

FLUJOS TECNOLÓGICOS INTERSECTORIALES EN EL SECTOR FORESTAL

A. C. Herruzo Martínez, M. Martínez Núñez y R. Rivas Menchón*

Departamento de Economía y Gestión Forestal, ETS Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. Ciudad Universitaria s/n. 28040-MADRID (España)

*BIC Euronova-CESEAND, Parque Tecnológico de Andalucía. Campanillas. 29590-MÁLAGA (España). Correo electrónico:herrzc@montes.upm.es

Resumen

En este trabajo se presenta una matriz input-output de coeficientes tecnológicos basados en una concordancia de patentes, la Concordancia Tecnológica de Yale (YTC), que permite analizar los flujos tecnológicos en tres ramas de actividad del sector forestal: silvicultura y explotación forestal, industria de la madera e industria del papel. En general, la tecnología utilizada en el sector forestal proviene mayoritariamente del sector de maquinaria industrial, seguido de las industrias de productos metálicos y química, respectivamente. El mayor nivel de autoabastecimiento tecnológico se refleja en el sector del papel, siendo prácticamente nulo en la rama silvicultura y explotación forestal.

Palabras clave: *Economía forestal, Tecnología, Patentes, Concordancia tecnológica*

INTRODUCCIÓN

Por regla general, en la gran mayoría de los sectores económicos se realizan actividades de investigación con el fin de generar innovaciones -nuevos productos o procesos- que una vez incorporadas a los procesos productivos permitan elevar los niveles de productividad. No obstante, las investigaciones efectuadas en un determinado sector económico también pueden afectar positivamente a otros sectores de la economía. Este fenómeno es conocido en la literatura económica por efectos desbordamiento o externalidades tecnológicas.

GRILICHES (1979) hace la distinción entre dos tipos de externalidades tecnológicas: Externalidades de renta o "pecuniarias" y externalidades del conocimiento. Las primeras tienen lugar cuando las innovaciones tecnológicas incorporadas en los inputs intermedios o de capital adquiridos por un

sector o industria tienen un precio inferior al valor real que genera su utilización en la producción de bienes y servicios. En estos casos, la entidad que adquiere el input percibe una renta de la industria donde se origina y manufactura este medio de producción lo que, en última instancia, producirá un aumento de la productividad total del sector usuario de la innovación.

Por otra parte, las externalidades del conocimiento tienen lugar cuando la difusión de una innovación generada en un determinado sector contribuye al desarrollo de innovaciones tecnológicas en otros sectores o campos científicos. A veces, ambos tipos de externalidades son difíciles de disociar ya que los flujos intersectoriales de conocimientos pueden también generar rentas para sus receptores, y la difusión intersectorial de conocimientos técnicos puede, a su vez, canalizarse mediante el aprendizaje que supone la adopción y utilización de nuevos medios de producción.

Las estadísticas de patentes constituyen un valioso indicador para medir los resultados generados por las actividades de I+D, dada su fácil disponibilidad, su estrecha relación con la actividad inventiva, y su fundamentación en criterios objetivos y duraderos. No obstante, el uso de las patentes como instrumento de análisis económico se ve dificultado, entre otros obstáculos, por la forma en que se elaboran sus estadísticas. En efecto, la Clasificación Internacional de Patentes (IPC), según la cual se clasifican las patentes registradas en todos los países, utiliza criterios técnicos y funcionales de escasa utilidad para el análisis económico. Así, por ejemplo, las estadísticas sobre patentes pueden informar sobre el avance de una rama tecnológica específica, pero no del sector económico en el que se utiliza dicha tecnología.

La Concordancia Tecnológica de Yale (YTC) (EVENSON & JOHNSON, 1997; KORTUM & PUTNAM, 1997), resuelve este problema al establecer una correspondencia entre grupos de patentes, clasificadas por campos tecnológicos, y aquellas ramas industriales en las que se manufacturan y/ o utilizan estas patentes. Este método de asignación de patentes por industrias o sectores económicos tiene su origen en el sistema de clasificación de patentes desarrollado por la Oficina Canadiense de Patentes (ELLIS, 1981) la cual, desde 1972 a 1995, ha venido asignando simultáneamente, a cada una de las más de 300,000 patentes registradas, clases de la IPC y códigos de sectores de manufactura (SOM) y sectores de uso (SOU). A partir de esta base de datos (PATDAT), ha sido posible computar distribuciones de probabilidad y elaborar un sistema de correspondencias, entre campos tecnológicos de la IPC y sectores económicos, según la "Standard Industrial Classification" (SIC).

Entre los trabajos que han aplicado la YTC se encuentran EVENSON (1991), FIKKERT (1997), JOHNSON & EVENSON (1999) y JOHNSON & SANTANIELLO (2000). En España la YTC ha sido utilizada para cuantificar el acervo tecnológico y determinar grado de dependencia tecnológica exterior en la industria forestal española (HERRUZO Y RIVAS, 2000), y en el sector agrario y su industria auxiliar (RIVAS Y HERRUZO 2003).

En este trabajo se presenta una matriz input-output de coeficientes tecnológicos basada en la YTC con el fin de identificar los flujos tecnológicos intersectoriales e intrasectoriales en tres

ramas de la industria forestal: selvicultura y explotación forestal, industria de la madera y corcho, e industria del papel. El conocimiento del origen sectorial de la tecnología utilizada en el sector forestal, así como su grado de autoabastecimiento tecnológico, tiene interés en la medida que permite saber dónde sería necesario actuar si se desea incrementar las disponibilidades tecnológicas del sector. Asimismo, puede indicar que la mejora tecnológica de una determinado rama de actividad no depende, necesariamente, en exclusiva, de su propia capacidad para generar tecnología.

MATERIALES Y MÉTODOS

El modelo de concordancia

Siguiendo a KORTUM & PUTMAN (1997), partimos de que es posible agrupar la economía de un país en $j = 1, \dots, J$ sectores o ramas de la actividad que se corresponden con los distintos grupos clasificatorios - códigos - establecidos en la SIC, y asumimos que cada patente puede asociarse exactamente con uno de los J sectores económicos. Suponemos también que los campos tecnológicos pueden agruparse en los $i = 1, \dots, I$ códigos de la IPC y que cada patente se identifica exactamente con uno de esos códigos.

Sea a_{ij} la probabilidad de que una patente se asocie al sector económico j condicionado al hecho de pertenecer al campo tecnológico i :

$$a_{ij} = P[SIC=j | IPC=i] \quad (1)$$

El vector columna J -dimensional de estas probabilidades condicionadas para cada uno de los I campos tecnológicos vendrá representado por:

$$a_i = (a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{ij})' \quad (2)$$

Los vectores a_i' definen las filas de una matriz $I \times J$, denominada matriz de concordancia y denotada por A :

$$A = \begin{pmatrix} a_1' \\ a_2' \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ a_I' \end{pmatrix} \quad (3)$$

Veamos, en primer lugar, el modelo de inferencia en el contexto de un país genérico M . Posteriormente, se planteará el problema de la esti-

mación usando para ello la información muestral del caso canadiense (base de datos PATDAT).

El modelo de inferencias

Sea $x=(x_1, \dots, x_I)'$ la matriz columna que representa el número de patentes agrupadas por campos tecnológicos, $i=1, \dots, I$, en el país.

Sea A la matriz definida anteriormente con las probabilidades referidas al contexto del país M .

Sea $Y=(Y_1, \dots, Y_J)'$ la matriz columna que representa cómo se distribuyen las patentes anteriores en los diferentes sectores económicos de uso en M . En principio, esta distribución es desconocida en dicho país; por tanto, Y es un vector aleatorio del cual sabemos que

$$\sum_{j=1}^J Y_j = \sum_{i=1}^I x_i$$

El objetivo del modelo consiste en realizar predicciones de las variables Y_j , utilizando para ello la información del vector x y el concepto de esperanza condicionada

$$E[Y/x] \quad j = 1, \dots, J. \quad (4)$$

Estos valores se recogerán dentro de un vector que denotaremos por $E[Y/x]$. Con esta notación, y teniendo en cuenta la definición de las probabilidades que determinan la matriz A , el modelo de inferencia viene dado por la ecuación: $E[Y/x] = A'x$ (5)

Con este modelo, dado una distribución de patentes en campos tecnológicos, x , se pretende prever cuál será la distribución de dichas patentes en sectores industriales. Para realizar dicha predicción no sólo nos hará falta x sino también la matriz A .

Estimación de la matriz A

Un estimador de Máxima Verosimilitud para los elementos a_{ij} de la matriz A sería el siguiente:

$$\hat{a}_{ij} = \frac{Y_{ij}}{x_i} \quad (6)$$

donde Y_{ij} representa el nº de patentes que procediendo del campo tecnológico i acaban asociadas al sector económico j .

Como no todos los países poseen datos sobre las variables Y_{ij} , la matriz A se estimará utilizando el caso canadiense (base de datos PATDAT). Dicha matriz estimada se denotará por \hat{A} .

El modelo de inferencia para el país M quedaría definido por la siguiente ecuación:

$$E[Y | x] = \hat{A}'x$$

La eficacia predictiva de este modelo de inferencia en el contexto del país genérico M depende, en primer lugar, del grado de variación en el tiempo de la matriz A definida en (3) y, en segundo lugar, de la similitud de esta matriz en un conjunto de países, entre los que se encuentra Canadá. La primera condición resulta necesaria para estimar la matriz \hat{A} a partir de la base de datos canadiense y la segunda para poder utilizar la matriz estimada \hat{A} para predecir las patentes por sectores económicos en otros países distintos de Canadá. KORTUM & PUTNAM (1997) proporcionan información sobre la magnitud de los posibles errores de predicción que pueden derivarse de la aplicación de la YTC.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante un procedimiento análogo al modelo de concordancia anterior es posible caracterizar los flujos tecnológicos entre los sectores que crean la tecnología para el sector forestal (SOM) y las ramas de actividad forestal donde estas tecnologías son usadas (SOU). La tabla 1 muestra la matriz input-output de flujos tecnológicos para las tres ramas de actividad del sector forestal consideradas, obtenida a partir de la base de datos PATDAT. Cada fila representa una industria o sector de manufactura de la tecnología y cada columna las ramas del sector forestal usuarias de la tecnología. Los elementos de cada columna representan el porcentaje de la tecnología usada en cada rama de actividad forestal que procede de cada una de las industrias de manufactura. Los elementos en cada columna suman cien. Por otra parte, se han considerado 16 industrias de manufactura que generan patentes utilizadas en el sector forestal, descartándose aquellas cuya contribución a la tecnología usada en el sector es inferior al 0,1%.

Puede apreciarse que la tecnología que utiliza el sector forestal proviene mayoritariamente del sector de maquinaria industrial, 76,28% en la rama selvicultura y explotación forestal, 61,64% en pasta y papel y 48,26% en transformación de la madera. Otras industria con una importante aportación tecnológica al sector son la industria de productos metálicos (a excepción del sector

Uso	Transformación de la madera	Pasta y papel	Selvicultura y Expl. Forestales
Manufactura			
Productos del caucho	0,10	0,19	
Productos plásticos	1,09	1,74	0,85
Materias primas textiles	0,10	0,58	
Productos textiles	0,79	0,64	0,21
Transformación de la madera	10,53		0,21
Mobiliario y accesorios	0,30		
Pasta y papel	0,30	18,15	
Artes gráficas		0,32	
Productos metálicos	17,08	0,58	10,04
Maquinaria industrial	48,26	61,64	76,28
Equipos de transporte	0,40		1,71
Productos eléctricos y electrónicos	2,09	1,48	0,85
Productos minerales no metálicos	0,70	0,13	
Productos del carbón y petróleo	0,10	0,10	0,21
Química y de productos químicos	14,90	12,10	7,48
Otros productos manufacturados	3,28	2,25	1,71

Tabla 1. Flujos tecnológicos intersectoriales en el sector forestal. Fuente: Elaboración propia a partir de la YTC

de pasta y papel) y la industria química. Con menor incidencia encontramos a las industrias de otros productos manufacturados, productos eléctricos y electrónicos y productos plásticos.

El mayor grado de autoabastecimiento tecnológico se detecta en la industria de pasta y papel, donde más del 18% de las patentes utilizadas son generadas en el propio sector. Esta proporción, en el caso de la industria de transformación de la madera, desciende al 10,53% y es insignificante en el sector selvicultura y explotación forestal. Dado que son muy escasas las empresas que realizan investigación en esta rama de actividad, el sector selvicultura y explotación forestal es receptor neto de tecnologías y, en este caso, los flujos tecnológicos intrasectoriales proceden esencialmente de las entidades de investigación públicas.

La tabla 2 presenta una nueva matriz input-output de flujos tecnológicos pero a un nivel de desagregación mayor. Ahora las columnas representan las correspondientes subramas en las que se divide la industria de transformación de la madera de acuerdo a la clasificación SIC: Industria de aserradero, industria de tableros, fabricación de puertas e industria de envases y embalajes. En este caso se han considerado sólo tres industrias de manufactura pero también a un

nivel mayor de desagregación: industria de transformación de la madera, para medir el grado de autoabastecimiento tecnológico, la industria de productos metálicos y la industria de maquinaria industrial. En esta tabla es posible identificar con mayor detalle los flujos tecnológicos de esta rama del sector forestal. En concreto, es posible apreciar que la preponderancia en el abastecimiento tecnológico forestal de la industria de maquinaria industrial procede de la rama de otra maquinaria y equipos que, en el caso de la industria de aserradero, proporciona casi el 85% de la tecnología utilizada. Por otra parte, es posible apreciar que el mayor grado de autoabastecimiento tecnológico dentro de la industria de transformación de la madera se consigue en la industria de envases y embalajes.

La matriz input-output de coeficientes tecnológicos puede resultar útil para avanzar en el conocimiento y caracterización de los aspectos tecnológicos del sector forestal. Entre otras aplicaciones de interés la matriz de flujos tecnológicos podría utilizarse conjuntamente con la información sobre el volumen total de patentes con uso potencial en sector forestal, obtenida a partir de la base de datos de la OEPM (véase HERRUZO Y RIVAS, 2000), para predecir los flujos tecnoló-

Manufactura		Uso	Aserrado	Tableros	Fabricación de puertas	Envases y embalajes	Otras industrias de madera
Transformación de la madera	Aserrado		0,80		0,39		
	Tableros			9,09			
	Fabricación de puertas				10,47		
	Envases y embalajes					38,10	
	Otras industrias de la madera				0,39		14,66
Productos metálicos	Productores de vapor y calor		0,40				
	Estructuras de metal prefabricadas						0,24
	Productos de metal para construcción				0,78	4,76	0,24
	Estampados a presión y revestimientos de metal				1,16	4,76	
	Productos de alambre				0,39		
	Herramientas		0,80		51,94	14,29	1,65
	Equipos de calor		1,20				0,24
Maquinaria industrial	Otras industrias de metal		0,40		2,33		0,95
	Utensilios agrícolas		0,40				0,24
Química y de productos químicos	Otra maquinaria y equipos		84,80	60,00	13,57	28,57	46,81
	Industria agrícolas de compuestos químicos						2,36
	Plásticos y resinas sintéticas		0,40	3,64			2,13
	Pintura y barniz				0,39		2,36
	Otros productos químicos industriales			14,55	2,33		23,64

Tabla 2. Flujos tecnológicos de la industria de transformación de la madera. Fuente: Elaboración propia a partir de la YTC

gicos en el sector forestal español en términos absolutos, número de patentes. Asimismo, a partir de las estadísticas de gasto nacional en investigación podría ser posible construir medidas financieras del volumen de recursos de investigación que fluye hacia el sector forestal, desde el resto de la economía, y su distribución entre sus diferentes ramas de actividad.

Agradecimientos

Esta investigación se enmarca dentro del proyecto “La producción sostenible de madera en España: aspectos económicos y ambientales”, financiado por la Fundación BBVA.

BIBLIOGRAFÍA

- ELLIS, E.; 1981. Canadian patent data base: The philosophy, construction and uses of the Canadian Patent Data Base PATDAT. *World Patent Information* 3: 13-18.
- EVENSON, R.E.; 1991. Inventions intended for use in agriculture and related industries: International comparisons. *Am. J. Agric. Econ.* 73(3): 887-891.
- EVENSON, R.E. & JOHNSON, D.K.N.; 1997. Introduction: invention Input-Output analysis. *Econ. Syst. Res.* 9(2): 149-160
- FIKKERT, B.; 1997. Application of the Yale Technology Concordance to the construction

- of international spillovers variables for India. *Econ. Syst. Res.* 9(2): 193-2003.
- GRILICHES, Z.; 1979. Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth. *Bell J. Econ.* 10: 92-116.
- HERRUZO, A.C. Y RIVAS, R.; 2000: La innovación tecnológica en la industria forestal española. Una aplicación de la Concordancia tecnológica de Yale. *Anales de Economía Aplicada. XIV Reunión ASEPELT-ESPAÑA*. Oviedo.
- JOHNSON, D.K.N. & EVENSON, R.E.; 1999. R&D Spillovers to agriculture: measurement and application. *Contemporary Economic Policy* 17(4): 432-456.
- JOHNSON, D.K.N & SANTANIELLO, V.; 2000. *Biotechnology inventions: What can be learn from patents? Agriculture and Intellectual Property rights: economic, Institutional and Implementation Issues in Biotechnology*. CABI Publishing. Wallingford.
- KORTUM, S. & PUTMAM, J.; 1997. Assigning patents to industries: Test of the Yale Technology Concordance. *Econ. Syst. Res.* 9(2): 161-175.
- MARTINEZ NUÑEZ, M. Y HERRUZO, A.C.; 2003. *La innovación tecnológica en la industria forestal española a través del análisis de las estadísticas de patentes*. Documento interno. Departamento de Economía y Gestión Forestal. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.
- RIVAS, R. Y HERRUZO, A.C.; 2003. *Las patentes como indicadores de la innovación tecnológica en el sector agrario español y en su industria auxiliar*. Ministerio de Ciencia y Tecnología. Oficina Española de Patentes y Marcas. Madrid.