea y relacionadas con el cambio de potencial económico resultante de la eliminación de tarifas, ampliación de mercado y reducción de costes de transporte; cinco variables relativas a aspectos que se consideran como merecedores de fondos europeos de solidaridad (objetivos tipo 1 y 2); y cuatro variables que recogen aspectos demográficos o de conexión con regiones vecinas, incluido el posible *efecto derrame* en I+D.

De las estimaciones realizadas (ocho diferentes variantes) se deducen velocidades de convergencia comprendidas prácticamente entre $\pm 6\%$ y generalmente no significativas con niveles de confianza incluso del 90%. El modelo más completo, con 16 variables explicativas, indica una velocidad del orden del 4,4% y el más simple (convergencia incondicional), la eleva incluso al 6,7%.

Dada la diversidad de resultados, el escepticismo de los autores les lleva a preguntarse si la estimación del proceso de convergencia no será una *caja negra* con coeficientes altamente sensibles a la especificación del modelo, consecuencia de la interrelación de múltiples factores, unos provocando convergencia y otros divergencia. Cheshire y Carbonaro terminan su trabajo con estas palabras: “Pero es mucho más útil probar y desarrollar teorías del crecimiento (regional) y buscar caminos para contrastar rigurosamente estas teorías que proporcionar medidas de convergencia que son irreales y quizás enteramente espurias”.

Naturalmente, entre las variables que puede valorarse su contribución a la convergencia están las relativas a difusión de las nuevas tecnologías. Nos remitimos a las precisiones que realizamos en los siguientes epígrafes.

6.- Funciones de producción/contabilidad del crecimiento

Descomponer el crecimiento de una región en una media ponderada de sus componentes, sean estos por el lado de la demanda, de la oferta o de las rentas, es una opción útil aunque muy limitada como propuesta explicativa.

Así, el crecimiento del VAB regional (\dot{y}^r) puede verse como un promedio, ponderado por las cuotas de participación en el período precedente, de las tasas de variación de los VAB sectoriales en que se desagregue (\dot{v}_r).

$$[15] \dot{y}_t^r = \sum_{i=1}^n \dot{v}_t^r \mathbf{a}_{i(t-1)} \text{ con } \mathbf{a}_{it} = \frac{V_{it}^r}{Y_t^r} \text{ y } \sum \alpha_i = 1$$

Como consecuencia, el impacto directo de la producción de productos vinculados a las nuevas tecnologías, p. ej. de las TIC puede medirse por el crecimiento ponderado de su VAB (\dot{v}_c) y agregar el resto de sectores (\dot{v}_0).

$$[16] \dot{y}_t^r = \dot{v}_{ct} \cdot \alpha_{c(t-1)} + \dot{v}_{0t} \cdot \alpha_{0(t-1)} \text{ con } \alpha_c + \alpha_0 = 1$$

Por ejemplo en Oliner y Sichel (2000) se utiliza la relación

$$[17] M\dot{F}P = \mathbf{m}^c M\dot{F}P^c + \mathbf{m}^s M\dot{F}P^s + \mathbf{m}^0 M\dot{F}P^0$$

en que $M\dot{F}P$ es la productividad multifactores, c es el sector productor de ordenadores, s el de semiconductores y o el resto, con ponderaciones respectivas \mathbf{m}^i en que ahora la suma de pesos es superior a la unidad al incluir inputs intermedios

$$\mu^c = \frac{(p^c Q^c)}{pY}, \mu^0 = \frac{(p^0 Q^0)}{pY}, \mu^s = \frac{(p^s Q^s)}{pY}$$

Q^i = Cantidad producida por el sector i

Y = Producción vendida como producto final

p^i = Precio del producto

y donde Q^c incluye también los ordenadores utilizados como consumo intermedio en el sector o^I .

Utilizando directamente valores añadidos y diferenciando entre manufacturas de productos informáticos y de comunicaciones, servicios de telecomunicaciones y servicios informáticos, Núñez (2001) realiza una aplicación directa para España que puede resumirse en el cuadro adjunto. Cálculos similares se realizan para la contribución en términos de empleo, productividad del trabajo y productividad total

Cuadro 4

Contribución directa de las ramas TIC al crecimiento económico (media anual 1996-1999)			
	Crecimiento VAB \dot{v}_i	Peso de cada rama $a_i = \frac{v_i}{Y}$	Contribución $\dot{v}_i \cdot a_i$
Manufacturas TIC	6,97	0,86	0,06
Servicios TC	9,19	2,61	0,24
Servicios TI	<u>14,03</u>	<u>0,79</u>	<u>0,11</u>
Total TIC	9,80	4,26	0,41
Total economía Mercado	3,70		3,70

Fuente: S. Núñez (2001) a partir de Central de Balances, DIRCE y Contabilidad Nacional. Elaboración propia.

Sin embargo, es evidente que estos efectos directos son sólo una parte de los que esas nuevas tecnologías terminan originando en el crecimiento económico de países o regiones, que incluso pueden no producir manufacturas o servicios TIC. Un primer paso consiste en valorar los efectos diferenciales del stock de capital TIC, tanto por su propio aumento (“*capital deepening*”) como por el progreso tecnológico incorporado a este tipo de inversiones.

¹ Aún sin entrar en detalles, este planteamiento en términos de productividad total de factores, exige diversos supuestos para obtener estimaciones de las $M\dot{F}P^s$, que se vinculan con la evolución de precios y costes relativos. Véase Oliner y Sichel (2000), págs. 37-48.

La habitual metodología de contabilidad del crecimiento en su versión más simplificada y aplicada al caso regional, establecería una relación entre crecimiento regional y las tasas de variación en las cantidades utilizadas de trabajo (\dot{l}^r) y capital (\dot{k}^r) con unas áreas respectivas de renta s_l^r y s_k^r y un residuo que recogería las mejoras de productividad total de factores (TFP).

$$[18] \dot{y}_t^r = s_l^r \cdot \dot{l}_t^r + s_k^r \cdot \dot{k}_t^r + TFP_t \text{ con } s_l^r + s_k^r = 1$$

Este tipo de ejercicios “contables” se inició por Solow (1957) vinculado a una *función de producción agregada* tipo Cobb-Douglas:

$$Q = A(t)K^\alpha L^{1-\alpha}$$

en que A podría estimarse por el área de renta y $A(t)$ sería un indicativo de progreso tecnológico neutral en el sentido de Hicks, es decir, que deja inalterada la relación entre factores.

Como alternativa a la estimación contable, Brown (1966) propone una valoración de los coeficientes por el «método de Tinbergen», siguiendo una propuesta de 1942 del economista holandés que incorpora un término independiente constante y una fuente residual de cambio tecnológico que se recoge en una exponencial del tiempo transcurrido (t).

$$Q_t = A_0 K_t^\alpha L_t^\beta e^{\delta t}$$

es decir

$$[19] q_t = \Delta \ln Q_t = \alpha \ln K_t + \beta \ln L_t + \delta = \alpha \dot{k}_t + \beta \dot{l}_t + \delta$$

Durante años, se han ido proponiendo desarrollos que permitan valorar mejor y descomponer ese resto, «medida de nuestra ignorancia» en palabras de Abramovitz, al que denominamos productividad². Aquí, nos referiremos, en particular, a algunas propuestas que tratan de valorar, en este contexto, el impacto de las nuevas tecnologías en el crecimiento y las mejoras de productividad.

² En Pulido (2000) se incluye un resumen de 154 experiencias realizadas por 10 investigadores, como una pequeña muestra de los miles de aplicaciones realizadas durante los últimos 50 años.

Schreyer (2000) plantea un modelo con dos sectores productivos (TIC y no-TIC) y dos tipos de capital productivo (también TIC y no-TIC) que utilizan ambos sectores. La ecuación para cada uno de los sectores es del tipo:

$$[20] \dot{q}_t = s_l l_t + s_{kc} (1 + \theta) \dot{k}_{c,t} + s_{ko} \dot{k}_{o,t} + A$$

en que c es el subíndice indicativo de capital TIC, o de capital no-TIC, θ recoge una medida del efecto especial del capital TIC y A es un indicador de progreso tecnológico no incorporado a los distintos bienes de capital.

La propuesta de Schreyer considera tres posibles efectos:

- 1) *Producción TIC*: efecto recogido por la ecuación [20] para la rama productora de este tipo de bienes con $\theta = 0$.
- 2) *Uso de capital TIC*: efecto recogido por la ecuación [20] para el conjunto de las ramas productivas no-TIC a través del sumando $s_{kc} \dot{k}_c$.
- 3) *Singularidad del capital TIC*: efecto incluido a través del parámetro θ (de difícil evaluación en la práctica) que amplifica el impacto especial del capital TIC respecto a una cantidad similar de capital no-TIC.

Klein, Duggal y Saltzman (2001) proponen utilizar funciones de producción tipo KLEMI (*Capital, Labor, Energy, Intermediate input non-ICT, ICT materials and service*) en que la variable endógena es ahora el valor total de la producción y no el valor añadido:

$$[21] X = f(K_c, K_o, L, M_c, M_o)$$

El mayor interés de este enfoque es incorporar los consumos intermedios de bienes y servicios de la información y las comunicaciones, es decir aquellos que no van directamente a formar parte de la inversión o del consumo final. Utilizando tablas input-output (TIO) pueden valorarse el uso, sector a sector, de consumos intermedios provenientes de sectores TIC. A partir de una serie de TIOs es posible ordenar los datos necesarios para estimar [21]. En el trabajo mencionado de Klein y otros, se incluyen estimaciones para EEUU referidas a los sectores del automóvil y equipo de transporte.

Para introducir el efecto de bienes TIC (tanto para capital como para consumo final) sirva como referencia la propuesta de Jorgenson y Stiroh (2000). La producción total X , se

diferencia en inversión en ordenadores (I_c), inversión en software (I_s), inversión en equipo de comunicaciones (I_m), consumo de ordenadores o software (C_c), servicios TIC para consumo (D_c) y resto (X_n). Como factores de producción se incluye trabajo (L), capital TIC (K_c , K_s y K_m), capital no-TIC (K_o), servicios TIC y no-TIC para consumo (D_c y D_o). Con una variable de progreso tecnológico (A) y bajo ciertos supuestos, los autores proponen utilizar el modelo básico:

$$\begin{aligned}
 & a_1 \Delta \ln I_c + a_2 \Delta \ln I_s + a_3 \Delta \ln I_m + a_4 \Delta \ln c_c + a_5 \Delta \ln D_c + a_6 \Delta \ln X_n = \\
 [22] & = b_1 \Delta \ln L + b_2 \Delta \ln K_c + b_3 \Delta \ln K_s + b_4 \Delta \ln K_m + b_5 \Delta \ln K_o + \\
 & + b_6 \Delta \ln D_c + b_7 \Delta \ln D_o + d \Delta \ln A
 \end{aligned}$$

La aplicación de estos planteamientos a escala regional presenta complicaciones adicionales para obtener series temporales que permitan la estimación econométrica o, incluso, el establecimiento de componentes y áreas de renta en términos de contabilidad del crecimiento. Una posibilidad es estimar estas funciones con datos de corte transversal o de panel para un conjunto de regiones. Una “proxy” al capital TIC por regiones puede encontrarse en un índice de penetración regional de estas nuevas tecnologías. Sobre la metodología adecuada de estimación haremos algunas consideraciones en el epígrafe siguiente.

En todo caso, existen problemas conceptuales que afectan al uso de todo tipo de funciones de producción agregadas. En particular está el conocido debate de *Cambridge* sobre rentas y precios de trabajo y capital; las dificultades de obtener funciones de producción agregadas que mantengan las interpretaciones conceptuales habituales a escala micro; las limitaciones de convertir en modelo explicativo del crecimiento una relación deducida de una identidad contable³.

³ Véase un resumen sobre implicaciones para la macroeconomía aplicada en Felipe y Fisher (2001).

7.- Modelos uniecuacionales con datos de panel de regiones

Temple (1998) en su «survey» sobre enfoques alternativos a efectos de evaluar las causas del crecimiento diferencial de países o regiones, señala cuatro opciones en «cross-country research»:

- A.- *Estudios históricos* que permitan una concepción más profunda de las fuentes sociales, políticas, institucionales y tecnológicas del crecimiento, que la que habitualmente incorporan los economistas teóricos y empíricos a través de modelos formalizados.
- B.- *Contabilidad del crecimiento*, utilizando áreas de renta para cada país en particular y comparando los resultados sobre participación en las variaciones relativas de la PTF.
- C.- *Regresiones del crecimiento*, en que los datos diferenciales entre países de variaciones en la utilización de factores nos proporcionan una estimación promediada de la importancia relativa de estos factores.
- D.- *Regresiones informales* («Barro regresions») en que se mezclan todo tipo de variables explicativas de las diferencias de crecimiento entre países, ya se refieran a la utilización de los factores tradicionales en sus variantes más evolucionadas (capital humano, capital físico y capital tecnológico) o traten de los múltiples condicionantes sociopolíticos en su sentido más amplio.

Para Temple, estas regresiones *informales* podrían clasificarse según aborden o no cada una de estas grandes categorías de temas:

- I.- Crecimiento de la población.
- II.- Comercio exterior y crecimiento.
- III.- Finanzas y crecimiento.
- IV.- Macroeconomía de corto plazo (por ejemplo, déficit público, inflación y estabilidad de tipos de cambio).
- V.- Tamaño del gobierno.
- VI.- Gastos públicos en infraestructura.
- VII.- Desigualdad.
- VIII.- Factores sociales y políticos.

Se trate de «regresiones de crecimiento» o de «regresiones informales», en la terminología de Temple, nos encontramos ante modelos unicuacionales con datos de corte transversal o, con más generalidad, con datos de panel. La variable endógena Y_{rt} será el PIB por persona, la productividad o cualquier otra macromagnitud de desarrollo regional comparativo. Los datos se referirán a N regiones diferentes durante T años en que, habitualmente, N es relativamente grande respecto a T . Entre las variables explicativas estarían las correspondientes a la difusión regional de las nuevas tecnologías o indicador conjunto de penetración. Las K variables explicativas X_{rt}^j ($j = 1, \dots, K$) podrían integrarse en el habitual modelo de regresión:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\mathbf{b} + \mathbf{e}$$

con \mathbf{y} indicando un vector columna de $N \times T$ datos (todas las regiones en todos los años) y \mathbf{X} una matriz de orden $(NT \times K)$. Si suponemos que las observaciones entre regiones no están correlacionadas serialmente y que los errores son homocedásticos para las diferentes regiones y períodos de tiempo, la estimación habitual de MCO nos proporciona los coeficientes de la regresión y resultarían, además, válidos los contrastes habituales.

Parece evidente, sin embargo, que las observaciones correspondientes a una misma región tendrán menos dispersión que las que se refieren a distintas regiones. La solución más elemental para obtener mejores estimadores que los de MCO (véase, p. ej., Johnston y Dinardo, 2001, págs. 450 y sgs.) es trabajar con un modelo en promedios temporales para cada una de las regiones:

$$[23] \bar{y}_r = \bar{X}_r \mathbf{b} + \mathbf{e}$$

en que ahora \bar{y}_r y \bar{X}_r tienen sólo r filas. Se puede comprobar que el estimador $\hat{\beta}$ «entre grupos» se corresponde con el correspondiente a MC2E utilizando como instrumentos estas regiones ficticias promedio. Si definimos una matriz \mathbf{D} ($NT \times N$) de ficticias que toman el valor 1 para cada región en cada uno de los años, puede calcularse el estimador

$$[24] \hat{\mathbf{b}}^1 = (\mathbf{X}'\mathbf{P}\mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}'\mathbf{P}\mathbf{y}$$

en que $\mathbf{P} = \mathbf{D}(\mathbf{D}'\mathbf{D})^{-1}\mathbf{D}'$ es la matriz que, premultiplicada por la matriz de datos, establece las medias por regiones.

Sin embargo, este estimador es sólo consistente pero no eficiente, ya que no utiliza la información «intragrupos» (los cambios en el tiempo para cada región). Utilizando ahora sólo un promedio por año para todas las regiones, obtendríamos otro estimador del tipo

$$[25] \hat{\mathbf{b}}^2 = (\mathbf{X}'\mathbf{M}\mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}'\mathbf{M}\mathbf{y}$$

$$\text{ahora con } \mathbf{M} = \mathbf{I}_{NT} - \mathbf{D}(\mathbf{D}'\mathbf{D})^{-1}\mathbf{D}'$$

Un estimador eficiente puede obtenerse como promedio ponderado de estos dos estimadores entre e intra grupos, que equivaldría a trabajar con variables transformadas del tipo

$$[26] \tilde{y}_{rt} = y_{rt} - \bar{y}_r + \mathbf{q} \bar{y}_r$$

y, similarmente, para \mathbf{X} , en donde \mathbf{q} es el coeficiente de ponderación deducido del comportamiento de los residuos de las regresiones inter e intra grupos.

El anterior planteamiento se conoce con el nombre de *modelo de efectos aleatorios* y supone descomponer el término de error en un componente individual (α_r) y otro puramente aleatorio

$$[27] \mathbf{e}_{rt} = \mathbf{a}_r + \mathbf{h}_{rt}$$

Si suponemos que (\mathbf{a}_r) está correlacionado con X_{rt} , entramos en el *modelo de efectos fijos* y se deduce un estimador eficiente en que se añaden a la regresión tantas variables ficticias como regiones (matriz \mathbf{D} de unos y ceros)

$$[28] \tilde{y}_r = \mathbf{X}_r \mathbf{b} + \mathbf{D}\mathbf{a} + \mathbf{h}$$

Habitualmente, las aplicaciones con datos correspondientes a diferentes regiones se ensayan con los diferentes tipos de modelos comentados, ya que no está clara la supremacía de uno sobre los otros. Por ejemplo en Moreno, Artís, López-Bazo y Suriñach (1997) se proponen 11 modelos alternativos para estimar una función de producción regional agregada con diferenciación entre capital público y privado. Las diferentes variantes recogen diversas formas de valoración del capital público y las tres opciones metodológicas (sin efectos

regionales, con efectos regionales fijos y con efectos aleatorios). El ejercicio se repite con funciones de producción «expandidas».

El planteamiento precedente sólo utiliza una combinación óptima de las varianzas inter e intra grupos, pero pueden diseñarse otros modelos alternativos que incorporen tanto la *autocorrelación espacial* como la *heterocedasticidad espacial* en una línea de pensamiento propuesta inicialmente por Paelinck y Klaassen (1979) y desarrollada por muy diversos autores, en particular a partir de Anselin (1988).

Admitido que el dato correspondiente a una región puede tener relación con el de otras (en particular con las limítrofes por efectos de derrame o similares), resulta útil definir un «operador de desfase espacial» en que:

$$[29] y_r = f(y_j) = \sum_{j=1}^n w_{rj} y_j$$

siendo w_{rj} unas ponderaciones de «proximidad».

La matriz \mathbf{W} es de orden $N \times N$ y podrá ser estandarizada por filas de forma tal que $\sum_j w_{rj} = 1$. En el caso más elemental, la matriz de pesos espaciales puede calcularse a partir de valores 1 y 0 según que exista relación o no entre ellas (p. ej. que sean o no colindantes). Más, en general, puede plantearse en términos de distancia física o económica. En nuestro caso, resulta de especial interés el deducir dicha matriz de pesos a partir de los flujos comerciales entre regiones.

A partir de la matriz \mathbf{W} pueden definirse distintas alternativas de modelización sobre la regresión original

$$\mathbf{y} = \mathbf{Xb} + \mathbf{e}$$

Que se corresponden con: (a) un *modelo de regresión espacial* sobre la variable endógena:

$$[30] \mathbf{y} = \mathbf{rWy} + \mathbf{Xb} + \mathbf{e}$$

(b) un *modelo de regresión espacial sobre el término de error*:

$$[31] \quad y = X\mathbf{b} + I\mathbf{W}\mathbf{e} + u$$

y dado que $\mathbf{e} = I\mathbf{W}\mathbf{e} + \mathbf{m} = (I - I\mathbf{W})^{-1}u$, este modelo equivale a aquel en que se hayan transformado previamente todas las variables por $I\mathbf{W}$.

$$[31 \text{ bis}] \quad y - I\mathbf{W}y = x\mathbf{b} - I\mathbf{W}X\mathbf{b} + \mathbf{e}$$

Para los cálculos necesarios, para una correcta estimación y contraste, pueden utilizarse programas *ad hoc* como el *Space Stat* desarrollado por Luc Anselin y sus colaboradores en University of Illinois.

A partir de una matriz \mathbf{W} de comercio interregional (Llano, 2001) podrían plantearse algunos modelos alternativos que relacionasen el crecimiento económico regional con la penetración de las nuevas tecnologías en la región.

Definida esa penetración digital en forma de un índice con base 100 para el promedio de regiones de un país (TIC), podría relacionarse el nivel de renta por persona con respecto al promedio nacional (REN) con la variable tecnológica y otras posibles variables explicativas (Z) en el contexto de un modelo de regresión espacial del tipo:

$$[32] \quad REN^r = \mathbf{r}_r W \quad REN^r + \mathbf{a}_r TIC^r + \mathbf{b}_r Z^r + \mathbf{e}_r$$

A su vez, la variable de penetración de las nuevas tecnologías podría tomarse como una “proxy” de la competitividad regional y endogeneizarla en un modelo que la relacione con aspectos tales como el nivel relativo de infraestructuras, capital humano, eficiencia institucional y otras similares (véanse, p. ej., las propuestas de Harmaakorpi, 2000; Pulido y López, 2001b).

8.- Modelos multiecuacionales con efectos interregionales

En otras publicaciones hemos revisado la amplia experiencia existente en modelos regionales (Pulido, 1994; Pulido y Cabrer, 1994; Cabrer, 2001). Aquí vamos a referirnos

exclusivamente a modelos que integran múltiples regiones, eludiendo el caso de modelos multiecuacionales referidos a una sola región.

Sin necesidad de adentrarnos en la historia reciente de la modelización multirregional (para Europa véase el resumen de Courbis, 1994) parece que existen dos líneas principales de trabajo: 1) los modelos integrados regionales-nacionales y 2) los modelos input-output multi e interregionales.

Un planteamiento que nos parece especialmente interesante, corresponde a una variante de la primera de las dos líneas enunciadas: la integración de resultados de modelos nacionales y regionales en un esquema de cálculo conjunto o «modelo de congruencia» que integre y compatibilice resultados incluso provenientes de diferentes modelos.

La idea básica de la que partimos⁴ era aplicar un modelo que, a través de una matriz de distribución regional variable en el tiempo (B^t), permitiera pasar de los valores añadidos sectoriales (X^t) de una economía en su conjunto a los regionales (Y^t):

$$[33] \hat{Y}^t = B^t * X^t$$

donde

\hat{Y} = Vector ($N*1$) de los valores añadidos para las N regiones.

X = Vector ($S*1$) de los valores añadidos para los S sectores diferenciados (datos agregados nacionales).

B = Matriz ($N*S$) de los coeficientes de distribución regional de los valores sectoriales (es decir, con suma igual a 1 para los coeficientes de cada columna).

Mantener constante en el tiempo la matriz B de coeficientes, equivaldría a igualar las tasas de crecimiento de todas las regiones (para cada sector) con la tasa media nacional. Al

⁴ El lector interesado puede encontrar los detalles en el trabajo de Fontela, E., Pulido, A. y del Sur, A., (1988), "Linking regional econometric forecasting models", *Eight International Symposium on Forecasting*, Ámsterdam, junio.

Para más detalle, puede consultarse: Pulido, A., (1990) "El futuro económico de las regiones españolas. el proyecto Hispalink", *Centro L. R. Klein*, doc. 90/5, julio 1990 (también publicado en *Las economías regionales en la España de los noventa*, Economistas Libros, 1991).

Pulido, A. y Carazo, C. (1991), "Primeras experiencias con el modelo de congruencia Hispalink", *Centro L. R. Klein*, doc. 91/2, febrero 1991.

hacer B variable en el tiempo, se introducía una matriz V de variaciones en los coeficientes, es decir, notando por 0 el año base y 1 el de cambio:

$$B^1 = B^0 + V^0$$

en que los elementos de la matriz de variaciones quedarían definidos a través de las correspondientes tasas de variación

$$v_{ij}^0 = k_{ij}^0 b_{ij}^0 \quad i = \text{región}, j = \text{sector}$$

Después de diversas transformaciones se establecía la relación que permitía homogeneizar resultados en niveles entre coeficientes de distribución y tasas de variación de las magnitudes

$$b_{ij}^1 = b_{ij}^0 \frac{(1 + r_{ij}^0)}{(1 + r_j^0)}$$

El modelo permitía, pues, su solución en valores absolutos de los coeficientes o en tasas de variación relativa de la región y sector (r_{ij}^0) respecto a la general del sector para toda la nación (r_j^0) .

Una segunda variante introducida en el modelo permitía fijar unos coeficientes o tasas para algunos sectores y regiones y estimar de forma congruente el resto. Una tercera variante (Callealta, 1992), posibilitaba introducir límites a las tasas de variación inicialmente propuestas e incluía un proceso optimizador para ajustar la suma a los valores nacionales de partida (que también pueden tener un intervalo de cambio admisible)⁵.

La idea inicial, de pasar de agregados sectoriales a regionales, creemos que podría mejorarse ahora utilizando matrices de ponderación espacial. En el cuadro 5 adjunto resumimos las principales ecuaciones de un modelo que parte de las elasticidades periodo a periodo, para cada región y sector productivo, de crecimiento regional respecto al conjunto

⁵ Callealta, F.J., (1992), "Reconciliación de datos en tablas de entrada y salida: aplicación al problema de congruencia en el modelo Hispalink", *VII Jornadas Hispalink*, Barcelona, junio..

Una visión de conjunto de los diferentes procedimientos se encuentra en:

Callealta, F.J. y López, A. M., (1995) "Una visión integrada regionalmente de la economía española: el modelo de congruencia en el proyecto Hispalink". En B. Cabrer, coordinador, *La integración regional en España*, Ed. Mundi-Prensa, Madrid.

del país. La serie de elasticidades deberá ser depurada de valores extraños (p.ej. para tasas de variación muy reducidas) y para su predicción a futuro podría emplearse una evaluación a través de expertos o una ecuación del tipo especificado en [2], a partir de una elasticidad potencial y un proceso ARMA(1,1) o similar.

Cuadro 5

Una posible propuesta de modelo multiecuacional con efectos interregionales	
<i>Ecuaciones:</i>	
[1]	$\dot{y}_t^{rs} = k_t^{rs} \hat{y}_t^s$
[2]	$k_t^{rs} = c_0^{rs} + c_1^{rs} kp_r^s + r_1^{rs} k_{t-1}^{rs} + q_1^{rs} a_{t-1}^{rs}$
[3]	$kp_r^s = c_0^s + c_1^s w^{rs} \hat{y}_r^s + c_2^s \hat{TIC}_r + c_3^s \hat{TRA}_r$
[4]	$\dot{y}_t^s = \sum_r \dot{y}_t^{rs} \cdot b_{t-1}^{rs} \quad \text{con} \quad \sum_r b_t^{rs} = 1$
[5]	$(1 + \dot{y}_t^{rsk}) = (1 + \dot{y}_t^{rs}) \cdot \frac{(1 + \hat{y}_t^s)}{(1 + \dot{y}_t^s)}$
[6]	$\dot{y}_t^r = \sum_s \dot{y}_t^{rsk} \cdot d_{t-1}^{rs} \quad \text{con} \quad \sum_s d_t^{rs} = 1$
[7]	$b_t^{rs} = b_{t-1}^{rs} \cdot \frac{(1 + \dot{y}_t^{rs})}{(1 + \dot{y}_t^s)}$
[8]	$d_t^{rs} = d_{t-1}^{rs} \cdot \frac{(1 + \dot{y}_t^{rs})}{(1 + \dot{y}_t^r)}$
<i>Nomenclatura:</i>	
\dot{y}	= tasa de variación de la magnitud tomada como referencia (p.ej. VAB).
k	= elasticidad.
kp	= elasticidad potencial (estimada) según factores diferenciales.
b	= área de participación, total nacional=1
d	= área de participación, total regional=1
w	= coeficiente de la matriz de proximidad regional a partir de los flujos interregionales.
TIC	= indicador de penetración relativa de las nuevas tecnologías (total nacional =100).
TRA	= indicador del saldo de transferencias a la región (en porcentaje del PIB).
r, s, t	= índices de referencia a región (r), sector (s) y periodo de tiempo (t).
$\bar{\cdot}, \hat{\cdot}$	= indicativos de promedio temporal ($\bar{\cdot}$) y variable exógena al modelo ($\hat{\cdot}$).
Fuente: Elaboración propia.	

La elasticidad potencial se hace depender, con datos de corte transversal, de las variaciones promedio (durante un periodo seleccionado) de las distintas regiones ponderadas por su proximidad con cada región de referencia, así como de un indicador de penetración de las nuevas tecnologías y una variable indicativa del saldo de transferencias. Se trata de valorar el efecto que puede haber tenido en un crecimiento diferencial con respecto a la media del país: mercados regionales más dinámicos, una mayor competitividad estructural (medida a través de la adopción de tecnologías innovadoras) y transferencias internacionales o de otras regiones.

El resto del modelo trata sólo de garantizar el crecimiento sectorial inicial (ecuaciones 4 a 6) así como el cálculo consecutivo de los pesos sectoriales dentro de la región y de la región en el total nacional.

La inclusión de una variable sobre penetración de las TIC como explicativa de la mayor o menor elasticidad del crecimiento sectorial de la región al crecimiento conjunto del sector, posibilita obtener una valoración del efecto diferencial de estas nuevas tecnologías, que puede agregarse para obtener una medida integrada a escala regional.

Una alternativa más elaborada debe entrar en detalles sobre la utilización de estas nuevas tecnologías por los diferentes sectores productivos y valorar posibles efectos de inputs intermedios o productos finales provenientes del comercio interregional. En Pulido (1992 y 1996) se realizan unas primeras propuestas para un modelo multiregional integrado con desagregación sectorial. La idea básica consiste en disponer de tablas input-output (TIO) para todas las regiones y un mismo año de referencia, congruentes con la TIO nacional. Cada casilla de cada tabla deberá diferenciar la información según su origen sea de la propia región, de otras regiones o del resto del mundo. Se proponen procedimientos indirectos para redistribuir regionalmente los flujos agregados de comercio de cada región con el resto de las regiones a partir de <<pool techniques>> en línea con el trabajo pionero de Isard (1953) y la aplicación de Leontief (1977) al caso de países. Se trata de integrar todas las importaciones de todas las regiones en un fondo único o *pool* para cada producto, a partir del cual se establecen unas cuotas o áreas de participación regional.

Un modelo ideal (el modelo multirregional de Isard), prácticamente inaplicable, llegaría al extremo de exigir N^2 matrices input-output de N regiones y s sectores, cada una de ellas de orden $s \times s$ para los consumos intermedios. Según la notación de Miller y Blair (1985):

$$z = \begin{bmatrix} z^{11} & z^{12} & \cdots & z^{1N} \\ z^{21} & z^{22} & \cdots & z^{2N} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ z^{N1} & z^{N2} & \cdots & z^{NN} \end{bmatrix}$$

en que z^{rr} recoge las transacciones realizadas entre los s sectores dentro de la región y $z^{r'r}$ las ventas de los sectores de la región r a cada uno de los sectores de la región r' .

En la práctica, la información máxima disponible permite diferenciar por producto de origen y región de destino, pero no, adicionalmente, por sector de destino, utilizándose supuestos simplificadores como el habitual de que la proporción de importaciones (el coeficiente de importación) sea igual para todos los destinos.

Siendo $m_i^{r'r}$ el flujo de bienes i provenientes de la región r' con destino r y m_i^r el total de importaciones provenientes del conjunto de las restantes regiones, se definen unos coeficientes de “localización”:

$$[34] \quad c_i^{r'r} = \frac{m_i^{r'r}}{m_i^r}$$

que nos permiten estimar los inputs importados de un producto i asignados a un sector j de la región receptora:

$$[35] \quad z_{ij}^{r'r} = c_i^{r'r} \cdot z_{ij}^r$$

y, en forma similar, para la demanda final y sus distintos componentes:

$$[36] \quad y_{if}^{r'r} = c_i^{r'r} \cdot y_{if}^r$$

Este ha sido el criterio seguido en diversos modelos interregionales, como Oosterhaven (1995) o en el propio modelo INTERTIO para España (Pérez, Dones y López, 2000).

De esta forma, podría establecerse un modelo interregional en que para cada una de las N regiones tendremos una producción de bienes y servicios (X^r) que irá a cada uno de los sectores diferenciados dentro de la propia región (z^{rr}) o a otras regiones (z^{rj}), así como a la demanda final interior, de otras regiones o del resto del mundo (y^r):

$$[37] \begin{bmatrix} X^1 \\ \vdots \\ X^N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z^{11} & \dots & Z^{1N} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ Z^{N1} & \dots & Z^{NN} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Y^1 \\ \vdots \\ Y^N \end{bmatrix}$$

y poder calcular los efectos multiplicadores de cualquier cambio en la demanda final de cualquier región sobre el resto de regiones:

$$[38] X = (I - A)^{-1} Y = \begin{bmatrix} X^1 \\ \vdots \\ X^N \end{bmatrix} = \left(\begin{bmatrix} I & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & I \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} A^{11} & \dots & A^{1N} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ A^{N1} & \dots & A^{NN} \end{bmatrix} \right)^{-1} * \begin{bmatrix} y^1 \\ \vdots \\ y^N \end{bmatrix}$$

Para el cálculo de los flujos interregionales por productos se han utilizado habitualmente encuestas de tráfico de mercancías por los diferentes medios de transporte, complementadas con índices de precios por productos y depuradas de múltiples problemas que plantea el tráfico interior de mercancías provenientes del resto del mundo, depósitos intermedios y centrales de compras, etc. (véase Llano, 2000 y 2001).

La adaptación de este modelo a la valoración de efectos interregionales de la difusión de nuevas tecnologías exige algunas consideraciones adicionales. Partimos de dos limitaciones importantes: 1ª) el progreso de estas nuevas tecnologías incorporado a los bienes de capital no es asignable por sectores de destino, por el propio planteamiento del modelo, que recoge como formación bruta de capital el total del destino; 2ª) los efectos de la producción de bienes son comparativamente reducidos con respecto a su utilización en los

procesos productivos, dado que la cuota de importación proveniente del resto del mundo suele ser muy elevada.

Partiremos de una asignación de aquellas ramas de producción que se consideran intensivas en tecnologías según criterios internacionales. Por ejemplo, de las dieciséis ramas diferenciadas en nuestra matriz de comercio interregional (Llano, 2001) podrían considerarse como intensivas en tecnología a la Química, Maquinaria no eléctrica, Electricidad-Electrónica y Equipos de transporte. A través de los flujos intersectoriales podemos calcular la cuantía de los inputs directos e indirectos provenientes de estos sectores intensivos en tecnología, así como la región de procedencia. Las aplicaciones pueden ser múltiples en términos de puestos de trabajo especializado en nuevas tecnologías, transferencias de productividad entre regiones o efectos sobre precios y competitividad regional (véase, p.ej. Fontela y Pulido, 1995; Fontela, Lo Cascio y Pulido, 2001).

Bibliografía

- Anselin, L.**, (1988), *Spatial Econometrics: Methods and Models*, Kluwer Academic.
- Bassanini, A., Scarpetta, S. y Visco, I.**, (2000), *Knowledge, technology and economic growth: recent evidence from OECD countries*. OCDE, Economic Department Working Papers n° 259, octubre 2000.
- Barro, R. y Sala-i-Martín, X.**, (1995) *Economic Growth*, McGraw-Hill.
- Brown, M.**, (1966), *On the theory and measurement of technological change*, Cambridge University Press.
- Cabrer, B.**, editor (2001), *Análisis regional. El proyecto Hispalink*, Ed. Mundi-Prensa.
- Callealta, F.J.**, (1992), “Reconciliación de datos en tablas de entrada y salida: aplicación al problema de congruencia en el modelo Hispalink”. *VII Jornadas Hispalink*, Barcelona, junio 1992.
- Callealta, F.J. y López, A.M.**, (1995), “Una visión integrada regionalmente de la economía española: el modelo de congruencia en el proyecto Hispalink”. En B. Cabrer, coordinador, *La integración regional en España*, Ed. Mundi-Prensa.
- Cheshire, P. y Carbonaro, G.**, (1995) *Convergence/divergence in regional growth rates: an empty black box?* University of Reading, Discussion Papers in Urban and Regional Economics, series C, vol. VIII.
- Colecchia, A. y Schreyer, P.**, (2001), *ICT investment and economic growth in the 1990s: Is the United States a unique case?*. OCDE, STI Working Papers 2001/7, octubre 2001.
- Courbis, R.**, (1994), “La modelización multirregional en Europa Occidental: balance y perspectivas”. En Pulido y Cabrer, coordinadores, *Datos, técnicas y resultados del moderno análisis económico regional*, Ed. Mundi-Prensa.
- Craft, N.**, (2000), *Globalization and growth in the twentieth century*, IMF Working Paper, WP/00/44, marzo 2000.
- Crafts, N. y Mills, T.C.**, (1996), *Quantitative aspects of post-war European economic growth*, Cambridge University Press.
- Cuadrado, J. R., Mancha, T. y Garrido, R.**, (1998) *Convergencia regional en España. Hechos, tendencias y perspectivas*, Fundación Argentaria.

- Felipe, J. y Fisher, F.M.**, (2001), “Aggregation in production functions: what applied economists should know”, *Old and New Growth Theories: An Assessment*, Pisa, octubre.
- Fontela, E.; Pulido, A., y del Sur, A.**, (1988) “Linking regional econometric forecasting models”. *Eighth International Symposium on Forecasting*, Amsterdam, junio.
- Fontela, E. y Pulido, A.**, (1995), “Medición de las ganancias de productividad generadas en Castilla y León y su distribución al exterior de la región”, documento de trabajo, Instituto L.R.Klein, mimeo.
- Fontela, E., Lo Cascio, M. y Pulido, A.**, (2000), “Systemic productivity and relative prices in an input-output framework”, *XIII International Conference on Input-Output Techniques*, Macerata, agosto.
- Fuente, A. de la**, (1998) *What kind of regional convergence?*, Ministerio de Economía y Hacienda. Dirección General de Análisis y Programación Presupuestaria. Documento de trabajo preliminar, abril 1998.
- Gordon, R. J.**, (2000), “Does the «new economy» measure up to the great inventions of the past?”. *Journal of Economic Perspectives* (draft mayo 2000).
- Harmaakorpi, V.**, (2000), “Regional competitiveness in the new European Economy-case: semicentric subnational regio”, *10th. ARTIC Workshop*.
- Isard, W.**, (1953), “Regional commodity balances and interregional commodity flows”, *The American Economic Review*, vol. 43, mayo.
- Johnston, J. y Dinardo, J.**, (2001), *Métodos de Econometría*, Ed. Vicens Vives.
- Jorgenson, D. W. y Stiroh, K. J.**, (2000), *Raising the speed limit: U.S. economic growth in the information age*. Federal Reserve Bank of New York.
- Klein, L. R., Duggal, V. y Saltzman, C.**, (2001), *Contribution of input-output analysis to the understanding of technological change: The Information Sector in the United States*. Proyecto LINK, United Nations.
- Klein, L. R. y Kumasaka, V.**, (2000), *IT revolution and increasing returns to scale in the U.S. economy*. Project LINK, United Nations.
- Leontief, W. et al**, (1977), *The future of the world economy*, Oxford University Press.
- Llano, C.**, (2000), “The estimation of the interregional trade in the context of an interregional input-output model for the Spanish economy”, *XIII International Conference on Input-Output Techniques*, Macerata, agosto.

- Llano, C.**, (2001), *Economía sectorial y espacial: el comercio interregional en el marco input-output*, Tesis doctoral, Instituto L.R.Klein, Universidad Autónoma de Madrid.
- López, A.M.**, (2001), “Penetración Regional de las TIC”, en *Fuentes Estadísticas*, número 51, páginas 19-20, febrero.
- López, A.M.**, (2001), "El Mercado TI: Penetración Regional". Nota de alerta quincenal, publicada en <http://www.n-economia.com>, octubre.
- López, A.M.**, (2001), “La nueva economía y su penetración regional”, en *Boletín AESPLAN*, páginas 14-15, noviembre.
- López, A.M.**, (2001), "Luces y Sombras de la nueva economía a escala regional". Nota de alerta quincenal, publicada en <http://www.n-economia.com>, noviembre.
- López, A.M. y Pulido, A.**, (2001), “Penetración de las TIC y crecimiento económico”, en La Sociedad de la Información en España, *Revista del Instituto de Estudios Económicos*, números 1 y 2/2001, páginas 253-272, noviembre.
- Mc Morrow, K. y Roeger, W.P.**, (2000), *Potential output: measurement methods, «new» economy influences and scenarios for 2001-2010. A comparison of the EU-15 and the US*. Comisión Europea, documento ECFIN-150.
- Miller, R. y Blair, P.**, (1985), *Input-output analysis: foundations and extensions*, Prentice-Hall.
- Moreno, R.; Artís, M., López-Bazo, E. y Suriñach, J.**, (1997), *Evidence on the complex link between infrastructure and regional growth*, Universidad de Barcelona, Documents de Treball, nº E 97/19, octubre.
- Núñez, S.**, (2001), “La contribución de las ramas de las tecnologías de la información y las comunicaciones al crecimiento de la economía española”. *Boletín Económico del Banco de España*, octubre 2001.
- Oliner, S.D. y Sichel, D.E.**, (1994), “Computers and output growth revisited: how big is the puzzle?”. *Brookings Papers on Economic Activity*, nº 2, 1994, págs. 273-317.
- Oliner, S.D. y Sichel, D.E.**, (2000), *The resurgence of growth in the late 1990s: Is information technology the story?*. Federal Reserve Board.
- Oosterhaven, J.**, (1995), “European Community intercountry input-output relations: construction method and main results”, *Economic System Research*, vol. 7, nº 3.
- Paelinck, J. y Klaassen L.**, (1979), *Spatial Econometrics*, Saxon House.

- Pérez, J., Dones, M. y López, A.M.**, (2000), “An integrated Multirregional Multisectorial I-O Model of Spain”, *XIII International Conference of Input-Output Techniques*, Maccerrata, Italia, 21-25 agosto 2000.
- Pilat, D. y Lee, F.C.**, (2001), *Productivity growth in ICT-producing and ICT-using industries: A source of growth differentials in the OECD?*. OCDE, STI Working Papers 2001/4, junio 2001.
- Pulido, A.**, (1991), “El futuro económico de las regiones españolas. El proyecto Hispalink”. En *Las economías regionales en la España de los noventa*, Economistas Libros.
- Pulido, A.**, (1992), *Propuesta metodológica para el diseño de un modelo de análisis regional integrado con desagregación sectorial*, Instituto L.R.Klein, documento 92/4, abril.
- Pulido, A.**, (1994), “Panorámica de la modelización econométrica regional”. *Cuadernos Aragoneses de Economía* vol. 4, nº 2, F. J. Trivez (coordinador).
- Pulido, A.**, (1996), “Input-Output regional: posibilidades y limitaciones”, *XXII Reunión de Estudios Regionales*, Asociación Española de Ciencia Regional, Pamplona.
- Pulido, A.**, (2000), *Economía en acción*, Ed. Pirámide.
- Pulido, A.**, (2001), “La nueva economía: medición de sus efectos”. *Información Comercial Española*, nº 793, agosto-septiembre 2001.
- Pulido, A. y Cabrer, B.**, coordinadores (1994), *Datos, técnicas y resultados del moderno análisis económico regional*, Ed. Mundi-Prensa.
- Pulido, A. y Carazo, C.**, (1991), *Primeras experiencias con el modelo de congruencia Hispalink*. Documento 91/2, Instituto L. R. Klein.
- Pulido, A. y López, A.**, (2001a), directores, *Penetración regional de la nueva economía*, Informe semestral de N-economía, Editado por la Consejería de Economía e Innovación Tecnológica de la Comunidad de Madrid, Octubre.
- Pulido, A. y López, A.**, (2001b) *Una propuesta metodológica para evaluar regionalmente la economía digital*. XXVII Reunión de Estudios Regionales, noviembre.
- Pulido, A. y Pérez, J.**, (2001). “Hacia una valoración del impacto macroeconómico de las TIC”, XV Reunión Asepelt, A Coruña, junio 2001.
- Rodríguez-Pose, A.**, (1997) “El papel del factor estatal en la percepción de la convergencia regional en la Unión Europea”, *Información Comercial Española*, nº 762, mayo, pp.9-23.

- Sánchez de la Vega, J. C. y Lazarich, R.**, (2001), *Elaboración de un indicador de penetración de la nueva economía: Aplicación al caso de las Comunidades Autónomas*, XXVII Reunión de Estudios Regionales, noviembre 2001.
- Schreyer, P.**, (1998), *Information and communication technology and the measurement of real output, final demand and productivity*. STI Working Paper 1998/2, OCDE.
- Schreyer, P.**, (2000), *The contribution of information and communication technology to output growth: A study of the G-7 countries*. OCDE, Documento DSTI, 2000 (2).
- Sichel, D. E.**, (1997), *The computer revolution: An economic perspective*. Brookings.
- Sichel, D. E.**, (1999), "Computers and aggregate economic growth: An update". *Business Economics*, vol. 34, nº 2.
- Temple, J.**, (1998), "The new growth evidence", *Journal of Economic Literature* (pendiente de publicación en la referencia de 1998 disponible en Internet, www.nuff.ox.ac.uk).
- Vanhoudt, P. y Onorante, L.**, (2001), "Measuring economic growth and the new economy". *EIB Papers*, vol. 6, nº 1.
- Vayá, E. López-Bazo, E. y Artís, M.**, (1998) *Growth convergence and (why not?) regional externalities*, Universidad de Barcelona, Documents de Treball nºE98/31, junio.
- Wheland, K.**, (2000), "Computers, obsolescence and productivity". *Federal Reserve Board. Finance and Economics Discussion Paper*, nº 2000.6.
- Villaverde, J.**, (1999) *Disparidades regionales en España y Unión Monetaria Europea*. Ed. Pirámide.

Cuadernos del Fondo de Investigación Richard Stone publicados anteriormente

- Nº1** Pulido, A., *Posibilidades y limitaciones de las Matemáticas en la Economía*, junio 2002, 33 páginas.
- Nº2** Dones, M. y Pérez, J., *Evaluación de los efectos macroeconómicos de los Fondos Estructurales y los Fondos de Cohesión (1995-1999) mediante Tablas Input-Output regionales integradas*, junio 2002, 25 páginas.
- Nº3** Fontela, E., *Precios relativos y estructuras de los mercados: diálogo fuera del tiempo con Luigi Solari*, junio 2002, 22 páginas.