

---

# Regulación ambiental e innovación.

---

Óscar Alfranca

Universidad Politécnica de Cataluña

---

## *Resumen*

La regulación pública puede inducir la aparición de efectos positivos en la innovación ambiental, cuando está vinculada a la creación de nuevos mercados. La evaluación económica de las regulaciones ambientales cuyo objetivo concurrente es favorecer la innovación, debe realizarse considerando tanto el contexto social como el entorno empresarial en que se desarrollan, e incluso la existencia de grupos de presión relacionados con las condiciones ambientales.

**Palabras clave:** regulación, innovación, medio ambiente.

**Clasificación JEL:** Q 50, O31

## **Environmental regulation and innovation.**

### **Abstract**

Public regulations could induce positive effects on environmental innovation, whenever regulation is related to the creation of new markets. Economic and environmental evaluation of environmental regulations, with the concurrent objective of innovation, should be accomplished both considering social and firm circumstances in which they are developed, and even the existence of environmental lobbies.

**Key words:** regulation, innovation, environment.

**JEL Classification:** Q 50, O31

---

*Artículo recibido en noviembre 2009 y aceptado en diciembre 2009.*

## 1.- Introducción.

Los procesos de modernización ambiental potencian las oportunidades tecnológicas de la empresa y contribuyen a la generación de innovaciones en el ámbito del medio ambiente. Las medidas de organización medioambiental suelen vincularse con el marco regulador en que se desarrollan, o bien con medidas de organización medioambiental voluntarias (como por ejemplo, los sistemas de gestión medioambiental).

Diversos estudios han analizado los factores determinantes de los gastos medioambientales en las actividades de innovación (por ejemplo, Jaffe y Palmer, 1997, y Pickman, 1998), aunque las repercusiones de estas medidas de gestión medioambiental sobre las actividades de innovación empresarial son recientes (Rennings *et al.*, 2006; Rehfeld *et al.*, 2007).

La principal conclusión de estos trabajos es que las medidas de organización medioambiental voluntarias que se llevan a cabo en la empresa estimulan la innovación, tanto la de producto como la de proceso.

Porter expone que la contaminación suele estar asociada con el uso inadecuado de los recursos, con una escasa eficiencia en los factores de producción o con pérdidas energéticas. En consecuencia, la contaminación comporta un despilfarro económico y una explotación innecesaria o incompleta de los recursos. Reducir la contaminación a menudo coincide con mejoras en la productividad (Porter y Van der Linde, 1995). Tomando esto en consideración, la adopción de unas políticas medioambientales más estrictas y flexibles (por ejemplo, los impuestos ambientales o el intercambio de derechos de emisión), presentaría efectos beneficiosos socialmente, puesto que impulsaría la innovación empresarial. El proceso

innovador podría llegar a compensar de los costes relacionados con estas políticas. Es lo que se conoce como la Hipótesis de Porter.

La Hipótesis de Porter ha sido criticada en la literatura por su falta de base teórica (Palmer *et al.*, 1995). En este escenario, se acepta que las empresas maximizadoras de beneficios en una economía con mercados perfectos no deberían ser ajenas a las inversiones rentables en innovación. Estudios recientes han demostrado la Hipótesis de Porter mediante la introducción de un fallo de mercado (además del propio fallo debido a la contaminación). El resultado principal es que la regulación medioambiental que pretende resolver la imperfección en el funcionamiento del mercado de la contaminación, se muestra capaz de atenuar los efectos negativos que se atribuyen a las dos imperfecciones, en beneficio las empresas reguladas. Ejemplos de estos fallos de mercado son las externalidades en el conocimiento o el poder excesivo de mercado por parte de algunas empresas.

De hecho, la mejora de la actuación medioambiental de una empresa puede comportar, en muchos sentidos, unos mejores resultados financieros o económicos que no supongan un aumento del coste. Así, por ejemplo, las mejoras en la actuación medioambiental podrían comportar un incremento de los ingresos mediante las siguientes opciones:

- a. Más posibilidades para participar en determinados mercados.
- b. Más oportunidades para diferenciar la producción.
- c. La posibilidad de vender tecnología orientada a controlar la contaminación.

Existen algunos ejemplos de empresas que intentan mejorar los aspectos medioambientales de su cadena de suministro. Cabe suponer que todas las plantas con la certificación ISO 14001 tienen en cuenta la actuación medioambiental de sus proveedores, ya que éste es uno de los criterios que deben cumplir a fin de obtener la certificación (Barla, 2005; Hess *et al.*, 1999). Además, según un estudio llevado a cabo recientemente por la OCDE a partir de una muestra de más de cuatro mil empresas en siete países, un 43% de las empresas evalúa la actuación medioambiental de sus proveedores (Johnstone *et al.*, 2007).

Una mejora en la gestión ambiental puede ser considerada una característica más de un producto de calidad (Cremer y Thisse, 1999; Bansal y Gangopadhyay, 2003; Mahenc, 2007). Esta hipótesis se basa en el supuesto de que los consumidores con mayor sensibilidad medioambiental están dispuestos a pagar más por productos más limpios. En consecuencia, una empresa dependiente del mercado puede encontrar beneficioso ofrecer una variedad ecológica de un mismo producto a un precio superior, o especializarse en productos ecológicos.

La mejora en la gestión ambiental puede ser difícil de percibir por los consumidores debido a un problema de información asimétrica. En estas condiciones, los compradores desconocen la calidad real del artículo y, por tanto, su precio de compra es independiente de la calidad real. Estas dificultades podrían reducirse mediante el etiquetado ecológico.

La hipótesis de Porter se concreta en dos puntos principales:

*a. El impacto de las regulaciones medioambientales en la política de innovación y la opción tecnológica de la empresa se calcula mediante la inversión en I + D, en capital y nuevas tecnologías, y en las aplicaciones con éxito de patentes.*

En cuanto al punto primero, el principal objetivo de estos estudios es la prueba de que unas regulaciones medioambientales más estrictas podrían aumentar la innovación. Jaffe y Palmer (1997) calculan la relación entre los gastos totales en I + D (o el número de aplicaciones con éxito de patentes) y los costes derivados de la reducción de la contaminación (que confirman la severidad de la regulación medioambiental). Estos autores descubrieron que existía un vínculo positivo con los gastos en I + D (un aumento de un 0,15% en gastos de I + D para un aumento de un 1% del coste derivado de la reducción de la contaminación), pero no un vínculo importante desde el punto de vista estadístico con el número de patentes. Limitándose a las patentes más exitosas relacionadas con el medio ambiente, Brunnermeier y Cohen (2003) hallaron una relación positiva pero limitada con la regulación medioambiental.

Ambos estudios sugieren la existencia de un vínculo positivo, aunque moderado, entre una mejor actuación medioambiental a

través de una mayor conformidad con la regulación y la política de innovación seguida por la empresa. La mayoría de trabajos que revisan Jaffe y otros (1995) subrayan un impacto negativo de la regulación medioambiental en la productividad. Por ejemplo, Gollop y Robert (1983) calcularon que las regulaciones relativas a los índices de SO<sub>2</sub> aminoraron el crecimiento de la productividad en los Estados Unidos en un 43% durante la década de los setenta. Estudios más recientes obtuvieron unos resultados más positivos, tales como Berman y Bui (2001), que informan de que las refinerías situadas en la zona de Los Ángeles gozan de una productividad considerablemente mayor que otras refinerías de los Estados Unidos, a pesar de que en esta zona existe una regulación más estricta de la contaminación atmosférica. Asimismo, Alpay y otros (2002) calcularon que la productividad de la industria de alimentos procesados mexicana aumentó con la presión de la regulación medioambiental. Así pues, sugieren que una regulación más estricta no siempre perjudica la productividad. Aunque los estudios mencionados tienden a rechazar la hipótesis de Porter, no se puede llegar a la conclusión de que intensificar las condiciones ecológicas en la producción perjudique la empresa.

*b. El impacto de la regulación medioambiental se evalúa con variables como la productividad y los costes.*

El objetivo principal de estos trabajos es analizar si el seguimiento de unas políticas medioambientales más estrictas puede beneficiar a la empresa. Porter sostiene que unas políticas medioambientales más rigurosas pueden dar lugar a innovaciones que reducirán ineficiencias, lo que, a su vez, puede suponer una disminución de los costes en largo plazo. Este procedimiento puede llevar algún tiempo. Es posible hallar algunos ejemplos de empresas que han reducido sus índices de contaminación y costes a la vez, como es el caso de British Petroleum, que redujo sus emisiones de CO<sub>2</sub> hasta un 10% por debajo de los niveles de 1990 sin coste alguno mediante una optimización del proceso de producción, la eliminación de fugas o la reutilización de residuos (Reinhardt, 2001).

### **1.1. Innovaciones en la organización medioambiental y la hipótesis de Porter.**

En cuanto a las innovaciones aplicadas por las empresas, las pruebas empíricas de la hipótesis de Porter que se pueden encontrar en la literatura reciente se basan en un pequeño número de estudios de empresas, y por tanto son difícilmente generalizables para el conjunto de empresas. Dos investigaciones representativas de esta línea de investigación son las de Jaffe y Palmer (1997) y la de Ambec y Barla (2005).

Jaffe y Palmer (1997) presentan tres requisitos diferentes para la HP. Según este marco, una interpretación más laxa de esta hipótesis es que las regulaciones medioambientales fomentan determinados tipos de innovación medioambiental, que pueden presentar efectos socialmente beneficiosos. Por su parte, una versión más restringida plantea que los instrumentos de una política medioambiental más flexibles, (como por ejemplo las sanciones por contaminación o los permisos de derechos de emisión), proporcionan a las empresas un mayor incentivo para innovar que las regulaciones normativas (como por ejemplo la legislación asociada con una tecnología específica). Finalmente, la principal hipótesis de esta versión más precisa o restringida es que la probabilidad de que las regulaciones bien elaboradas impulsen la innovación es mayor, lo que podría suponer un uso más eficiente de los recursos. Mientras que muchos investigadores han tratado de contrastar las diferentes versiones de la hipótesis de Porter empíricamente, estos estudios son frecuentemente parciales, y los resultados ambiguos.

Ambec y Barla (2005) sostienen que, desde el punto de vista analítico, para que la hipótesis de Porter sea válida, se requiere al menos una imperfección del mercado, además de la externalidad medioambiental. Entre los ejemplos de estos fallos de mercado cabe citar los problemas relacionados con el carácter de bien público del conocimiento (Jaffe *et al.*, 2004), los de aprendizaje y aplicación (Mohr, 2002), o los relacionados con la concentración de mercado (Simpson y Bradford, 1996, Greaker, 2003). También es posible que surjan fallos de organización sistémicos dentro de la empresa (Ambec y Barla, 2005), información asimétrica (Ambec y Barla, 2002), y problemas de control de las sucursales (Gabel y Sinclair-Desgagné, 2002).

## **1.2. Tecnología y regulación.**

Una regulación estricta puede dificultar la implantación de tecnologías concretas, ya sea en producto, o en procesos de producción. Un ejemplo podría ser el uso del cristal violeta, una sustancia química fungicida utilizada en la producción del salmón de piscifactoría, por la industria salmonera chilena (Perlman, 2007). Los Estados Unidos han prohibido la importación de salmón chileno por temor a que esta sustancia química sea peligrosa y pueda causar problemas de salud a quienes ingieran el pescado. No obstante, esta regulación es polémica porque en Chile no existen datos públicos oficiales sobre el volumen total ni el tipo de sustancias químicas utilizadas por la industria salmonera.

Las regulaciones también pueden ser un obstáculo para la expansión y el crecimiento en unas regiones determinadas o para unas líneas de productos concretas. En algunos casos, la regulación es un obstáculo para la expansión tecnológica. Un ejemplo de ello son los límites de emisión en contaminantes. La regulación también puede exigir la elaboración de productos o procedimientos totalmente nuevos a fin de sustituir los productos y procesos ya existentes. Es probable que las diferencias entre el marco regulador de algunos procesos de implantación que afectan a los mecanismos también determinen la naturaleza de los incentivos utilizados.

Las regulaciones pueden provocar la aparición de efectos positivos en la innovación, si promueven mercados totalmente nuevos para el control de la contaminación. Por ejemplo, una combinación de regulaciones que especifica cualidades concretas para un producto, que limita el uso de determinados factores de producción, y de regulaciones que obstaculizan la expansión y el desarrollo en determinadas regiones o en unas líneas de producto específicas.

Entender las posibilidades de promover las innovaciones mediante la regulación resulta imprescindible para comprender la interacción entre la formación de estrategias empresariales mediante el reconocimiento y la selección de las oportunidades, por un lado, y las regulaciones medioambientales del ámbito público, por el otro. Las reacciones básicas y estratégicas, por parte

de las empresas, que están relacionadas con la innovación son (Foster, Hilden y Adler, 2006):

- a. *Conformidad mediante la adquisición de nuevas tecnologías para controlar los niveles de contaminación.* Por ejemplo, la instalación de tecnología de final de proceso. Según la Agencia de Protección Medioambiental de los Estados Unidos, las tecnologías de final de proceso son aquellas que reducen las emisiones de los contaminantes después de haber sido formados. Cuando se desarrollan estas tecnologías, puede que los proveedores requieran una cierta cantidad de innovaciones en este campo. La conformidad fomenta la difusión, pero también podría facilitar incentivos para innovaciones y gasto en I + D.
- b. *Actividades de investigación en gestión y tecnología a fin de rediseñar los procesos de producción para reducir estas necesidades.* Por ejemplo, la reutilización de productos residuales en el proceso de producción. Esta reacción estratégica crea demanda de innovación o, en el caso de los proveedores, estimula la tecnología productiva.
- c. *Cierre o externalización de productos regulados o fases de producción.* En cuanto a las tecnologías, la externalización puede ser definida como un proceso en el que una empresa delega algunas de las operaciones o procesos internos a terceros. Un ejemplo es la retirada de unos mercados concretos. La externalización puede ser considerada, en algunos casos, una forma de innovación organizativa. En este caso, las innovaciones tecnológicas pueden surgir en unidades externalizadas.
- d. *Innovación organizativa específica.* Mediante la creación de empresas conjuntas (una empresa conjunta es una entidad formada por dos o más partes para emprender una actividad económica de forma conjunta) y otras estructuras organizativas similares, una empresa podría ser capaz de cambiar su marco de regulación de tal forma que se reduzcan las responsabilidades, o que puedan ser utilizadas las diferencias en los marcos de regulación. Por ejemplo, normas que son de aplicación en centrales eléctricas pueden ser en parte diferentes de aquellas relacionadas con la generación de energía en una industria productora.

- e. *Promoción activa de unas intervenciones reguladoras concretas a fin de ganar ventaja competitiva a partir de las propias innovaciones de la empresa.* Un ejemplo es la promoción de unos requisitos del producto para los que la empresa ya ha diseñado tecnología.
- f. *Estudio activo de probables intervenciones reguladoras en el futuro para ganar ventaja competitiva, o exploración innovadora de las posibilidades que ofrecen las regulaciones existentes.* Por ejemplo, estas acciones pueden comportar el diseño de soluciones tecnológicas que superan claramente las exigencias de las regulaciones ya existentes.

### **1.3. Regímenes de regulación e instituciones.**

Las diferencias existentes en los marcos reguladores en proceso de implantación que repercuten en los mecanismos es probable que afecten también al tipo y al grado de incentivos que puedan surgir. Las regulaciones pueden generar efectos positivos en la innovación si favorecen la aparición de mercados totalmente nuevos para el control de la contaminación. Por ejemplo, las combinaciones de regulaciones que especifican calidades del producto y obstáculos para determinadas líneas de productos.

Existen vínculos entre las regulaciones y las innovaciones de proceso en la industria. Los incentivos clave son aquellos que se relacionan claramente con estrategias empresariales y productos. Esto también significa que la evaluación de las regulaciones ambientales cuyo objetivo concurrente es promover innovaciones en el procedimiento debe tener en cuenta el contexto social y el entorno empresarial en el que se generan, incluso la existencia de grupos de presión que ejercen su influencia a través de los productos y mercados en lugar de demandas directas, en el sentido de que permiten la existencia de unas condiciones en unas plantas concretas. Los efectos combinados de las diferencias en los mercados, las estrategias comerciales y las políticas de regulación pueden explicar el progreso más lento que experimenta la actuación medioambiental de plantas industriales en países con un marco regulador menos exigente.

## 2.- Material y métodos.

### 2.1. Fuentes de información y variables.

El modelo econométrico de exportaciones de alta tecnología incluye variables que representan las repercusiones de la zona forestal, la calidad del agua, las emisiones de CO<sub>2</sub>, la esperanza de vida y las exportaciones tecnológicas. Éstas son las definiciones y fuentes de las principales variables:

Variable dependiente:

- *tecexp*: transacciones comerciales asociadas a las transferencias de conocimientos y tecnologías a escala internacional. Consiste en el dinero que se paga o se recibe por el uso de patentes, permisos, conocimientos, marcas, modelos, diseños, servicios técnicos (incluida la asistencia técnica) y la investigación y desarrollo en la industria (I + D) llevados a cabo en el extranjero, etc. La cobertura puede variar de un país a otro y los datos extraídos deberían considerarse simplemente como medidas parciales de los flujos internacionales de tecnología. Fuente: Basic Science and Technology Statistics, OCDE, París.

Variables exógenas:

- vida: la esperanza de vida al nacer y las edades 40, 60, 65 y 80 años son la media esperada de vida, siempre y cuando se mantengan los índices de mortalidad específicos de cada edad. Fuente: OECD Health Data. Statistics and Indicators for 30 Countries, OECD, París.

- agua: índice de calidad del agua. Es una media ponderada de concentraciones seleccionadas en el ambiente de contaminantes que suelen estar relacionados con los grados de calidad del agua. Fuente: Glossary of Environment Statistics, United Nations, New York.

- bosque: territorio con tres copas de árboles (o con el grado de espesura equivalente), y una zona de más de 0,5 hectáreas. Los árboles deben tener una altura mínima de 5 metros en la edad adulta. Fuente: United Nations, European Commission, International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-operation and Development, World Bank. Handbook of National Accounting: Integrated Environmental and Economic Accounting. Glossary, United Nations, New York.

- CO<sub>2</sub>: gas incoloro, inodoro y no venenosa formado por la combustión de carbono y en la respiración de los organismos vivos, y es considerado un gas de efecto invernadero. Por emisiones se entiende la liberación de gases de efecto invernadero y/o sus precursores en la atmósfera en una zona y durante un período de tiempo determinados. Fuente: United Nations. United Nations Framework Convention on Climate Change (A/AC.237/18 (Part II)/Add.1 and Corr.1). Opened for signature at Rio de Janeiro on 4 June 1992. (Section C). United Nations, New York.

- tendencia: evolución del tiempo.

A fin de respaldar la validez estadística de las variables utilizadas en el modelo econométrico, los valores para algunas estadísticas descriptivas, tales como la media, la desviación estándar, el coeficiente de error, de asimetría, el coeficiente de Kurtosis y la prueba estadística de Jarque-Bera, entre otros, han sido calculados y se incluyen en el cuadro 1. En cuanto al coeficiente de asimetría de las variables, la asimetría de la distribución de probabilidad afecta principalmente las fuentes del índice de calidad del agua. Respecto a los valores de Kurtosis, un valor elevado significa que la varianza está determinada principalmente por unas desviaciones extremas poco frecuentes, a diferencia de las frecuentes desviaciones

**Cuadro 1.  
Estadísticas descriptivas.**

	techexp	forest	life	water	CO <sub>2</sub>
Media	13.84615	84111.40	99.76374	67.97802	9.434066
Mediana	13.00000	37760.00	100.00000	76.00000	9.000000
Maximo	35.00000	275280.0	100.00000	778.0000	30.00000
Mínimo	3.000000	860.0000	96.00000	7.000000	1.000000
Desv. Std	6.994170	86915.50	0.890231	44.77541	4.703734
Asimetría	0.775804	0.893426	-3.743073	10.64030	2.047879
Kurtosis	2.963285	2.586459	15.41941	175.1609	7.813670
Jarque-Bera	36.53404	51.01848	3189.308	456398.9	605.8577
Probabilidad	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
Suma	5040.000	30616550	36314.00	24744.00	3434.000
Sum Desv.Cuad.	17757.38	2.74E+12	287.6813	727755.8	8031.418
Observaciones	364	364	364	364	364

Fuente: OCDE y United Nations.

moderadas. La calidad del agua muestra el valor más elevado para este coeficiente de Kurtosis. La prueba estadística Jarque-Bera es una medida de la bondad de ajuste de la desviación de la normalidad y está basada en los valores de Kurtosis y de asimetría tomados como muestra. Este coeficiente se ha calculado para cada una de las variables.

### 3.- Resultados y discusión.

En este trabajo hemos especificado un modelo econométrico sobre las exportaciones anuales de alta tecnología. Los datos se han obtenido para un panel de trece países de la Unión Europea (Austria, Bélgica, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Holanda, Luxemburgo, Italia, Portugal, España, Suecia y el Reino Unido), durante el período 1980-2007.

La ecuación econométrica de exportaciones de alta tecnología es:

$$tecexp = constante + \beta_1 vida_{it-5} + \beta_2 agua_{it-3} + \beta_3 bosque_{it-7} + \beta_4 CO2_{it-10} + \beta_5 (agua_{it-3} * CO2_{it-10}) + \beta_6 tend_{it} + \mu_{it}, (1)$$

y además,

$$E(\mu_{it}) = 0, E(\mu_{it}^2) = \sigma_i^2, E(\mu_{it} * \mu_{qt}) = \sigma_{iq}^2,$$

en la que *tecexp* se refiere a las exportaciones de alta tecnología; *vida*, a la esperanza de vida, con un intervalo de cinco períodos; *agua*, al índice de calidad del agua, con un retardo de tres períodos; *bosque*, a la zona forestal (en kilómetros cuadrados), con un retardo de siete períodos; *co2*, a las emisiones, con un retardo de diez períodos, y  $\mu$  es un término de perturbación aleatoria que representa los efectos de variables omitidas que son características tanto de un país (*i*) como del período de tiempo (*t*). Este residuo presenta media cero, una varianza constante en el tiempo y una correlación contemporánea no cero entre todos los países. Esta regresión se ha estimado según el método de los mínimos cuadrados generalizados por su consistencia, y por el hecho de tratarse de un estimador lineal, insesgado y eficiente (es decir, que su varianza es mínima). Los estimadores de mínimos cuadrados generalizados siguen una ley normal.

A continuación realizaremos una exposición formal de las hipótesis sobre la relación de las exportaciones de alta tecnología anuales.

- Hipótesis 1: Los progresos en la esperanza de vida presentan una influencia positiva en las exportaciones de tecnología. Es decir,  $\beta_1 > 0$ .
- Hipótesis 2: Las mejoras en la calidad del agua aumentan las exportaciones de tecnología. Es decir,  $\beta_2 > 0$ .
- Hipótesis 3: Los aumentos en la zona forestal incrementan las exportaciones de tecnología. Es decir,  $\beta_3 > 0$ .
- Hipótesis 4: Las reducciones de las emisiones de CO<sub>2</sub> generan un aumento de las exportaciones tecnológicas. Es decir,  $\beta_4 > 0$ .
- Hipótesis 5: Los efectos derivados de la interacción entre la calidad del agua y las emisiones de CO<sub>2</sub> provocan la disminución de las exportaciones tecnológicas. Es decir,  $\beta_5 > 0$ .

De igual modo, se contrasta la existencia de una tendencia positiva ( $\beta_6 > 0$ ) hacia el incremento de las innovaciones. El término constante recoge el efecto de los factores invariables en el tiempo (por ejemplo, las condiciones climáticas).

Los resultados de la estimación se presentan en el cuadro 2. La estimación se ha efectuado según el método de Mínimos Cuadrados Generalizados, y se han calculado a partir de las observaciones realizadas durante el período 1990-2007 en los trece países europeos de la muestra.

En general, el modelo estimado funciona bien. Así, el valor del coeficiente de determinación es elevado (0,975), y los valores de muestra de la distribución F rechazan la hipótesis de no significación del modelo estimado (cuadro 2). Por su parte, todos los coeficientes son diferentes de cero en un nivel de significación del 5%.

En el modelo estimado no resulta posible aceptar la hipótesis de que los efectos de las emisiones de CO<sub>2</sub> y la calidad del agua no interactúan, y no puede rechazarse una interacción negativa entre las dos variables. Estos efectos se aprecian con mayor claridad mediante el valor de la elasticidad en la media, que es del 0,176%.

**Cuadro 2.**  
**GLS Determinantes ambientales en las exportaciones de alta tecnología, 1990-2007.**

Variables	(1)
Bosque <sub>(t-7)</sub>	0.0116 (3.116)
Vida <sub>(t-5)</sub>	0.169 (4.695)
Agua <sub>(t-3)</sub>	0.166 (6.456)
CO <sub>(t-10)</sub>	-0.559 (-2.268)
Trend	-0.331 (-2.277)
Agua <sub>(t-3)</sub> * CO <sub>(t-10)</sub>	-0.217 (-3.0004)
Wald test (no existe interacción entre el agua y las emisiones de CO <sub>2</sub> . (test X <sup>2</sup> )	20.276
R <sup>2</sup> ajustado	0.975
Contraste F	5.067
DW	2.463
Error standard de la regresión	1.046
Suma del error al cuadrado	45.899

Valores de t entre paréntesis.

Este valor indica que, en la media, un aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> tendrá un efecto positivo, aunque moderado, en las exportaciones de alta tecnología.

En este modelo se descarta la hipótesis que las mejoras en la calidad del agua comportan efectos positivos en las exportaciones de alta tecnología. De hecho, se ha apreciado una elasticidad negativa, si bien reducida, en la media (- 0,0262%). El signo negativo del término de interacción indica que las mejoras en la calidad del agua y las emisiones de CO<sub>2</sub> pueden ser consideradas sustitutivas en lugar de complementarias en el proceso de las exportaciones de alta tecnología.

Es importante señalar que las mejoras en las variables ambientales, tales como la calidad del agua y la zona forestal, presentan en todos los casos unos efectos negativos en las exportaciones de alta tecnología. Este hecho podría indicar que la producción de tecnología ambiental, para algunas cuestiones medioambientales, puede llegar a provocar efectos negativos en las condiciones medioambientales, en lugar de los efectos positivos esperados.

Las mejoras en la esperanza de vida presentan un efecto positivo claro en las exportaciones de alta tecnología. Se podría aceptar que este resultado es de interés público para las mejoras en la salud, ya que podría ser muy similar a un bien de lujo y, por tanto, con una elevada respuesta de la demanda a los cambios en la renta.

Los valores de muestra de la distribución F y las pruebas de distribución  $X^2$  permiten descartar la hipótesis nula de que no existen efectos de interacción entre las mejoras producidas en las emisiones de CO<sub>2</sub> y la calidad del agua. Las pruebas de Wald calculadas a fin de evaluar la importancia del término de interacción entre las mejoras en las emisiones de CO<sub>2</sub> y en las de calidad del agua permiten rechazar la hipótesis de no significación. El coeficiente de efectos fijos positivos presenta valores positivos y negativos. En concreto, los coeficientes positivos se estiman para países como Francia, Finlandia, Grecia, los Países Bajos, Suecia y el Reino Unido. El espectro de valores va desde Grecia (1,37) hasta Suecia (1,7032). Los efectos fijos negativos han sido obtenidos para el resto de países de la muestra: Austria, Bélgica, Dinamarca, Italia, Luxemburgo, Portugal y España. El valor mínimo ha sido registrado en Bélgica (- 1,479) y el máximo, España (- 3,242).

## 4.- Conclusión.

La principal conclusión de este trabajo es que existen vínculos entre la regulación ambiental y el proceso de innovación industrial. Los incentivos fundamentales para las compañías afectadas por la regulación medioambiental del ámbito público son los relacionados con estrategias y productos comerciales que afectan a la sostenibilidad de recursos concretos.

La evaluación de las regulaciones ambientales cuyo objetivo concurrente es favorecer el proceso de innovación debe tener en cuenta el contexto social y el entorno empresarial en que se desarrolla, incluso la existencia de grupos de presión que pueden ejercer su influencia por medio de los productos y mercados en lugar de demandas directas sobre la calidad del medioambiente, en el sentido de que permiten la existencia de unas condiciones más favorables.

Los efectos combinados de las diferencias en mercados, estrategias comerciales y políticas de regulación pueden comportarse como un instrumento que permite explicar el lento progreso de las políticas ambientales en las plantas industriales de aquellos países con regulaciones más laxas.

## Bibliografía.

ALPAY, E., BUCCOLA, S. y KERKVIET, J. (2002): «Productivity growth and environmental regulation in Mexican and U. S. food manufacturing», *American Journal of Agricultural Economics*, 84, 4, págs. 887-901.

AMBEC, S. y BARLA, P. (2002): «A theoretical foundation of the Porter Hypothesis», *Economics Letters*, 75, págs. 355-360.

AMBEC, S. y BARLA, P. (2005): «Quand la réglementation environnementale profite aux pollueurs: survol des fondements théoriques de l'hypothèse de Porter», Département d'Économie, Université Laval, *Cahiers de Recherche*, núm. 0504.

BANSAL, S. y GANGOPADHYAY, S. (2003): «Tax/subsidy policies in the presence of environmentally aware consumers», *Journal of Environmental Economics and Management*, 45, págs. 333-355.

BARLA, P. (2005): «ISO 14001 certification and environmental performance in Quebec's pulp and paper industry», Département d'Économie, *Cahiers de recherche*, nº 0503, Laval University.

BERMAN, E. y BUI, L. (2001): «Environmental regulation and productivity: evidence from oil refineries», *Review of Economics and Statistics*, 83, 3, págs. 498-510.

BRUNNERMEIER, S. B. y COHEN, M. A. (2003): «Determinants of environmental innovation in US manufacturing industries», *Journal of Environmental Economics and Management*, 45, págs. 278-293.

CREMER, J. y THISSE, J. F. (1999): «On the taxation of polluting products in a differentiated industry», *European Economic Review*, 34, págs. 575-594.

FOSTER, J., HILDEN, M. y ADLER, N. (2006): «Can regulations induce environmental innovations? An analysis of the role of regulations in the pulp and paper industry in selected industrialized countries», en HAGE, J. y MEEUS, M. (Eds.): *Innovation, science and institutional change*, Oxford University Press, Oxford, págs. 122-140.

GABEL, H. L. y SINCLAIR-DESGAGNÉ, B. (2002): «The firm, its procedures, and win-win environmental regulations», en FOLMER, H. [et al.] (Eds.): *Frontiers of environmental economics*, Cheltenham, Reino Unido, págs. 148-175.

GOLLOP, F. M. y ROBERTS, M. J. (1983): «Environmental regulations and productivity growth: The case of fossil-fuelled electric power generation», *Journal of Political Economy*, 91, 4, págs. 654-674.

GREAKER, M. (2003): «Strategic environmental policy. Eco-dumping or a green strategy», *Journal of Environmental Economics and Management*, 45, págs. 692-707.

HESS, J., KAOURIS, M. y WILLIAMS, J. (1999): «What ISO 14000 brings to environmental management and compliance», *Environmental Management Strategies*, Prentice Hall, págs. 317-352.

JAFFE, A. B., PETERSON, S. R., PORTNEY, P. y STAVINS, R. (1995): «Environmental regulation and international competitiveness: what does the evidence tell us?», *Journal of Economic Literature*, 93, 12, págs. 12.658-12.663.

JAFFE, A. B.; PALMER, K. (1997): «Environmental regulation and innovation: A panel data study», *Review of Economics and Statistics*, 79, págs. 610-619.

JAFFE, A. B.; NEWELL, R.; STAVINS, R. N. (2004): «A tale of two market failures: Technology and environmental policy», *Resource for the Future*, discussion paper RFF DP 04-38.

JOHNSTONE, N., SERRAVALLE, C., SCAPECCHI, P. y LABONNE, J. (2007): «Public environmental policy and corporate behaviour: Project background, overview of the data and summary results», en JOHNSTONE, N. (Ed.): *Corporate behaviour and environmental policy*, Cheltenham, Reino Unido.

MAHENC, P. (2007): «Are green products over-priced?», *Environmental and Resource Economics*, 38: 4, págs. 461-473.

MOHR, R. D. (2002): «Technical change, external economics and the Porter hypothesis», *Journal of Environmental Economics and Management*, 43, 1, págs. 158-168.

PALMER, K. W., OATES, W. y PORTNEY, P. (1995): «Tightening environmental standards: The benefit-cost or the no-cost paradigm?», *Journal of Economic Perspectives*, 9, págs. 119-132.

PERLMAN, H. (2007): *Industrial agglomeration: the salmon industry in Chile*, Tesis doctoral, Universitat de Lleida, Lleida.

PICKMAN, H (1998): «The effect of environmental regulation on environmental innovation», *Business Strategy and the Environment*, 7, 4, págs. 223-233.

PORTER, M. y VAN DER LINDE, C. (1995), «Towards a new conception of environment-competitiveness relationship», *Journal of Economic Perspectives*, 9, págs. 97-118.

REHFELD, K, RENNINGS, K. y ZIEGLER, A. (2007): «Integrated product policy and environmental product innovations: An empirical analysis», *Ecological Economics*, 61, 1, págs. 91-100.

REINHARDT, F. L. (2001): *Global climate change and BP Amoco*, Harvard Business School, Case study 9-700-106.

RENNINGS, K., SCHROEDER, M. y ZIEGLER, A. (2006): «The European performance of European stock corporations. Does sustainability matters?», en SCHALTEGGER, S. y WAGNER, M. (Eds.): *Managing the business case for sustainability*, Greenleaf Publishing, págs. 196-210.

SIMPSON, D. y BRADFORD, R. (1996): «Taxing variable cost: environmental regulation as industrial policy», *Journal of Environmental Economics and Management*, 30, 3, págs. 282-300.