

La política medioambiental y el comportamiento de la industria: el caso de Irlanda

Marta Alvaro-Taus y John Curtis***

Resumen

En los países industrializados, la regulación medioambiental juega un papel clave en el control de emisiones industriales. En este artículo introducimos la normativa establecida por la Unión Europea para regular las emisiones industriales, y presentamos cómo su aplicación se transcribe en el caso de Irlanda, donde la Agencia de Protección Medioambiental se encarga de llevar a cabo las funciones de supervisor medioambiental. También presentamos los resultados de un proyecto de investigación económica que estudia el comportamiento medioambiental de las instalaciones industriales y su cumplimiento con las normativas vigentes en Irlanda. Los resultados del estudio aportan nueva evidencia que demuestra que la supervisión medioambiental tiene un nivel de efectividad significativo para mejorar el estado de cumplimiento con los criterios establecidos en las licencias medioambientales en Irlanda por parte de las instalaciones industriales.

Palabras clave: emisiones industriales, regulación, comportamiento medioambiental, instalaciones industriales, Irlanda, Unión Europea.

1. INTRODUCCIÓN

Las actividades industriales son una fuente importante de contaminación del agua, suelo y la atmósfera de las economías industrializadas. Actividades como la producción de electricidad, el tratamiento y la gestión de residuos, la cría de ganado o la fabricación de cemento generan emisiones contaminantes en el medioambiente que se consideran perjudiciales para la salud y el bienestar humano, y que por eso vienen siendo reguladas desde hace años. De hecho, la regulación medioambiental, y las políticas de supervisión para su cumplimiento,

* Economic and Social Research Institute, Dublin (Ireland).

** Economic and Social Research Institute, Dublin (Ireland), Trinity College Dublin, Dublin (Ireland), and SFI MaREI Centre for Energy, Climate and Marine.

son un área fundamental de la política medioambiental en las economías industrializadas.

En la Unión Europea (UE), las emisiones industriales están sujetas a la Directiva de Emisiones Industriales (Directiva 2011/0/75/UE), que tiene como objetivo principal reducir la contaminación ambiental causada por la industria y promover una producción más sostenible y segura. Esta directiva aborda el control y la regulación de una amplia gama de actividades industriales, tales como plantas de energía, refinerías, fábricas de productos químicos y operaciones de gestión de residuos. Y lo hace garantizando que las instalaciones industriales en toda la UE adopten las Mejores Técnicas Disponibles (BAT, por sus siglas en inglés) para minimizar las emisiones contaminantes y el impacto ambiental, al tiempo que se mantienen niveles competitivos de producción. De hecho, el concepto de Mejores Técnicas Disponibles es uno de los pilares de la DEI, y que obliga a las industrias a utilizar tecnologías y métodos modernos que logren los niveles más altos de protección ambiental, siempre que sea viable desde un punto de vista económico y técnico.

Con el Pacto Verde Europeo, la UE ha ido un paso más allá, y se ha comprometido a lograr la neutralidad climática para 2050, lo que ha impulsado nuevas revisiones de la DEI para adaptarla a los objetivos de reducción de emisiones de carbono y contaminación. La última actualización se llevó a cabo en abril del 2024, cuando el Consejo de la Unión Europea aprobó una revisión de la DEI para mejorar aún más la protección del medioambiente y la salud humana. Esta revisión incluye la ampliación del ámbito de aplicación para cubrir más actividades industriales, como la ganadería intensiva y la fabricación de baterías a gran escala¹.

Asimismo, la DEI, desde su implantación, ha conseguido la coordinación europea de políticas medioambientales, y ha fomentado un enfoque más armonizado de la regulación de emisiones, lo que asegura una competencia más justa y que protege el medioambiente de manera más uniforme, ya que exige que las instalaciones industriales obtengan permisos específicos para operar. Las condi-

¹ Se pueden obtener más detalles sobre la última actualización de la DEI [aquí](#)

ciones para poder operar que establecen estas licencias incluyen los límites de emisiones, el tratamiento de vertidos y otras medidas de protección ambiental. Los permisos deben revisarse periódicamente, garantizando que las tecnologías y prácticas sigan siendo acordes con los avances tecnológicos. Para ello, la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) trabaja estrechamente con las autoridades medioambientales de los Estados miembros para asegurar que se implementen y cumplan las normativas establecidas por la DEI². En España, el responsable de la aplicación de la DEI es el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO)³. En el caso de Irlanda es la Agencia de Protección Medioambiental (EPA, por sus siglas en inglés)⁴.

Este artículo se centra en presentar la aplicación de la política medioambiental en Irlanda. A continuación, introducimos cómo la EPA irlandesa ejecuta sus funciones y asegura el cumplimiento de las normativas establecidas por la DEI; y más adelante presentamos un análisis económico del impacto que la realización de su gestión tiene en el comportamiento de las entidades reguladas.

2. LA AGENCIA DE SUPERVISIÓN MEDIOAMBIENTAL EN IRLANDA

En Irlanda, la EPA es la autoridad competente para otorgar las licencias medioambientales a las instalaciones industriales y agrícolas que están dentro de la regulación, y para asegurar que estas cumplen con las normativas vigentes⁵. En la actualidad, Irlanda tiene algo más de 800 instalaciones con permisos para operar. La estrategia de la EPA para que estas plantas industriales se adhieran a los criterios y límites establecidos en las licencias se centra en valorar el riesgo y el resultado medioambiental de cada instalación. La EPA utiliza los resultados de estos análisis, que lleva a cabo de manera sistemática, para priori-

2 Para obtener más información sobre la AEMA ver [aquí](#)

3 Para obtener más información sobre MITECO ver [aquí](#)

4 Para visitar la página oficial de la EPA ver [aquí](#)

5 Las actividades que requieren un permiso están expuestas en el [Primer Anexo de la Ley de la Agencia de Protección Medioambiental de 1992](#), según enmendada; y en el Tercer y Cuarto Anexo de la Ley de Gestión de Residuos de 1996, según enmendada.

zar el uso y asignación de sus recursos, con lo que se acaba dedicando más acciones supervisoras, tales como inspecciones, a esas plantas industriales que representan un mayor riesgo para la salud humana y/o el medioambiente, (EPA, 2019).

La EPA tiene dos maneras formalizadas de evaluar el riesgo medioambiental de cada planta industrial. Por un lado, se evalúa con un ciclo anual el cumplimiento de todos los criterios establecidos en las licencias usando la metodología llamada *Risk-Based Methodology for Enforcement (RBME)*, la cual tiene en cuenta el historial de infracciones de cada instalación durante los doce meses anteriores, y se utiliza para determinar la frecuencia de inspecciones rutinarias a cada instalación durante el año siguiente⁶. En concreto, este documento establece que, siguiendo lo que viene decretado por la DEI, el intervalo entre inspecciones rutinarias no debe exceder un año para las instalaciones consideradas de alto riesgo y tres años para las instalaciones de bajo riesgo. Por eso, la metodología *RBME* es importante, ya que asigna la clasificación de riesgos a cada instalación industrial.

Por otro lado, la EPA utiliza otra metodología para identificar las plantas industriales que representan un riesgo medioambiental más inminente por presentar un peor cumplimiento con lo dictado en las licencias en el corto plazo. Esta metodología culmina con la publicación trimestral de una lista con los llamados *National Priority Sites (NPS)*, o instalaciones de prioridad nacional⁷. Las instalaciones que alcanzan el umbral establecido aparecen en la lista durante al menos los tres meses siguientes, y están sujetas a un mayor escrutinio y a una escalada de acciones de supervisión en relación con lo establecido bajo la evaluación de riesgos anual *RBME* hasta que su puntuación vuelva a estar por debajo de dicho umbral (EPA, 2021)⁸.

Por lo tanto, aquellas instalaciones con mayores riesgos e incumplimiento con sus licencias acaban estando más expuestas a las autoridades supervisoras medioam-

6 Los últimos criterios para la evaluación de riesgos se describen en el informe del Modelo de Riesgo *RBME* Revisado 2020.

7 Esta metodología tiene en cuenta todas las infracciones incurridas en los seis meses previos. Los criterios para la inclusión en la *NPS* están publicados en la página web de la EPA, [Preguntas frecuentes relacionadas con las Plantas de Prioridad Nacional — Agencia de Protección Ambiental \(epa.ie\)](https://www.epa.ie/en/about-us/what-we-do/our-services/national-priority-sites/).

8 En el año 2022, 13 instalaciones fueron incluidas al menos una vez en la lista, y la mayoría pertenecían a la industria alimentaria y de bebidas, o la de residuos.

bientales, que ejercen su autoridad utilizando varias medidas de monitoreo y supervisión. Estas medidas incluyen el registro de infracciones, incidentes, quejas o la apertura de investigaciones por infracción. El proceso por el cual una planta empieza a estar más escrutada por los inspectores suele empezar con el envío de notificaciones de infracción a las instalaciones cuando se incumple una de las cláusulas establecidas en la licencia. Las infracciones se suelen detectar porque o bien son comunicadas por las instalaciones mismas, o bien son encontradas por los inspectores durante una inspección. En la notificación se instruye a la instalación a que tome medidas para abordar el problema. Si la causa del problema es compleja, o si la respuesta del operador no es rápida o efectiva, los inspectores pueden abrir una investigación. En casos extremos, se llegan a abrir pleitos a las empresas con el objetivo final de que un juez dictamine cada caso, lo cual suele resultar en multas, pero también se puede llegar a la revocación de licencias y derechos a seguir operando.

Otro ángulo de operación por parte de la EPA es el monitoreo de las tendencias a nivel sectorial, y que trata de identificar riesgos ambientales a nivel de industria, con lo que se establecen planes de supervisión específicos según sea necesario. Esto suele conllevar la planificación de inspecciones adicionales para varios sectores en función de los problemas prioritarios a tratar dentro del sector (EPA, 2021).

Desde un punto de vista económico, resulta importante entender el impacto que las principales acciones de supervisión tienen sobre el comportamiento medioambiental y el cumplimiento con la ley de las entidades industriales con licencia para operar. Por eso, a continuación, presentamos los resultados de un análisis empírico que trata de identificar y cuantificar la efectividad de la actividad de la EPA en Irlanda.

3. EL IMPACTO DE LA SUPERVISIÓN MEDIOAMBIENTAL EN EL COMPORTAMIENTO DE PLANTAS INDUSTRIALES EN IRLANDA

Para adentrarnos en el ámbito de la investigación económica que se centra en estudiar el impacto de las políticas medioambientales, a continuación, presen-

tamos una pequeña introducción de los estudios económicos más relevantes, y seguimos la sección con una exposición de los resultados encontrados en el estudio Alvaro Taús y Curtis (2024) para el caso de Irlanda.

3.1. Introducción a la literatura relacionada

Dentro del campo de la economía pública, el origen de las teorías económicas que estudian los impactos de la imposición de leyes medioambientales se funda en el trabajo seminal de Becker, que aplica principios económicos al estudio del comportamiento criminal (Becker, 1968). Becker argumenta que los individuos deciden cometer delitos basándose en un cálculo racional de costes y beneficios, y, por lo tanto, establece que las decisiones delictivas pueden ser entendidas como una forma de maximización de la utilidad, similar a otras decisiones económicas. Para ello, el individuo compara la probabilidad de ser descubierto y la dimensión de la pena con las posibles recompensas del crimen.

A partir de ahí, son otros trabajos los que se encargan de adaptar esta teoría económica al contexto medioambiental. Dos ejemplos importantes son Russell *et al.* (1986) y Harrington (1988), que establecen un marco teórico para entender cómo la política medioambiental influye en el cumplimiento con la ley de las entidades sujetas a tales normativas. Estos trabajos establecen que una instalación industrial elegirá no cumplir con la normativa mientras los beneficios sean mayores que los costes. Para una planta industrial, la ganancia económica viene dada por el menor esfuerzo incurrido en mitigar los daños por contaminación. A la vez, los costes potenciales dependen del valor esperado de las sanciones regulatorias, que a su vez dependen de la probabilidad de que se descubran y de la magnitud de la multa si se descubre la infracción. De ahí que se haya vuelto percepción que las autoridades ambientales utilicen acciones impositivas y de supervisión como las principales herramientas para incrementar la probabilidad de que se descubran las infracciones medioambientales, y, por tanto, aumente esa percepción entre las entidades reguladas.

La literatura empírica que surge a raíz de estos trabajos analiza los efectos disuasorios de la aplicación de normas regulatorias y la supervisión medioambiental.

Los primeros estudios llevados a cabo para los Estados Unidos ya mostraron que acciones de supervisión e implantación de la ley, como por ejemplo la frecuencia de las inspecciones y la magnitud de las sanciones, tienen un efecto significativo en la reducción del incumplimiento de las normas ambientales, así como en las emisiones y los vertidos contaminantes en sectores como el de la producción de pulpa y papel, o en el de la siderurgia (Magat y Viscusi, 1990; Gray y Shadbegian, 2005; Deily y Gray, 2007; Shimshack y Ward, 2005, 2008).

Más recientemente, la literatura empírica ha incorporado facetas clave de la actividad supervisora actual. En concreto, muchos estudios se centran en tener en cuenta que los supervisores medioambientales han pasado a utilizar medidas más dinámicas en la ejecución de su actividad (llamado *dynamic enforcement* en inglés). La aplicación más habitual es la de que los supervisores consideren el historial de infracciones reciente al asignar los recursos de supervisión para cada planta, por ejemplo, para decidir el número de inspecciones que se van a llevar a cabo en los próximos meses. Según estudios como Evans (2016); Blundell *et al.* (2020); Blundell (2020); Kang y Silveira (2021); Johnson *et al.* (2023), estos incentivos dinámicos desempeñan un papel importante en impulsar las decisiones de cumplimiento con la ley entre las plantas siendo supervisadas, ya que con estas medidas se consigue aumentar la presión a esas empresas con un comportamiento más perjudicial para el medioambiente.

Otra rama de la literatura estudia la presencia de efectos heterogéneos entre industrias y regiones en lo que respecta al cumplimiento de las normas. Por ejemplo, Gray y Shadbegian (2005) encuentra que incluso dentro del mismo sector y período (fábricas de pulpa y papel en la década de los ochenta), los efectos sobre el comportamiento de las empresas cambian según la subcategoría industrial, el tamaño y la estructura de propiedad. Hanna y Oliva (2010) encuentra que la respuesta a las exigencias medioambientales de cada industria depende de los costes a incurrir para lograr una disminución en el nivel de emisiones. En cuanto a la disparidad en las respuestas a la supervisión a nivel regional dentro de un mismo país, la literatura encuentra que estos efectos son más evidentes en países grandes, como los Estados Unidos o China, debido a la descentralización de la supervisión de políticas medioambientales (Oates, 1998; Faure y Johnston, 2009).

Es importante destacar que, aunque en este artículo hayamos nombrado solamente unos pocos, la mayor parte de la literatura se centra en la experiencia de los Estados Unidos, y que en comparación existe un número bastante reducido de estudios que exponen el caso de otros países. Algunos de estos son Tosun (2012); Telle (2013); Almer y Goeschl (2010, 2015); Laplante y Rilstone (1996); Duflo *et al.* (2018); Eckert (2004); Earnhart (2000)⁹. El trabajo que se presenta a continuación puede añadirse a esta última lista por ofrecer resultados específicos para el caso de Irlanda, y además contribuye a la literatura mediante el uso de datos novedosos, a los cuales se ha tenido acceso por primera vez en esta investigación, lo que aporta originalidad al estudio.

3.2. Datos de supervisión medioambiental en Irlanda

El conjunto de datos que utilizamos para el análisis proviene de los sistemas internos de la EPA y resumen su actividad de supervisión y monitoreo entre los años 2016 y 2019. Las variables de interés para nuestro análisis son el número de inspecciones y de infracciones de cada planta industrial regulada por la EPA, que son las que se presentan en la figura 1. La figura 1a muestra el número de plantas con licencia medioambiental para operar en cada sector, con los sectores ordenados en función de su tamaño. Observamos que los mayores sectores son los de la agricultura intensiva, seguido por la industria alimenticia, y las plantas de tratamiento de residuos no tóxicos.

La imagen de la izquierda en la figura 1b muestra el número total de infracciones e inspecciones registradas durante este mismo periodo, mientras que el gráfico de la derecha muestra las mismas dos variables divididas por el número de plantas en cada sector. La comparativa de estas dos variables en ambos gráficos sugiere que la EPA destina más recursos a aquellos sectores que suponen un mayor riesgo al medioambiente, ya que los sectores con un mayor número de infracciones reciben más inspecciones. Estos gráficos también apuntan a que los sectores con un peor desempeño medioambiental son el de la industria alimentaria y los centros de transferencia de residuos no tóxicos, hecho que también investigamos y verificamos en el análisis empírico.

⁹ Gray y Shadbegian (2021); Shimshack (2014) son dos artículos que resumen todo lo relacionado con la literatura de economía pública relacionada con la política medioambiental.

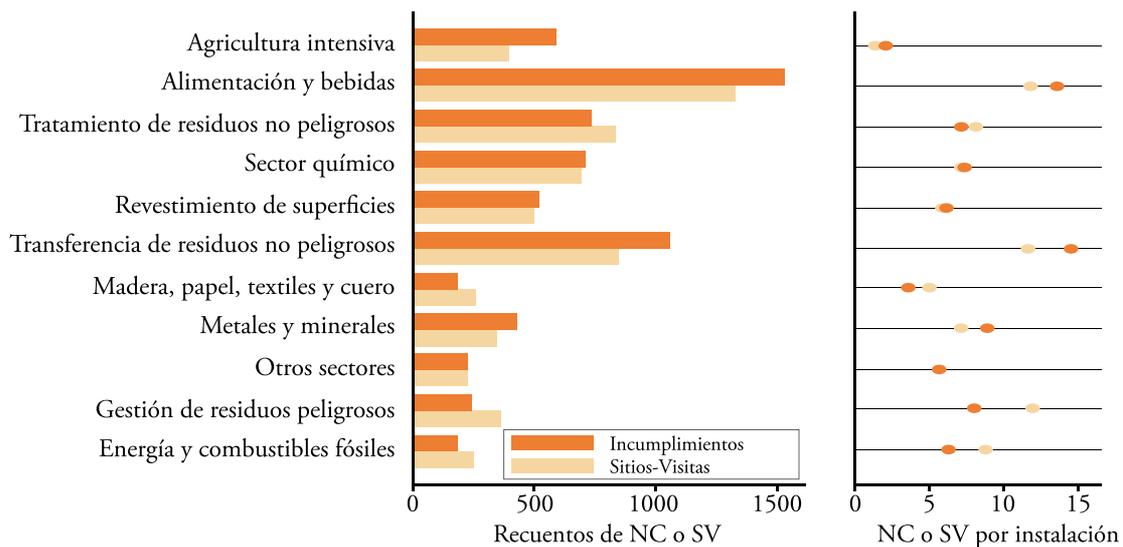
Figura 1

Resumen por sector industrial de los datos

a. Número de licencias



b. Infracciones e inspecciones



A su vez, observamos que hay algunas excepciones en esta relación entre infracciones e inspecciones. Por ejemplo, la industria de tratamiento de residuos no tóxicos, la de gestión de residuos tóxicos, o la de energía y combustibles fósiles parecen recibir, en comparación, más inspecciones por planta que infracciones se cometen. Esto podría estar relacionado con la política de la EPA, la cual, como ya hemos mencionado, incorpora factores específicos a nivel de industria cuando se desarrollan los planes de inspección. Algunos de estos factores específicos, por mencionar algunos, son que el riesgo de infracciones sea conocidamente más alto en un sector dado debido al comportamiento intrínseco de las plantas que tienden a no cumplir con las normas, o que existan riesgos elevados de incidencias peligrosas y que puedan tener un impacto más dañino en el medioambiente.

3.3. Análisis empírico: la efectividad de las inspecciones medioambientales

En este apartado resumimos los resultados del estudio empírico que llevamos a cabo en Alvaro Taús y Curtis (2024), en el que se encuentra evidencia empírica de que la política de inspecciones aplicada por la EPA es efectiva, y contribuye a la mejora en el comportamiento medioambiental de las plantas industriales en Irlanda.

3.3.1. Metodología

Para cuantificar el impacto de las inspecciones medioambientales en el comportamiento infractor de las plantas industriales se estiman un conjunto de regresiones utilizando diversos métodos empíricos, de los cuales la regresión de referencia base toma la forma siguiente:

$$NC_{it} = \alpha + \sum_{k=1}^6 \gamma_k SV_{i,t-k} + \beta_1 NC_{i,t-4} + \beta_2 Sec_i + \beta_3 Reg_1 + \beta_4 d_t + \beta_5 d_i + \epsilon_{it} \quad [1]$$

NC_{it} y $SV_{i,t-k}$ representan las infracciones y las inspecciones de la planta i en el periodo t , respectivamente. Es bien conocido que hay un problema de causalidad inversa (o de endogeneidad) entre las inspecciones y las infracciones en

un mismo período, por eso y siguiendo la metodología adoptada en otros estudios relacionados, aquí solo se utilizan niveles retardados de las inspecciones (Magat y Viscusi, 1990; Deily y Gray, 2007; Gray y Shadbegian, 2005). También incluimos otras variables explicativas para controlar las características intrínsecas de las empresas y otras tendencias comunes que les puedan afectar a todas a la vez, y que pueden llevar a problemas de sesgo de variables omitidas si no se incluyen. Estas variables de control son los efectos fijos a nivel individual (d_i), de región (Reg_i), de sector (Sec_i) y de tiempo (d_t).

Para la inferencia del modelo en [1] usamos modelos de datos de recuento tales como Poisson, Hurdle y Zero-Inflated Poisson. Aunque en este artículo no vamos a entrar en los detalles técnicos, las diferentes especificaciones y la metodología se pueden consultar en el artículo original (Alvaro Taús y Curtis, 2024).

3.3.2. La probabilidad de infracción según las inspecciones recibidas

En el estudio se encuentra que las inspecciones medioambientales contribuyen significativamente a mejorar el comportamiento de las entidades industriales reguladas en Irlanda, pero que una vez una planta ha pasado a infringir alguna de las normativas establecidas en la licencia, les lleva tiempo el volver a cumplir plenamente con todas las condiciones establecidas en ella.

Por ejemplo, los resultados sugieren que cuando se comparan instalaciones industriales que fueron inspeccionadas al menos doce meses antes con aquellas que no fueron inspeccionadas en el mismo periodo, el riesgo de infracción actual es casi un 20 % menor para aquellas que si fueron inspeccionadas. No obstante, los hallazgos indican que puede llevar más de un año para que una planta que está infringiendo las normativas vuelva a cumplir con las regulaciones establecidas, aun cuando estas empiezan a enmendar sus errores con prontitud en respuesta a las demandas de los inspectores. Esto se suele deber a que a las empresas requieren tiempo para poder invertir en nuevas tecnologías o implementar nuevos procesos que los lleven a cumplir plenamente con sus obligaciones, aunque también puede deberse a una cultura perjudicial dentro de la misma empresa.

Para poder visualizar estos efectos incluimos la figura 2, que nos muestra en gráficos el resumen de los resultados provenientes de la estimación de un modelo Hurdle. En el panel (a) se muestran las probabilidades medias de infracción cuando se asume que todas las plantas han recibido al menos una inspección en el periodo señalado por el retardo. Por ejemplo, si el retardo es $SV(t-1)$, la cifra dada, en este caso 55 %, se refiere a la probabilidad de encontrar alguna infracción, suponiendo que todas las plantas fueron inspecciones en el trimestre anterior. Se observa que las probabilidades de violación disminuyen con el tiempo. La más baja se encuentra en el sexto retardo, y es de un 46 %. Como ya anticipamos, esto quiere decir que las empresas mejoran su comportamiento a medida que nos alejamos de la fecha en que recibieron la inspección. Esto también se refleja en el panel (b), que nos muestra que el efecto por cada inspección adicional también aumenta con el tiempo. Por ejemplo, la caída en infracciones es del 4 % y 2 % por inspección cuando estas se dieron cinco y seis trimestres por adelantado, mientras que el efecto es despreciable e insignificante en períodos más cercanos.

Cabe destacar que aunque el coeficiente positivo de las inspecciones del trimestre anterior (*i.e.* en el primer retardo SV_{t-1}), parezca sugerir que estas causan un incremento en el número de infracciones, este resultado tiene que ponerse en contexto con las políticas de *dynamic enforcement*, o incentivos dinámicos de los que hablábamos al comienzo del artículo, por los cuales se dedican más recursos a esas empresas en las que se observa un peor resultado medioambiental reciente. Así que lo que este resultado identifica es el hecho de que, gracias a esta política, los inspectores medioambientales son capaces de detectar más infracciones en el muy corto plazo, y que es solo a partir de ese primer trimestre cuando los efectos positivos de las inspecciones en la mejora del comportamiento se empiezan a observar en los coeficientes, que en algún momento pasan a ser negativos.

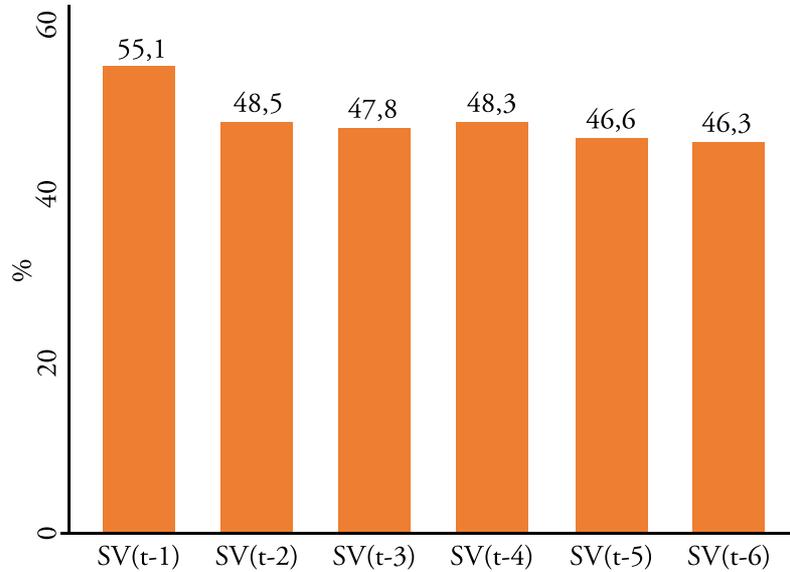
3.3.3. Los riesgos medioambientales según el sector

Nuestro análisis empírico también identifica riesgos ambientales a nivel sectorial. La estimación de un modelo de exceso de ceros (*Zero Inflated Poisson*) nos permite, por una parte, identificar la probabilidad de que las entidades dentro de cada sector estén en cumplimiento estricto de las normas; y por otra, estimar la

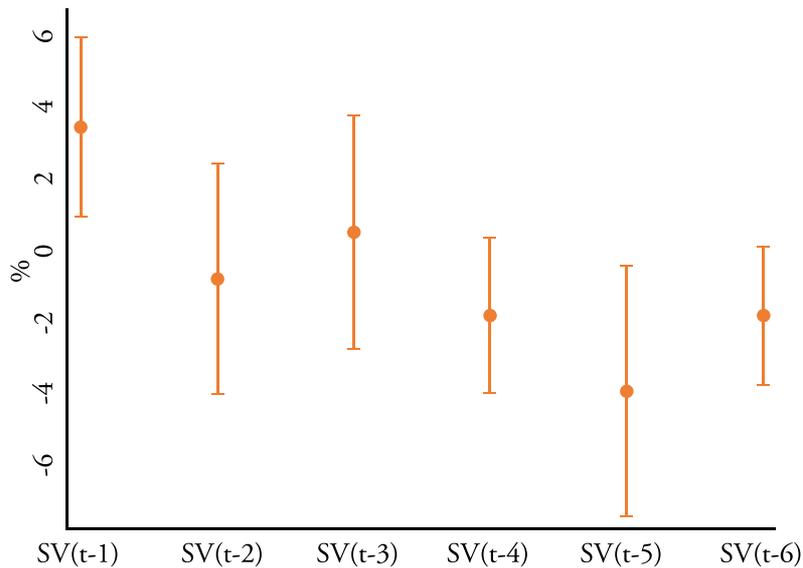
Figura 2

Resultados de un Hurdle Modle

a. Probabilidades de infracción (Modelo de decisión binaria)



b. Cambio en el número infracciones por inspección adicional (Modelo truncado en cero)



Nota: Los intervalos de confianza en el panel b son del 95 %.

probabilidad media de incumplimiento de cada sector. Una vez obtenidos estos podemos identificar los sectores que suponen un mayor o menor riesgo para el medioambiente. Estos resultados se presentan en la tabla 1.

Como se puede ver en la penúltima columna (“No cumplimiento”), las industrias de menor riesgo medioambiental según su probabilidad de infracción son los sectores de agricultura intensiva (5 %), y madera, papel, textil y cuero (13 %), mientras que las industrias que presentan un mayor riesgo ambiental son la alimentaria y de bebidas (34 %), y las estaciones de transferencia de residuos no-tóxicos (31 %).

Asimismo, hay otros sectores que se sitúan en un término intermedio, y aunque su probabilidad de infracción es más baja que la de los sectores de riesgo alto, estas pueden tener un impacto negativo importante debido a que presentan una proporción relativamente baja de plantas que cumplen estrictamente con las normativas. La probabilidad de que las plantas cumplan estrictamente con las licencias viene dada por la primera columna en la tabla (la que llamamos “Cumplimiento estricto”), y esta nos marca que son sectores como el de la energía y combustibles fósiles (23 %), y el de productos químicos (47 %), los que se sitúan en esta categoría.

Para terminar con el análisis, la última columna de la tabla presenta la media de inspecciones por instalación en cada sector; esta medida ya la habíamos visto al principio en la figura 1. Cuando comparamos esta medida con la probabilidad estimada de incumplimientos (columna “No cumplimiento”), observamos que la EPA parece haber ejecutado una política bastante alineada con los riesgos medioambientales aquí inferidos. De hecho, la industria alimentaria y las estaciones de transferencia de residuos no tóxicos recibieron el mayor número de inspecciones por planta, mientras que la de agricultura intensiva es la que menos recibió acorde con su bajo riesgo de contaminación. No obstante, hay algunas otras en las que, quizá, la EPA podría hacer más hincapié basándose en nuestras estimaciones, tales como el sector de metales y minerales, el cual recibió un número de inspecciones bastante más bajo que otros con un perfil de riesgo medioambiental similar.

4. CONCLUSIONES

En este artículo hemos expuesto los principios básicos con los que se regulan las emisiones industriales en Europa, y hemos utilizado el caso de Irlanda para presentar como se implementa la Directiva de Emisiones Industriales que viene dictaminada por la Unión Europea.

Tabla 1

Probabilidades de infracción por sector, 2016-2019

	Cumplimiento estricto prb = Prob (C = 1)	Riesgo percibido de NC 1 - prb	Cumplimiento general Prob(NC = 0)	No cumplimiento Prob(NC > 0)	Visitas por Instalación
Alimentación y bebidas	0.45	0.55	0.66	0.34	11.78
Centros de transferencia de residuos no tóxicos	0.50	0.50	0.69	0.31	11.63
Metales y minerales	0.47	0.53	0.73	0.27	7.15
Gestión de residuos tóxicos	0.55	0.45	0.75	0.25	11.93
Energía y combustibles fósiles	0.23	0.77	0.75	0.25	8.79
Química	0.47	0.53	0.77	0.23	7.16
Otros	0.66	0.34	0.78	0.22	5.69
Gestión de residuos no tóxicos	0.63	0.37	0.81	0.19	8.14
Recubrimiento de superficies	0.61	0.39	0.82	0.18	5.90
Madera, papel, textil y cuero	0.47	0.53	0.87	0.13	5.02
Agricultura intensiva	0.87	0.13	0.95	0.05	1.36

Nota: : Las estimaciones provienen de un modelo binario en un *Zero Inflated Poisson*. Los sectores están ordenados por la probabilidad de infracción (columna Prob(NC) > 0).

Desde un punto de vista económico, el estudio de los efectos de la política medioambiental en el comportamiento de las empresas es importante, por una parte, porque determina la efectividad de la actividad del regulador público (y, por tanto, determina el buen uso de los fondos públicos) y por otra, porque de su efectividad depende el bienestar y la salud pública.

La evidencia empírica que aquí hemos presentado para el caso de Irlanda nos demuestra que la supervisión medioambiental juega un papel importante en el cumplimiento de las leyes. Y aunque cabe destacar que existe un nivel de cumplimiento alto por parte de las instalaciones industriales con las normativas y condiciones establecidas en las licencias medioambientales, en Irlanda y otros países industrializados, la actividad del supervisor es especialmente importante a la hora de identificar las plantas con peor desempeño medioambiental, ya que una vez estas pasan a infringir la ley, lleva tiempo hacerles retornar al buen camino. Además, nuestro estudio sugiere que la adopción de incentivos dinámicos debe jugar un papel fundamental en el proceso de planificación de la política de supervisión medioambiental, dado que contribuye a la efectividad del regulador. En consecuencia, la evidencia indica que las autoridades competentes en Europa deben continuar reforzando la implementación de tales medidas con el fin de incrementar su eficacia en la disminución de emisiones industriales.

REFERENCIAS

- ALMER, C., y GOESCHL, T. (2010). Environmental crime and punishment: Empirical evidence from the german penal code. *Land Economics*, 86(4), 707–726. ISSN 00237639. doi: 10.3368/le.86.4.707. <https://about.jstor.org/terms>
- ALMER, C., y GOESCHL, T. (2015). The Sopranos Redux: The Empirical Economics of Waste Crime. *Regional Studies*, 49(11), 1908–1921. ISSN 13600591. doi: 10.1080/00343404.2013.854323.
- ALVARO TAÚS, M., y CURTIS, J. (2024). *The Impact of Environmental Enforcement on Licensees' Behaviour in Ireland*. <https://papers.ssrn.com/abstract=4653137>
- BLUNDELL, W. (2020). When threats become credible: A natural experiment of environmental enforcement from Florida. *Journal of Environmental Economics and Management*, 101, 102288. ISSN 10960449. doi: 10.1016/j.jeem.2019.102288. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2019.102288>

BLUNDELL, W., GOWRISANKARAN, G., y LANGER, A. (2020). Escalation of scrutiny: The gains from dynamic enforcement of environmental regulations. *American Economic Review*, 110(8), 2558–2585. ISSN 19447981. doi: 10.1257/AER.20181012. URL <https://doi.org/10.1257/aer.20181012>

DEILY, M. E., y GRAY, W. B. (2007). Agency structure and firm culture: OSHA, EPA, and the steel industry. *Journal of Law, Economics, and Organization*, 23(3), 685–709. ISSN 87566222. doi: 10.1093/jleo/ewm018. <https://heinonline.org/HOL/Page?handle=hein.journals/jleo23&id=691&div=36&collection=journals>

DUFLO, E., GREENSTOE, M., PANE, R., y RYAN, N. (2018). The Value of Regulatory Discretion: Estimates From Environmental Inspections in India. *Econometrica*, 86(6), 2123–2160. ISSN 0012-9682. doi: 10.3982/ecta12876.

EARNHART, D. (2000). Environmental Crime and Punishment in the Czech Republic: Penalties against Firms and Employees. *Journal of Comparative Economics*, 28(2), 79–399. ISSN 01475967. doi: 10.1006/jcec.2000.1652. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147596700916524>

ECKERT, H. (2004). Inspections, warnings, and compliance: The case of petroleum storage regulation. *Journal of Environmental Economics and Management*, 47(2), 232–259. ISSN 00950696. doi: 10.1016/S0095-0696(03)00079-2.

EPA. (2019). Compliance and Enforcement Policy. Technical report, 2019. URL <https://www.epa.ie/publications/compliance--enforcement/licensees/performance/compliance-and-enforcement-policy.php>

EPA. (2021). Environmental Inspection Plan 2022-2025. Technical report, 2021.

EVANS, M. F. (2016). The Clean Air Act Watch List. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 3(3), 27–665. doi: 10.2307/26544426.

FAURE, M. G., y JOHNSTON, J. S. (2009). The Law and Economics of the Environmental Federalism: Europe and the United States Compared. *Virginia Environmental Law Journal*, 27. <https://heinonline.org/HOL/Page?handle=hein.journals/velj27&id=211&div=16&collection=journals>

GRAY, W., y SHADBEGIAN, R. (2021). Economics of Environmental Compliance and Enforcement. In *Oxford Research Encyclopedia of Environmental Science*. Oxford University Press, 6. doi: 10.1093/acrefore/9780199389414.013.444. <https://oxfordre.com/environmentalscience/view/10.1093/acrefore/9780199389414.001.0001/acrefore-9780199389414-e-444>

GRAY, W. B., y SHADBEGIAN, R. J. (2005). When and why do plants comply? Paper mills in the 1980s. *Law and Policy*, 27(2), 238–261. ISSN 02658240. doi: 10.1111/j.1467-9930.2005.00199.x.

HANNA, R. N., y OLIVA, P. (2010). The impact of inspections on plant-level air emissions. B.E. *Journal of Economic Analysis and Policy*, 10(1). ISSN 19351682. doi: 10.2202/1935-1682.1971. URL <http://www.bepress.com/bejeap/vol10/iss1/art19>

HARRINGTON, W. (1988). Enforcement leverage when penalties are restricted. *Journal of Public Economics*, 37(1), 29–53. ISSN 00472727. doi: 10.1016/0047-2727(88)90003-5.

JOHNSON, M. S., LEVINE, D. I., y TOFFEL, M. W. (2023). Improving Regulatory Effectiveness through Better Targeting: Evidence from OSHA. *American Economic Journal: Applied Economics*, 15(4), 30–67. ISSN 1945-7782. doi: 10.1257/APP.20200659. URL <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/app.20200659>

KANG, K., y SILVEIRA, B. S. (2021). Understanding disparities in punishment: Regulator preferences and expertise. *Journal of Political Economy*, 129(10), 2947–2992. ISSN 1537534X. doi: 10.1086/715415.

LAPLANTE, B., y RILSTONE, P. (1996). Environmental inspections and emissions of the pulp and paper industry in Quebec. *Journal of Environmental Economics and Management*, 31(1), 19–36. ISSN 00950696. doi: 10.1006/jeem.1996.0029.

MAGAT, W. A., y VISCUSI, W. K. (1990). Effectiveness of the EPA's Regulatory Enforcement: The Case of Industrial Effluent Standards. *The Journal of Law and Economics*, 33(2), 331–360. ISSN 0022-2186. doi: 10.1086/467208. <https://www.jstor.org/stable/725367>

OATES, W. E. (1998). Environmental policy in the European Community: harmonization or national standards? *Empirica*, 25(1), 1–13. ISSN 03408744. doi: 10.1023/A:1006832604045/METRICS. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1006832604045>

RUSSELL, C. S., HARRINGTON, W., y VAUGHAN, W. J. (1986). *Economic Models of Monitoring and Enforcement: Enforcing pollution control laws*. Washington, DC: Resources for the Future. <https://www.osti.gov/biblio/6147265>

SHIMSHACK, J. P. (2014). The economics of environmental monitoring and enforcement. *Annual Review of Resource Economics*, 6(1), 339–360. ISSN 19411359. doi: 10.1146/annurev-resource-091912-151821. <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev-resource-091912-151821>

SHIMSHACK, J. P., y WARD, M. B. (2005). Regulator reputation, enforcement, and environmental compliance. *Journal of Environmental Economics and Management*, 50(3), 519–540. ISSN 00950696. doi: 10.1016/j.jeem.2005.02.002. www.elsevier.com/locate/jeem

SHIMSHACK, J. P., y WARD, M. B. (2008). Enforcement and over-compliance. *Journal of Environmental Economics and Management*, 55(1), 90–105. ISSN 00950696. doi: 10.1016/j.jeem.2007.05.003. URL www.elsevier.com/locate/jeem.

TELLE, K. (2013). Monitoring and enforcement of environmental regulations. Lessons from a natural field experiment in Norway. *Journal of Public Economics*, 99, 24–34. ISSN 00472727. doi: 10.1016/j.jpubeco.2013.01.001. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpubeco.2013.01.001>

TOSUN, J. (2012). Environmental Monitoring and Enforcement in Europe: A Review of Empirical Research. *Environmental Policy and Governance*, 22(6), 437–448. ISSN 1756932X. doi: 10.1002/eet. 1582.