

La responsabilidad ambiental como factor clave en el desempeño económico de las empresas en Colombia: Un enfoque Cuantitativo

Jorge Eduardo Orozco Álvarez¹

Jhon Jairo Fuentes²

Cristhian Steven Cortés Avirama³

Jose Fernando Suns Imbachí⁴

Resumen

El cambio climático es una realidad y es responsabilidad política de los países reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en beneficio del planeta. Esta situación repre-

1 Corporación Universitaria Autónoma del Cauca Popayán, Cauca (Colombia); jorge.orozco.a@uniautonomia.edu.co <https://orcid.org/0000-0002-7592-430X>

2 Universidad Cooperativa de Colombia. Barrancabermeja, (Colombia); jhonj.fuentes@campusucc.edu.co <https://orcid.org/0000-0003-2026-0021>

3 Corporación Universitaria Autónoma del Cauca Popayán, Cauca (Colombia); cristhian.cortes.a@uniautonomia.edu.co <https://orcid.org/0000-0002-7642-4091>

4 Corporación Universitaria Autónoma del Cauca Popayán, Cauca (Colombia); jose.suns.i@uniautonomia.edu.co <https://orcid.org/0000-0001-6664-507X>



senta una oportunidad para modernizar y mejorar la competitividad de las empresas en el futuro. El objetivo de este estudio es examinar cómo una mayor responsabilidad ambiental, así como el control y la reducción de las emisiones de GEI, se relacionan con el desempeño económico de las empresas. Se analizaron datos de la Encuesta Anual Manufacturera de Colombia (EAM) durante el periodo de 2009 a 2018. La hipótesis planteada sostiene que una menor dependencia de las empresas en los combustibles fósiles se traduce en un mejor desempeño corporativo. Se utilizó un modelo econométrico propuesto por Cucchiella et al. (2017). Los resultados demuestran una asociación entre una buena gestión ambiental de las empresas y un mayor desempeño económico. En este caso, las políticas dirigidas a mejorar la gestión ambiental de las empresas para cumplir con los objetivos de reducción de GEI no deberían ser radicales. Estas políticas deberían enfocarse en garantizar un funcionamiento adecuado del mercado para que, a largo plazo, las empresas poco competitivas y grandes emisoras de GEI sean sustituidas.

Palabras clave: cambio climático, emisiones de gases de efecto invernadero, responsabilidad ambiental, desempeño económico corporativo, combustibles fósiles.

Abstract

Climate change is a reality, and it is the political responsibility of countries to reduce greenhouse gas emissions (GHG) for the benefit of the planet. This situation represents an opportunity to modernize and enhance the competitiveness of businesses in the future. The objective of this study is to examine how increased environmental responsibility, as well as the control and reduction of GHG emissions, are related to the economic performance of companies. Data from the Annual Manufacturing Survey of Colombia (EAM) were analyzed for the period 2009 to 2018. The hypothesis posits that a lower dependence of companies on fossil fuels translates into better corporate performance. An econometric model proposed by Cucchiella et al. (2017) was used. The results demonstrate an association between good environmental management of companies and higher economic performance. In this case, policies aimed at improving the environmental management of companies to meet

GHG reduction targets should not be radical. These policies should focus on ensuring proper market functioning so that, in the long run, uncompetitive and major GHG-emitting companies are replaced.

Keywords: climate change, greenhouse gas emissions, environmental responsibility, corporate.

Introducción

El cambio climático es una realidad, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), por parte de los países pactantes del Acuerdo de París, es una obligación política con el planeta. Las nuevas recomendaciones sugeridas para combatir el cambio climático representan una oportunidad para modernizar y mejorar la competitividad de las empresas, las cuales aspiran a continuar en los mercados durante los próximos años. Sin embargo, diferentes estudios alrededor del mundo se han enfocado en evaluar cómo la responsabilidad ambiental impacta al desempeño de las empresas. Cabrían esperarse dos posibles resultados que son contrarios entre sí, cada uno con consecuencias políticas diferentes. El caso en el que las empresas con mayor responsabilidad ambiental son las que mantienen un mejor desempeño implica que las políticas encaminadas a la reducción de GEI no deberían ser tan drásticas. Dichas políticas deberían limitarse a garantizar que el mercado funcione para que este expulse, en el largo plazo, las empresas poco competitivas y que son grandes emisoras de GEI. Sin embargo, el caso en que las empresas con mejor desempeño sean aquellas que mantienen altos niveles de emisiones de GEI es el más preocupante. Este caso implicaría un actuar más drástico por parte de los hacedores de política, y una intervención más fuerte por parte del Estado, para garantizar que la sociedad cumpla las metas de reducción de GEI.

Diferentes políticas para combatir el cambio climático se están adelantando en todos los países, en unos con mayor intensidad que en otros. Todas estas políticas han recibido el apoyo de varios acuerdos internacionales, entre los más destacados están el Protocolo de Kioto de 1997 y el Acuerdo de París de 2015. Las empresas cumplen un papel fundamental en el ajuste de las emisiones de GEI que se realizan en los países. Debido al alto poder



económico y de organización con el que cuentan las empresas, estas pueden realizar más rápido la transición energética de lo que pueden realizarlo los hogares o los países. Las empresas pueden realizar instalaciones de generación de energía con fuentes renovables, aprovechando las economías de escala en la producción de energía, aspecto que no pueden realizar los hogares, debido a que estos no pueden aprovechar las economías de escala por el tamaño de sus necesidades energéticas. Entender como impacta la transición a energías renovables al desempeño de las empresas es importante para poder elaborar políticas y esquemas de subsidios correctos que permitan una mayor penetración de las tecnologías renovables en el sector productivo.

El propósito de este estudio es analizar cómo una mayor responsabilidad ambiental, así como el control y la reducción de las emisiones de GEI, se relacionan con el desempeño económico de las empresas. Este trabajo se compone de 6 secciones, siendo esta introducción la primera de ellas. La segunda sección describe brevemente la literatura existente sobre las dos hipótesis que se enfrentan para explicar la relación entre desempeño de las empresas y responsabilidad ambiental. La tercera sección propone un modelo teórico donde se establece una relación entre desempeño económico y responsabilidad ambiental. La cuarta sección presenta los datos y la metodología de estimación que se propone en este trabajo. La quinta sección presenta los resultados de esta investigación, y la sexta sección presenta algunas conclusiones.

Revisión de literatura

La visión tradicional de economistas, políticos y hombres de negocios en general indicaba que, las medidas de protección del medio ambiente por parte de las empresas, conllevaban una carga que se veía reflejada en menores ingresos y competitividad (Cucchiella et al., 2017). Los argumentos de dicha corriente indicaban que las regulaciones medioambientales implican que las empresas deben alterar sus asignaciones de mano de obra, capital y materias primas para reducir la contaminación producida. Dicha alteración de las elecciones de insumos conlleva que las empresas se alejen de las estrategias que maximizan sus beneficios privados. Esto se debe a que las empresas que maximizan sus beneficios deben asumir una restricción adicional a la presu-

puestal, la cual implica que el óptimo inicialmente deseado puede no ser alcanzado, derivando en una asignación de recursos diferente a la que el mercado hubiera motivado en las empresas. Este cambio en la asignación de recursos en las empresas puede conllevar menores ingresos y competitividad.

Sin embargo, la literatura económica reconoce que existen beneficios sociales derivados de la menor contaminación del medio ambiente. La contaminación del medio ambiente conlleva una externalidad negativa, es decir, una situación en la que los costos sociales de producción o consumo de algún bien o servicio, no se reflejan en su precio de mercado. En el caso de la contaminación ambiental, la producción con tecnologías que utilizan como insumos combustibles fósiles implican la emisión de gases de efecto invernadero, que derivan en problemas para la calidad de vida de las personas, y que no es reflejado en los precios de mercado de los productos elaborados. Por otro lado, como bien señaló el celebrado trabajo de Coase (1960) y que le significó obtener el Premio Nobel de Economía en 1991, las asignaciones de mercado en presencia de externalidades no son socialmente óptimas. Es decir, existe una situación en la que todos podrían estar mejor, pero que no puede alcanzarse con el mecanismo de precios de mercado. Por ello, para alcanzar el nivel de asignación de recursos socialmente óptimo se deberían diseñar mecanismos regulatorios que permitan reducir la elaboración del producto que genera la externalidad hasta el nivel socialmente óptimo. A partir del trabajo de Coase se ha creado toda una corriente de literatura que busca encontrar los mecanismos que permiten alcanzar el óptimo social. En este trabajo no estamos interesados en abordar esta literatura, pues nuestro problema de investigación no está alineado con esta literatura. Esta literatura representa una de las motivaciones iniciales para regulación ambiental. Nuestro interés de investigación radica en estudiar como la responsabilidad ambiental afecta el desempeño de las empresas en el mercado.

En la literatura se destacan varios trabajos que encuentran evidencia de una relación negativa entre el desempeño de las empresas y la actividad regulatoria ambiental (Cho y Patten, 2007; Clarkson et al., 2011; Patten, 2002), y otros que no encuentran ninguna relación (Fekrat, Inclan, y Petroni, 1996; Freedman y Wasley, 1990). Según Hassan y Romilly (2018), una razón para explicar la falta de acuerdo sobre la relación entre regulación ambiental y desempeño de las empresas, es el uso



de diferentes medidas para aproximar las variables de interés. Esto es, no existe un consenso sobre la forma en que se debe medir la responsabilidad ambiental, o la intensidad de la regulación en una economía. Cabe destacar, como señala Patten (2002), que los problemas de medición de variables, debido al uso de medidas subjetivas para la aproximación de las variables de interés, obstaculizan la generalización y comparabilidad de los resultados. Esto implica que, cuando se desea comparar un estudio realizado para un país desarrollado, es difícil concebir que sus resultados puedan explicar lo que ocurre en una cultura diferente como la de un país en vías de desarrollo. Otro agravante identificado en los anteriores trabajos es el pequeño tamaño de las muestras de datos, lo cual no permite proporcionar una buena inferencia estadística.

A diferencia de la corriente tradicional, que plantea que las empresas ven reducido su desempeño por el cumplimiento de las regulaciones ambientales, una corriente alternativa tiene postulados diferentes que han estado tomando fuerza en las últimas décadas. Trabajos pioneros como el de Porter y van der Linde (1995) han expuesto que las regulaciones ambientales tienen el efecto de estimular la innovación, lo cual, disminuye los costos de las empresas en el largo plazo. Los autores plantean que, al no existir regulaciones ambientales, las empresas pueden decidir libremente su actuar, pero se dificulta la evaluación de los costos para innovar. Esto se debe a que las empresas no encuentran rentable innovar en materia de disminución de emisiones porque no existen los incentivos necesarios para asumir los costos que esto conlleva. Cuando existen regulaciones ambientales se disminuye la incertidumbre asociada a los costos de las inversiones, pues muchas empresas se ven encaminadas en estas, lo cual garantiza que los verdaderos costes de innovar se revelen más fácilmente que cuando son pocas las empresas que deciden hacerlo. En este orden de ideas, la regulación ambiental permite a las empresas eliminar las ineficiencias sociales de la explotación de recursos y mejora su rendimiento al disminuir la incertidumbre asociada a la innovación y los costos que esta trae (Jaffe y Palmer, 1997; Ambec et al, 2013).

La literatura sobre la relación entre la política ambiental y el cambio tecnológico se ha centrado principalmente en la elección de instrumentos de política óptimos para inducir innovaciones ambientales (Jaffe et al., 2002). Con respecto a la innovación, la superioridad de los instrumentos basados en el mercado, como

los impuestos y los permisos negociables, se han colocado como el principio básico de la economía ambiental gracias a su notable eficiencia dinámica (Rennings y Rammer, 2011). En esta línea de la literatura, se ha identificado un efecto positivo entre la regulación y la innovación ambiental denominado el efecto push/poll (Rennings, 2000). Horbach (2008) destaca que este efecto nace de una relación positiva y dinámica entre el cambio tecnológico, la atracción de mercados, las políticas ambientales y los factores específicos de la empresa que influyen en la decisión de innovar. Una buena parte de la literatura empírica ha encontrado evidencia a favor del efecto regulatorio de push/pull como son los trabajos de Rennings y Zwick (2002) y Brunnermeier y Cohen (2003). Popp (2006) encuentra evidencia para Estados Unidos, Japón y Alemania, sobre como las decisiones de innovación de las empresas fueron impulsadas principalmente por la regulación nacional. Así mismo, Del Rio Gonzalez (2005) encuentra que la presión regulatoria y la imagen corporativa son los principales impulsores de la adopción de tecnología más limpia en la industria española de la pulpa y el papel.

Aspectos teóricos

En esta sección se expone el modelo de gestión ambiental y desempeño de la empresa de Cucchiella et al. (2017). Este se corresponde con un modelo matemático de la relación entre desempeño de la empresa y su gestión ambiental. A pesar de la complejidad de sus ecuaciones, las predicciones finales del modelo son bastante sencillas. El desempeño económico, ante la gestión ambiental de la empresa, se mide como el valor agregado de la producción por unidad de consumo de energía. En este modelo se especifica cuáles pueden ser los posibles determinantes del desempeño de las empresas y como este se relaciona con la gestión ambiental que realizan las empresas. En adelante se da un desarrollo formal del modelo y se presentan las predicciones teóricas finales de la relación de interés.

Se define una función de producción (Y) de Cobb-Douglas. Y representa la cantidad de producción que realiza la empresa. Las funciones de producción son representaciones matemáticas de la forma más eficiente en que las empresas utilizan sus insumos para elaborar un producto. Estas son abstracciones útiles para simplificar el complejo proceso de crear un producto. Por simpli-



cidad se asume que dicha función tiene rendimientos constantes a escala. Este supuesto sobre la función de producción tiene una interpretación sencilla: los exponentes que acompañan las variables son las participaciones de los insumos en la producción total de la empresa. Posteriormente, veremos algunos de estos aspectos en las siguientes formulas. Para la empresa i su producción Y depende de factores mano de obra (L), capital (K), materiales (M) y energía (E) de la forma:

$$Y_i = A_i L_i^\alpha K_i^\beta M_i^\gamma E_i^{1-\alpha-\beta-\gamma}. \quad (1)$$

La anterior ecuación es una expresión matemática que representa una función de producción. Esto es, la producción de una empresa depende los factores trabajo, capital, materias primas, consumo energético, y su capacidad para utilizar sus insumos (tecnología). Como mencionamos anteriormente, los exponentes que acompañan a los factores de producción son su participación en la producción total. Por ejemplo, α es la participación del factor Trabajo en la producción total Y . Supongamos que $\alpha=0.4$, entonces, decimos que el factor trabajo es responsable del 40% del producto total de la empresa. Con relación al término A , este es la productividad total de los factores y representa que tan eficiente es una empresa con relación a otras. Por ejemplo, empresas con un A más grande fabrican más productos que empresas con un A más pequeño, esto es, son más eficientes utilizando la misma cantidad de factores de producción.

Definimos el ingreso total de la empresa como $I_i = P_i Y_i$, donde P es el precio de producción de la empresa, es decir, el ingreso total es el precio multiplicado por la producción de la empresa. El costo laboral toma la forma $W_i = w L_i$ con w el salario por trabajador, esto es, el costo laboral es el salario que se paga a todos los trabajadores. El costo de capital es $R_i = r K_i$ con r la tasa de alquiler del capital. El costo de los materiales es $Q_i = q M_i$ con q el precio de los materiales. Finalmente, el costo de la energía es $D_i = d E_i$ con d es el precio de la energía. Estas definiciones establecen los costos asociados a los factores de producción utilizados por las empresas. A partir de estas definiciones se utilizan algunos cambios matemáticamente equivalentes que permiten despejar los factores y reemplazarse en la ecuación (1). Por ejemplo, podemos reemplazar $\frac{I_i}{P_i}$ por Y_i , esto es, el Producto puede ser reemplazado por el ingreso total dividido el precio por unidad, y reemplazar $\frac{W_i}{w}$ por L_i , es decir, el número de tra-

bajadores puede ser reemplazado por el costo total del trabajo dividido por el salario por trabajador. De esta forma, matemáticamente tenemos:

$$\frac{I_i}{P_i} = A_i \left(\frac{W_i}{w} \right)^\alpha \left(\frac{R_i}{r} \right)^\beta \left(\frac{Q_i}{q} \right)^\gamma \left(\frac{D_i}{d} \right)^{1-\alpha-\beta-\gamma}. \quad (2)$$

Los anterior establece el lado de la empresa, son todos los aspectos del modelo relacionados con la tecnología de producción y costos de la empresa. Con relación a los consumidores, es común en la literatura sobre modelos económicos asumir una función de demanda. Para este caso dicha función toma la forma matemática:

$$P_i = a_i Y_i^{-\lambda}. \quad (3)$$

En esta expresión representa la preferencia relativa del producto de una empresa, es decir, cuando una empresa tiene un más grande entonces ocurre que, para una misma cantidad de producto, la gente está dispuesta a pagar un mayor precio. Este parámetro resume el valor que la gente tiene del producto de la empresa. Por otro lado, λ es la elasticidad de la demanda. Dado que $\lambda > 0$ esta función de demanda establece una relación inversa entre el precio y la producción, como se sabe de la teoría económica, cuando el precio de un producto es alto hay pocas personas dispuestas a comprarlo, pero cuando este es bajo hay más personas dispuestas a comprarlo.

Sustituyendo (3) en (2) llegamos al resultado de Cucchiella et al.:

$$I_i = a_i A_i^{1-\lambda} \left(\frac{W_i}{w} \right)^{\alpha(1-\lambda)} \left(\frac{R_i}{r} \right)^{\beta(1-\lambda)} \left(\frac{Q_i}{q} \right)^{\gamma(1-\lambda)} \left(\frac{D_i}{d} \right)^{(1-\alpha-\beta-\gamma)(1-\lambda)}, \quad (4)$$

Donde $1-\lambda > 0$. Esta función establece que los ingresos totales de la empresa son función de las preferencias de los consumidores, de su eficiencia tecnológica, de los costos totales de sus factores y de los precios de sus factores. Una mayor preferencia de los consumidores o una tecnología más eficiente implican un mayor ingreso total. Por otro lado, para generar mayores ingresos se necesitan mayores usos de los insumos, pero cuando estos son más costosos por cada unidad entonces los ingresos son menores.



Para obtener el valor agregado por unidad de energía consumida de la empresa debemos dividir (4) por el costo de la energía, tenemos que:

$$\frac{I_i}{D_i} = a_i A_i^{1-\lambda} \left(\frac{W_i}{w}\right)^{\alpha(1-\lambda)} \left(\frac{R_i}{r}\right)^{\beta(1-\lambda)} \left(\frac{Q_i}{q}\right)^{\gamma(1-\lambda)} \frac{D^{\lambda-(\alpha+\beta+\gamma)(1-\lambda)}}{d^{(1-\alpha-\beta-\gamma)(1-\lambda)}}. \quad (5)$$

Aunque esta expresión es matemáticamente compleja, conlleva predicciones similares al caso del ingreso total. Las preferencias de los consumidores y la eficiencia tecnológica aumentan el valor agregado de las empresas.

Tomando logaritmo natural de ambos lados en (5) tenemos⁵:

$$\begin{aligned} \ln\left(\frac{I_i}{D_i}\right) &= \ln a_i + (1-\lambda) \ln A_i + (\alpha(1-\lambda)) \ln\left(\frac{W_i}{w}\right) + (\beta(1-\lambda)) \ln\left(\frac{R_i}{r}\right) \\ &+ (\gamma(1-\lambda)) \ln\left(\frac{Q_i}{q}\right) + (\lambda - (\alpha + \beta + \gamma)(1-\lambda)) \ln D_i \\ &+ ((1-\alpha-\beta-\gamma)(1-\lambda)) \ln d. \quad (6) \end{aligned}$$

Supongamos que a y A son funciones que dependen de cómo la empresa gestiona sus emisiones de GEI. Para el caso de la variable que captura las preferencias de los consumidores por los productos de la empresa tenemos:

$$\ln a_i = \omega_0 + \omega_1 G_i^a, \quad (7)$$

donde G^a es un indicador del puntaje de desempeño ambiental de la empresa. Supongamos que $\omega_1 > 0$, este supuesto captura el efecto positivo sobre la demanda de la empresa de tener una buena calificación en gestión ambiental. Para el parámetro que captura el choque de eficiencia tecnológica tenemos:

$$\ln A_i = \delta_0 + \delta_1 G_i^A, \quad (8)$$

donde G^A es un indicador de la posición relativa de la empresa en su reducción de emisiones de GEI, es decir, entre más cerca está la empresa de los primeros puestos, mejores pautas de reducción de emisiones presentan y, por ende, una mayor productividad o eficiencia tecnológica.

⁵ Recuérdese que $\ln$, es decir, logaritmo se reparte entre el producto de y como una suma de sus logaritmos. Por otro lado, d^x , es decir, logaritmo de una potencia toma la potencia y la pone fuera del logaritmo multiplicando.

Reemplazando (7) y (8) en (6) tenemos una ecuación relaciona el desempeño o valor agregado de la empresa con su gestión ambiental y su calificación, factores que afectan el crecimiento de su demanda y su productividad:

$$\ln\left(\frac{I_i}{D_i}\right) = B_0 + B_1 \ln W_i + B_2 \ln R_i + B_3 \ln Q_i + B_4 \ln D_i + B_5 G_i^a + B_6 G_i^A, \quad (6)$$

donde, para facilitar la presentación, se agrupan varios parámetros en expresiones más sencillas, tal que:

$$\begin{aligned} B_0 &= \omega_0 + (1 - \lambda)\delta_0 - \alpha(1 - \lambda) \ln w - \beta(1 - \lambda) \ln r + \gamma(1 - \lambda) \ln q \\ &\quad + (1 - \alpha - \beta - \gamma)(1 - \lambda) \ln d \\ B_1 &= \alpha(1 - \lambda), B_2 = \beta(1 - \lambda), B_3 = \gamma(1 - \lambda), B_4 = (\lambda - (\alpha + \beta + \gamma)(1 - \lambda)), \\ B_5 &= \omega_1, B_6 = (1 - \lambda)\delta_1. \end{aligned}$$

Dados los supuestos realizados tenemos las siguientes predicciones teóricas:

$$\frac{\partial \ln\left(\frac{I_i}{D_i}\right)}{\partial G_i^a} = \omega_1 > 0, \frac{\partial \ln\left(\frac{I_i}{D_i}\right)}{\partial G_i^A} = (1 - \lambda)\delta_1 > 0,$$

es decir, empresas que perciben un mayor crecimiento de su demanda y su productividad, a razón de su mejor gestión ambiental, tienden a tener un mejor desempeño. Vale la pena destacar que una mayor presión del ambiente para ser mejores en la gestión ambiental, como es el caso de una mayor actividad regulatoria, tiende a fomentar la innovación en las empresas, lo cual implica aumentos en G^a y G^A , que, por las predicciones teóricas, implica un mayor desempeño de la empresa. Este modelo matemático establece predicciones teóricas sencillas que relacionan el desempeño de las empresas con la gestión ambiental de las empresas. Factores que motiven una mejor gestión ambiental, son factores que mejoran el desempeño de las empresas. Desde la teoría de Porter y la evidencia internacional, la regulación ambiental ha motivado la innovación, y ha fomentado una mayor eficiencia productiva para las empresas. De otro lado, los consumidores se han convertido en más conscientes del cuidado del medioambiente, por lo cual, han tendido a valorar más los productos de empresas que hagan mejor gestión ambiental.



Materiales y métodos

Utilizamos datos de la Encuesta Anual Manufacturera de Colombia (EAM) en el periodo 2009-2018. Estos datos comprenden información sobre las empresas manufactureras relacionadas con ventas, factores de producción (capital, trabajo, materias primas, etc.), participación en mercados extranjeros, y consumos energéticos. Las variables que se utilizan en esta investigación se escogen a la luz del modelo teórico antes expuesto:

- **Ventas:** Ingresos operacionales anuales de las empresas.
- **Costos laborales:** Costos totales anuales derivados o asociados al personal contratado. Esta variable permite cuantificar la variable trabajo del modelo teórico.
- **Consumo intermedio:** Gasto anual de la empresa en materias primas u otros consumos intermedios. Esta variable permite cuantificar la variable de materiales del modelo teórico.
- **Gasto en energía:** Costos totales anuales derivados de la compra de energía eléctrica, petróleo, diésel, fuel, gasolina, kerosene, gas y carbón.
- **Activos fijos:** Valor en los libros de los activos fijos de la empresa. Esta variable permite cuantificar la variable capital del modelo teórico.
- **Dependencia energética:** razón entre el gasto total en combustibles fósiles (petróleo, diésel, fuel, gasolina, kerosene, gas y carbón) y el gasto en energía de la empresa.

Esta última variable refleja el grado en que una firma depende del uso de combustibles fósiles para llevar a cabo su proceso de producción. Cabe aclarar que, en el modelo estadístico estimado más adelante, la variable dependiente corresponde a la razón entre las ventas y el gasto total en energía, tal y como se mostró en el modelo teórico.

La hipótesis a contrastar en este documento consiste en que, una menor dependencia de los combustibles fósiles de las empresas implica un mayor desempeño por parte de estas. Para esto, se utiliza una especificación econométrica siguiendo la ecuación (6) que derivamos del trabajo de Cucchiella et al. (2017):

$$Perform_{it} = \alpha_0 + \beta I_{it} + x'_{it}\gamma + u_{it}, \quad (7)$$

donde $Perform_{it}$ representa el índice de desempeño de la empresa i en el momento t , aproximado con las ventas sobre el gasto total en energía, I_{it} representa el índice de dependencia para una empresa i en el momento t , aproximado mediante el ratio del gasto en combustibles sobre los costos totales de la firma, x'_{it} es el vector de controles, conformado por variables como los costos laborales, activos fijos de las firmas, y el gasto en materias primas, u_{it} un término de perturbación aleatoria. α_0 , β y γ son parámetros a estimar. Los controles son tomados para aproximar las variables explicativas del desempeño de las empresas que propone el modelo teórico de Cucchiella et al. (2017).

La significancia estadística y magnitud del parámetro β revelará el impacto de I sobre el desempeño de la empresa. Además de los controles mencionados, se deberían tener en cuenta los diversos choques agregados que pueden afectar de manera más o menos homogénea a las empresas, tales como el nivel de actividad económica del país (PIB), la inflación, tasa de cambio, entre otros. Para esto, se incluyen en el modelo efectos fijos de tiempo (v_t), con lo cual, se estaría controlando por cualquier factor que varía a través del tiempo, pero no varíe entre empresas, esto es

$$Perform_{it} = \alpha_0 + \beta I_{it} + x'_{it}\gamma + v_t + u_{it}. \quad (8)$$

En este mismo sentido, es probable que existan factores no observables a nivel de empresa que sean relevantes en la ecuación a estimar. Para controlar por estos, se especifica otro modelo que incluye, además de efectos fijos de tiempo, efectos fijos de sector económico (θ_j) o de empresa (ϵ_i):

$$Perform_{it} = \alpha_0 + \beta I_{it} + x'_{it}\gamma + \theta_j + v_t + u_{it}, \quad (9)$$

$$Perform_{it} = \alpha_0 + \beta I_{it} + x'_{it}\gamma + \epsilon_i + v_t + u_{it}, \quad (10)$$

La estimación de estas especificaciones permitirá obtener estimadores de la relación entre el desempeño de las empresas y la dependencia de las empresas de los combustibles fósiles.



Resultados

En la Figura 1 presentamos los histogramas de las distribuciones de las variables de interés. Cabe destacar que las distribuciones de las seis variables utilizadas tienden a estar concentradas alrededor de un determinado conjunto de valores. Para el caso del índice de dependencia este se tienden a concentrar alrededor del cero, lo cual indica que una gran parte de las empresas no tiene o tiene un muy poca dependencia del consumo de combustibles fósiles. Para el caso del indicador de desempeño de la empresa y los controles utilizados estos tienden a concentrarse alrededor del valor medio o mediano de las distribuciones, con algunos valores relativamente atípicos en las colas de las distribuciones. Este ejercicio muestra que nuestras variables de interés no tienen distribuciones complejas, en cambio, tienen distribuciones unimodales con un comportamiento sencillo de estudiar.

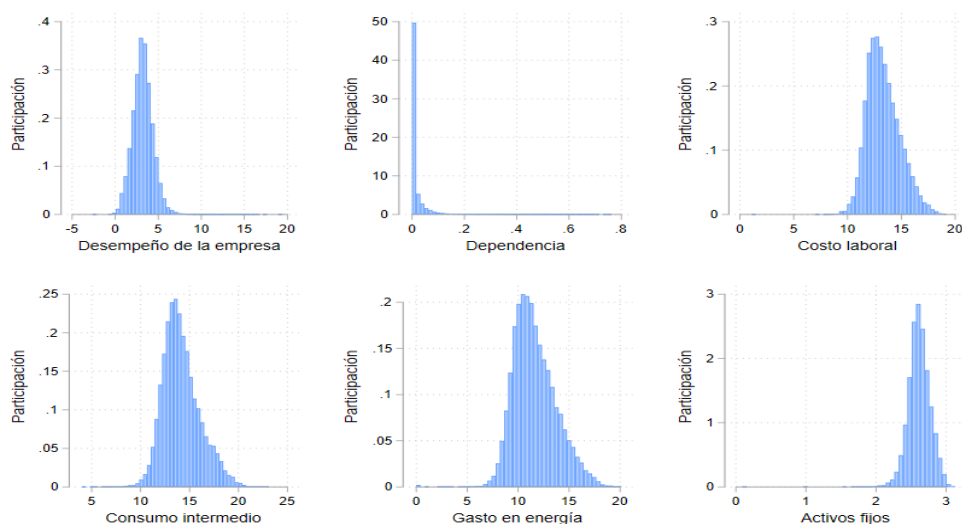


Figura 1. Histogramas

Fuente: Elaboración propia con datos de EAM-DANE.

Las anteriores descriptivas aportan evidencia sobre el comportamiento de las variables de interés. En este trabajo estamos interesados en evidencia de cómo se relacionan las variables entre sí. Por ello, en la Figura 2 presentamos los diagramas de dispersión entre el desempeño de la empresa y las variables de interés. Estos muestran un mapa de puntos a partir del cual se puede inferir la correlación entre las variables de interés. Dado

que el interés radica en cómo se relacionan la dependencia y los controles, con el desempeño de las empresas, solo mostramos los diagramas de dispersión con el desempeño de las empresas en el eje Y, y las variables explicativas en el eje X. La línea roja representa la línea de ajuste de regresión que mide el signo y magnitud que toma la correlación lineal entre las variables. Este sencillo ejercicio nos permite tener evidencia sobre la posible dirección del efecto de una variable de interés, como la dependencia energética de combustibles fósiles, con el desempeño de las empresas. Se destaca que existen correlaciones negativas relevantes entre la dependencia de combustibles fósiles de las empresas y su gasto en energía con el índice de desempeño de las empresas. Para las otras variables las nubes de puntos no parecen evidenciar una relación clara entre estas y el desempeño de las empresas. Esta evidencia preliminar nos muestra que existe una asociación negativa entre el desempeño de las empresas y su dependencia de combustibles fósiles, o su consumo energético.

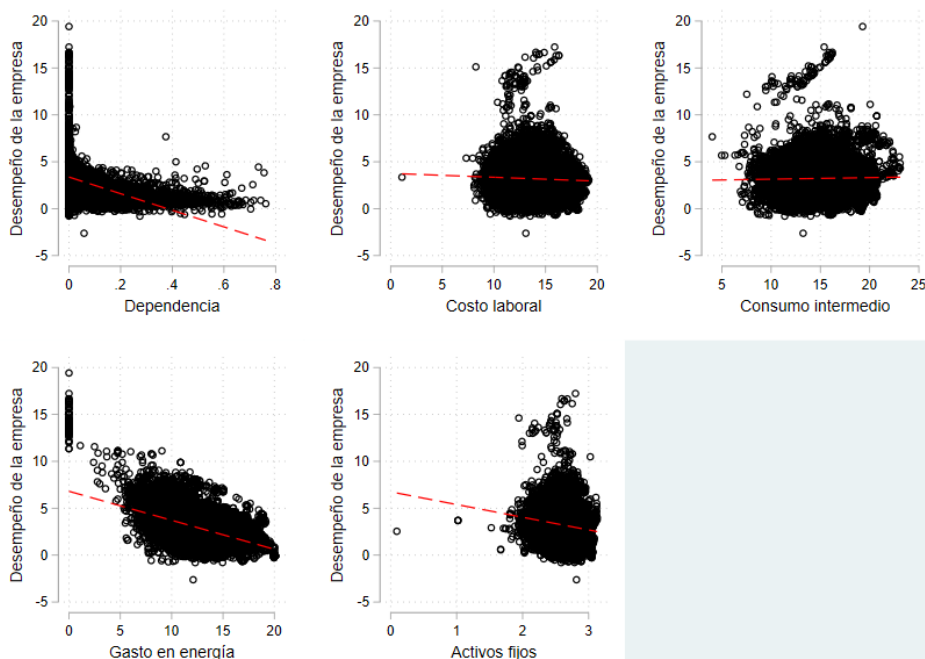


Figura 2. Diagramas de dispersión
Fuente: Elaboración propia con datos de EAM-DANE.

Las correlaciones encontradas en la Figura 1 muestran el grado de asociación lineal entre dos variables, sin controlar por otros posibles determinantes que pueden explicar dicha relación. Por ejemplo, es posible que el desempeño de las empresas este reduciéndose, no porque sean más dependientes de los combustibles fósiles, sino porque estos se están volviendo más costosos, lo cual implica un mayor gasto en energía, y un incremento en los costos. Para hacerle frente a estos dilemas estadísticos, se propone un modelo estadístico como el de las ecuaciones (7)-(10) donde se hace explícita la dependencia del desempeño de la empresa de diferentes factores de forma contemporánea. Este modelo permite obtener estimaciones del efecto de una variable explicativa, sobre la variable dependiente, manteniendo constantes el efecto de las otras variables. El método de estimación es mínimos cuadrados ordinarios. Este método resulta útil bajo los supuestos mencionados y permite obtener buenas estimaciones de las relaciones teóricas que se predicen en la ecuación (6).

En la Tabla 1 presentamos los resultados de la estimación de las ecuaciones (7)-(10) en las columnas (1)-(4), respectivamente, sin incluir controles. Posteriormente, en la Tabla 2 presentamos los mismos resultados de la Tabla 1, pero ahora se incluyen controles. Este ejercicio nos permite presentar que tan robusta es la relación entre desempeño de las empresas y dependencia de combustibles fósiles bajo diferentes especificaciones. Por otro lado, es razonable que el impacto de la dependencia de combustibles fósiles sobre el desempeño de las empresas tome un periodo en realizarse. Nosotros utilizamos como variable explicativa la dependencia de combustibles fósiles rezagada un periodo. Esto permite tener en cuenta este aspecto temporal de la dependencia. Las otras variables se utilizan contemporáneamente porque así es como lo establece el modelo teórico de Cucchiella et al. (2017).

Tabla 1. Desempeño vs Dependencia sin controles

	(1) Desempeño	(2) Desempeño	(3) Desempeño	(4) Desempeño
Dependencia	-8.263*** (0.216)	-8.282*** (0.217)	-6.132*** (0.249)	-1.337*** (0.151)
Constante	3.371*** (0.012)	3.371*** (0.012)	3.333*** (0.010)	3.134*** (0.008)
Efectos fijos		Periodo	Sector Periodo	Firma Periodo
Observaciones	72257	72257	72257	72257
R2 - ajustado	0.119	0.123	0.320	0.815

Nota: Errores estándar corregidos por cluster a nivel de empresa entre paréntesis.

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Fuente. Elaboración propia

Los resultados de las Tablas 1 y 2 muestran que existe una relación negativa entre el desempeño de las empresas y su dependencia del uso de combustibles fósiles. Esta relación es robusta a las diferentes especificaciones que se asumen, esto es, es robusta a la inclusión de controles y los efectos fijos de tiempo, sector. Sin embargo, no es significativa para la especificación que incluye efectos fijos de empresa. Esto muestra que la relación negativa estimada es robusta a la presencia de factores observables y no observables que pueden mediar en la relación entre el desempeño de las empresas y la dependencia de combustibles fósiles. Otro aspecto destacable es la disminución de la magnitud del coeficiente estimado que pasa de -8.263 (significativo) en la especificación menos completa (sin controles ni efectos fijos) a ser -0.084 (no significativo) en la especificación más completa (controles y efectos fijos de empresa). Este resultado es de esperarse dado que conforme se añade más poder explicativo al modelo algunas variables deben empezar a tener una menor importancia al momento de explicar el desempeño de la empresa.

Otros resultados destacables se muestran en la Tabla 2 para el caso de los controles utilizados. Como se espera por la teoría, los factores de producción que se aproximan con el costo laboral, el consumo intermedio de materias primas y el capital mediante los activos fijos, tienen una relación positiva con el desempeño de las empresas. Además, dicha relación es robusta a la inclusión de efectos fijos y los coeficientes estimados tienen una magnitud menor que 1, esto es, cambios en los valores de



los factores de producción significan cambios menos que proporcionales en el desempeño de las empresas. Por otro lado, es interesante que la relación estimada entre el gasto en energía y el desempeño de las empresas sea negativo. Esta es una forma alternativa de evidenciar que empresas que tienden a ser más dependientes de la energía, en general, en su proceso productivo tienden a mostrar un menor desempeño.

Tabla 2. Desempeño vs Dependencia incluyendo controles

	(1) Desempeño	(2) Desempeño	(3) Desempeño	(4) Desempeño
Dependencia	-0.187*** (0.059)	-0.183*** (0.059)	-0.145* (0.086)	-0.084 (0.061)
Costos laborales	0.322*** (0.006)	0.323*** (0.006)	0.318*** (0.007)	0.227*** (0.008)
Consumo intermedio	0.664*** (0.006)	0.663*** (0.006)	0.641*** (0.006)	0.633*** (0.009)
Gasto en energía	-0.995*** (0.003)	-0.996*** (0.003)	-0.975*** (0.004)	-0.934*** (0.006)
Activos fijos	0.344*** (0.039)	0.349*** (0.039)	0.306*** (0.038)	0.360*** (0.044)
Constante	0.214*** (0.069)	0.199*** (0.069)	0.436*** (0.068)	1.136*** (0.107)
Efectos fijos		Periodo	Sector Periodo	Firma Periodo
Observaciones	71504	71504	71504	71504
R2 - ajustado	0.911	0.911	0.917	0.963

Nota: Errores estándar corregidos por cluster a nivel de empresa entre paréntesis.

*** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Fuente. Elaboración propia

Conclusiones

El estudio analizó cómo la responsabilidad ambiental, el control y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) se relacionan con el desempeño económico de las empresas. Se examinó específicamente la dependencia del uso de combustibles fósiles en las empresas manufactureras colombianas. Se presentaron dos conjuntos de teorías con predicciones opuestas: las teorías económicas tradicionales predicen

una relación negativa entre el desempeño empresarial y la responsabilidad ambiental, mientras que las teorías más optimistas argumentan que la responsabilidad ambiental fomenta la innovación y mejora el desempeño a lo largo del tiempo, aumentando la competitividad de las empresas. Se utilizaron datos de la encuesta anual manufacturera del DANE. Los datos recopilados abarcan el período 2009-2018 e incluyen información económica, sector de pertenencia y uso de insumos energéticos. Utilizando el modelo teórico de Cucchiella et al. (2017), se estimó la relación mediante ecuaciones de regresión de mínimos cuadrados ordinarios. Los resultados indican una relación negativa entre el desempeño empresarial y la dependencia de combustibles fósiles, lo que implica que las empresas con mayor responsabilidad ambiental tienden a tener un mejor desempeño. Estos hallazgos respaldan las teorías de innovación y desempeño empresarial.

Estos resultados tienen implicaciones de estrategia empresarial y de política relevantes. Los gobiernos pueden establecer políticas encaminadas a una mejor gestión ambiental por parte de las empresas no deberían ser tan drásticas. Dado que son las empresas que mejor se desempeñan las que más responsabilidad ambiental manifiestan las políticas deberían limitarse a garantizar que el mercado funcione para que este expulse, en el largo plazo, las empresas poco competitivas y que son grandes emisoras de GEI. Esta relación encontrada es un visto bueno para que las empresas lleven a cabo una mayor instalación de sistemas de autogeneración de energía eléctrica mediante fuentes de energía renovables como la eólica y la solar. Realizar este tipo de cambios en su dependencia del consumo energético de combustibles fósiles se traducirá en un mejor desempeño para las empresas, lo cual es un incentivo tremendo para mejorar el valor de mercado y atraer más inversiones.

En futuras investigaciones, es importante considerar la posible heterogeneidad en el efecto entre empresas, es decir, si la relación negativa entre desempeño y dependencia de combustibles fósiles varía entre las empresas y qué factores podrían explicar estas diferencias. Además, se sugiere que se realicen evaluaciones de mercado para cuantificar los beneficios ambientales y económicos que podrían obtenerse al implementar sistemas de autogeneración con energías renovables en empresas específicas.



Referencias

Al-Tuwaijri, S. A., Christensen, T. E., & Hughes II, K. E. (2004). The relations among environmental disclosure, environmental performance, and economic performance: A simultaneous equations approach. *Accounting, Organizations and Society*, 29(5–6), 447–471. [https://doi.org/10.1016/S0361-3682\(03\)00032-1](https://doi.org/10.1016/S0361-3682(03)00032-1)

Ambec, S., Cohen, M. A., Elgie, S., & Lanoie, P. (2013). The Porter hypothesis at 20: Can environmental regulation enhance innovation and competitiveness? *Review of Environmental Economics and Policy*, 7(1), 2–22. <https://doi.org/10.1093/reep/res016>

Ambec, S., & Lanoie, P. (2008). Does it pay to be green? A systematic overview. *The Academy of Management Perspectives*, 22(4), 45–62. <https://doi.org/10.5465/amp.2008.35590353>

Brunnermeier, S. B., & Cohen, M. A. (2003). Determinants of environmental innovation in U.S. manufacturing industries. *Journal of Environmental Economics and Management*, 45(2), 278–293. [https://doi.org/10.1016/S0095-0696\(02\)00058-X](https://doi.org/10.1016/S0095-0696(02)00058-X)

Cho, C. H., & Patten, D. M. (2007). The role of environmental disclosures as tools of legitimacy: A research note. *Accounting, Organizations and Society*, 32(7–8), 639–647. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2006.09.009>

Clarkson, P. M., Li, Y., Richardson, G. D., & Vasvari, F. P. (2011). Does it really pay to be green? Determinants and consequences of proactive environmental strategies. *Journal of Accounting and Public Policy*, 30(2), 122–144. <https://doi.org/10.1016/j.jaccpubpol.2010.09.013>

Coase, R. H. (1960). The problem of social cost. In *Classic Papers in Natural Resource Economics* (pp. 87–137). Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1007/978-1-349-17768-3_6

Cucchiella, F., Gastaldi, M., & Miliacca, M. (2017). The management of greenhouse gas emissions and its effects on firm performance. *Journal of Cleaner Production*, 167, 1387–1400. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.178>

Del Río González, P. (2005). Analysing the factors influencing clean technology adoption: A study of the Spanish pulp and paper industry. *Business Strategy and the Environment*, 14(1), 20–37. <https://doi.org/10.1002/bse.431>

Dowell, G., Hart, S., & Yeung, B. (2000). Do corporate global environmental standards create or destroy market value? *Management Science*, 46(8), 1059–1074. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.8.1059.12030>

Elsayed, K., & Paton, D. (2005). The impact of environmental performance on firm performance: Static and dynamic panel data evidence. *Structural Change and Economic Dynamics*, 16(3), 395–412. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2004.04.004>

Etzkowitz, H., & Dzisah, J. (2008). Unity and diversity in high-tech growth and renewal: Learning from Boston and Silicon Valley. *European Planning Studies*, 16(8), 1009–1024. <https://doi.org/10.1080/09654310802415391>

Fekrat, M. A., Inclan, C., & Petroni, D. (1996). Corporate environmental disclosures: Competitive disclosure hypothesis using 1991 annual report data. *The International Journal of Accounting*, 31(2), 175–195. [https://doi.org/10.1016/S0020-7063\(96\)90003-3](https://doi.org/10.1016/S0020-7063(96)90003-3)

Freedman, M., & Wasley, C. (1990). The association between environmental performance and environmental disclosure in annual reports and 10Ks. *Advances in Public Interest Accounting*, 3, 183–193.

Hassan, O. A., & Romilly, P. (2018). Relations between corporate economic performance, environmental disclosure and greenhouse gas emissions: New insights. *Business Strategy and the Environment*, 27(7), 893–909. <https://doi.org/10.1002/bse.2041>

Horbach, J. (2008). Determinants of environmental innovation—New evidence from German panel data sources. *Research Policy*, 37(1), 163–173. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.08.006>

Jaffe, A. B., Newell, R. G., & Stavins, R. N. (2002). Environmental policy and technological change. *Environmental and Resource Economics*, 22(1–2), 41–70. <https://doi.org/10.1023/A:1015519401088>

Jaffe, A. B., & Palmer, K. (1997). Environmental regulation and innovation: A panel data study. *Review of Economics and Statistics*, 79(4), 610–619. <https://doi.org/10.1162/003465397557196>

