

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA
CENTRO DE INVESTIGACIONES SOCIOECONÓMICAS

TESIS

2022

JOSÉ EDUARDO MÁRQUEZ PALACIOS

“Hipótesis de Porter: un análisis entre países y el
caso para México”



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE COAHUILA

CENTRO DE INVESTIGACIONES

SOCIOECONOMICAS

MAESTRÍA EN ECONOMÍA REGIONAL

TESIS

“Hipótesis de Porter: un análisis entre países y el caso para México”

Presenta:

José Eduardo Márquez Palacios

para obtener el grado de Maestro en Economía Regional

Director:

Dr. Sergio Colín Castillo (CISE)

Codirector:

Dr. Francisco Martínez Gómez (CISE)

Comité Evaluador:

Mtro. Alfonso Mercado García (Colmex)

Dr. David Mendoza Tinoco (UAdeC)

Dr. Francisco Martínez Gómez (CISE)

Saltillo, Coahuila.

Agosto 2022

ÍNDICE

RESUMEN	iii
ABSTRACT.....	iii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: OBJETIVOS E HIPÓTESIS	3
CAPÍTULO II: CONTEXTO Y ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	4
Contexto.....	4
Hipótesis de Porter	8
Índice de rigor de la política ambiental (Environmental Policy Stringency Index - EPS)	12
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO	14
Ecologismo/ambientalismo	14
Evolucionismo	15
Institucionalismo.....	15
Posestructuralismo	16
Teoría de la competitividad	17
Competitividad.....	19
Función de producción	20
Productividad.....	21
Factor Total de la Productividad	23
Eficiencia técnica.....	25
Innovación.....	26
Regulación ambiental	27
CAPÍTULO IV: EVIDENCIA EMPÍRICA	30
CAPÍTULO V: METODOLOGÍA.....	37
Modelo Teórico.....	37
Datos	38
Modelo empírico.....	45
CAPÍTULO VI: RESULTADOS.....	51
Discusión	54
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES.....	62
REFERENCIAS.....	63
ANEXOS	68

DEDICATORIA

A mis padres: Marco Antonio y María Esther, por siempre confiar en mí y darme su apoyo incondicional sin importar las circunstancias.

A mis hermanos: Marco y Uriel, por ser siempre mis dos mejores amigos.

A Diana Yessamin, mi novia y espero, mi compañera de vida, por ser mi motivación durante este último año y hacerme crecer como persona.

RESUMEN

La hipótesis de Porter (una mayor regulación ambiental propicia una mayor competitividad) ha sido un tema controversial desde su aparición en los años noventa. Hay un gran número de estudios que han tratado de probarla o refutarla con resultados distintos: dependiendo de muchos factores como los datos disponibles, las variables y la metodología utilizada, y el nivel al que se hace el análisis (macro o micro). En este estudio se analiza el caso a nivel de países y a nivel sectorial para el país de México. Se utilizan dos enfoques partiendo de la teoría económica: uno neoclásico y otro evolucionista, este último con el propósito de tratar el problema de endogeneidad asociado al tema. Se utilizan dos tipos de modelos: panel de datos de efectos fijos (EF) con variables instrumentales (VI) y el modelo de cuantiles para panel de datos. A nivel global se encuentra evidencia a favor de la hipótesis utilizando la productividad total de los factores (PTF o TFP, por sus siglas en inglés) y el índice de rigurosidad ambiental EPS creado por la OCDE. Por otro lado, a nivel sectorial de México, se utiliza como variable proxy de productividad al índice de eficiencia estocástica y un índice de rigurosidad ambiental creado a partir de los censos económicos 2014 y 2019 del INEGI; los resultados muestran evidencia adversa a la hipótesis de Porter.

ABSTRACT

Porter's hypothesis (greater environmental regulation leads to greater competitiveness) has been a controversial issue since its appearance in the 1990s. There are many studies that have tried to prove or refute it with different results: depending on many factors such as the available data, the variables and the methodology used, and the level at which the analysis is done (macro or micro). This study analyzes the case at the country level and at the sectoral level for the country of Mexico. Two approaches are used based on economic theory: one neoclassical and the other evolutionary, the latter with the purpose of dealing with the problem of endogeneity associated with the subject. Two types of models are used: fixed effects panel data (EF) with instrumental variables (IV) and the quantile model for panel data. At a global level, evidence is found in favor of the hypothesis using total factor productivity (PTF or TFP) and the EPS environmental rigor index created by the OECD. On the other hand, at the sectoral level in Mexico, the stochastic efficiency index and an environmental rigor index created from the 2014 and 2019 INEGI economic censuses are used as a productivity proxy variable; the results show evidence contrary to Porter's hypothesis.

INTRODUCCIÓN

La regulación ambiental es formulada a través de leyes, normas o instrumentos económicos que significa un control de las actividades económicas en un margen que busca la protección del medio ambiente. Durante mucho tiempo ha causado controversia el efecto de esta sobre la competitividad económica, con resultados empíricos diversos según los datos, la temporalidad, y la aproximación metodológica para analizarla. Un contra argumento a la implementación de esta regulación es su posible efecto negativo en la competitividad, aunque contrario a esta lógica (y como argumento a favor de la regulación), Porter (1991) y Porter y van der Linde (1995) establecieron la hipótesis de que, ante una mayor regulación ambiental la competitividad de los países debería aumentar. El argumento básico detrás de esta hipótesis es que la innovación juega un papel clave y que, en el largo plazo, el retorno (ganancias) podría ser mayor a los costos de cumplirla, con posibles diferencias dependiendo del contexto (país, regiones, empresas). Adicional a esta llamada hipótesis de Porter, se ha argumentado que una regulación ambiental deficiente propicia el surgimiento de paraísos de contaminación, sitios a donde las firmas contaminantes se establecen (o se mudan) para evitar sanciones de regulaciones ambientales estrictas.

Los elementos anteriores abrieron un debate intenso, y a partir de Porter y van der Linde (1995) una gran cantidad de estudios, más de 400 a la fecha, intentan medir esta relación y probar la hipótesis antes planteada (ver por ejemplo Albrizio et al. 2014; y Ambec et al. 2013). Incluso organismos internacionales como la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) y Resource for the Future (RFF) la han planteado dentro de su agenda de trabajo, con resultados de investigación importantes.

Pero este esfuerzo de investigación es aún limitado para entender la relación entre la regulación ambiental y la competitividad, principalmente en los países en vías de desarrollo como México ¿Cómo es la relación entre regulación ambiental y competitividad en México? ¿Cómo cambia esta relación a nivel macro (país) y a nivel micro (empresas)?

Así, esta propuesta explora la relación entre regulación ambiental, la innovación y la competitividad económica para México en dos fases. Primero, mide su desempeño frente a los países que integran la (OCDE) y con las economías más fuertes en la región (EUA y Canadá). Segundo, explora esta misma relación a nivel empresa, agrupadas por sector económico.

CAPÍTULO I: OBJETIVOS E HIPÓTESIS

México, al igual que los demás miembros de la OCDE debe aplicar una regulación ambiental estricta. Lo anterior indica la necesidad de impulsar leyes y normas eficientes que eviten o limiten los efectos ambientales adversos. En virtud de lo anterior, esta investigación plantea:

Objetivos

Explorar la relación entre la rigurosidad en la regulación ambiental y la competitividad en dos niveles: entre países; y a nivel México entre sectores y generar información que podría ser útil para en su caso visualizar las consecuencias de una regulación ambiental más estricta. Así, se busca medir la hipótesis de Porter. Para ello se plantean los siguientes objetivos particulares:

- 1) Analizar la hipótesis de Porter a nivel global para distintos países de la OCDE;
- 2) Evaluar la hipótesis de Porter para México a nivel sectorial.

Hipótesis

Se plantean dos hipótesis, una para probarse a nivel global y otra para el caso de México. A nivel global la evidencia es mixta, existen trabajos que favorecen o van en contra del planteamiento de Porter. La hipótesis de este trabajo es que, en el contexto global, México se comporta muy distinto al promedio de los países de la OCDE. Esto es, si en promedio los países de la OCDE muestran una relación favorable a Porter, el caso de México es distinto debido principalmente a que ha estado a la zaga en la implementación de políticas de regulación ambiental. Por otro lado, a nivel nacional, el fenómeno muestra una heterogeneidad entre sectores económicos y predomina una relación positiva entre una mayor regulación ambiental y la competitividad.

CAPÍTULO II: CONTEXTO Y ANTECEDENTES HISTÓRICOS

En este capítulo se presenta el contexto desde el que surgió la hipótesis de Porter y qué es lo que propone. Posteriormente aborda algunos aspectos de la historia de la regulación ambiental a nivel internacional y para el caso de México.

Contexto

Aunque el reconocimiento del problema del deterioro ambiental data desde antes del siglo XX con la pérdida de una gran cantidad de biodiversidad, esto no generó reacción alguna por parte de los gobiernos u organizaciones. No es hasta la segunda mitad del siglo XX que este problema comenzó a tomar importancia para el mundo. No se sabe con exactitud qué fue lo que causó el despertar del mundo para comenzar a tomar acciones en pro del medio ambiente; sin embargo, se piensa que en parte esto pudo deberse a un cambio cultural en el que la evidencia científica tuvo mucho que ver. De igual manera, el sistema de organización de las Naciones Unidas favoreció este movimiento (Meyer et al., 1997). De esa manera quedaban planteados los términos de lo que a la postre se vio como una contradicción entre el beneficio social y el beneficio económico privado, pues en principio, los problemas que referían a la contaminación ambiental se consideraba que solo eran aquellos que implican transformar la naturaleza para generar bienes y servicios necesarios para satisfacer las necesidades humanas.

Las economías occidentales que habían vivido los estragos de la segunda guerra mundial se encontraban entusiasmadas con el bienestar material alcanzado, sin reparar en los costos que para el medio ambiente tenía actuar bajo el principio de que todo cuanto rodeaba al ser humano

eran o podían convertirse en recursos productivos. En ese marco, no existía legislación ambiental alguna que regulara la actividad económica, considerando restricciones amparadas en el bienestar de la sociedad.

Los primeros esfuerzos en materia ambiental, aunque aislados, se dieron a principios del siglo XX: dos iniciativas fueron la Convención de Londres (1900) y el Convenio de Londres (1933), siendo ésta última un reemplazo de la primera que no pudo llevarse a cabo por la falta de firmas. La Convención de Londres tenía como objetivo el preservar las especies silvestres de África y el Convenio de Londres buscó crear parques ecológicos y la preservación de distintas especies animales. Algunas décadas después, la obra: Primavera Silenciosa (Carson, 1962) marcó un precedente en la historia del cuidado del medioambiente. Mostraba los daños producidos por los plaguicidas y con esto se inició un movimiento ambiental (Ortúzar, 2020). Personas que buscaban preservar el ambiente y aquellos que tenían como objetivo combatir el deterioro ambiental a causa de los nuevos procesos industriales, se unieron en una lucha común. El profesor Arne Naess, filósofo y montañista fue uno de los grandes promotores del ambientalismo, decía que existían dos tipos de ambientalismo: el profundo (“deep ecology”) y el superficial (“shallow ecology”), siendo el primero uno en el cual se debía cuestionar el propósito y los valores que se tenían; es decir, cuestionar lo más básico. Por otra parte, el ambientalismo superficial no hacía esas preguntas. Después de varios años participando en la promoción del movimiento ambientalista, en 1973 el Doctor Naess nombró al movimiento como “movimiento de ecología profunda” (“deep ecology movement”) (Drengson, 1995).

El movimiento de ecología profunda formó parte del activismo que se dio durante el siglo XX, en dónde tres grandes movimientos fueron los que más destacaron: los de la paz, los de justicia social y los ambientalistas. Estos tres comparten elementos en común; es decir, no son excluyentes

el uno del otro. El movimiento de ecología profunda posee una plataforma de valores, que pueden variar dependiendo de los autores; no obstante, los principios que propuso el profesor Naess tienen que ver con el valor intrínseco que tienen los seres vivos y la diversidad en el medioambiente, asimismo, cuestiona el que el ser humano no tiene el derecho de acabar con la diversidad a menos de que sea para satisfacer sus necesidades. Además, señala temas de sustentabilidad y cambios de ideología (entre otros) (Devall & Drengson, 2010). Esto prueba el nivel de conciencia que empezaba a surgir en esos años.

Como mencionan Meyer et al. (1997) una gran cantidad de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales nacieron de forma exponencial a partir de la segunda mitad del siglo pasado, aunque los gobiernos y estados tardaron más en tomar acciones concretas, siendo las organizaciones internacionales las que tomaron la pauta para movimientos ambientalistas, esto dificulta el tener avances importantes. La información que se recolectó a partir de entonces también creció de manera significativa, dando pie a que los organismos tuvieran las herramientas y la información necesaria para proponer e implementar acciones en favor del medio ambiente.

En 1972 se llevó a cabo la Declaración de Estocolmo por parte de Naciones Unidas. Fue la primera conferencia mundial en tratar el tema del cuidado del medioambiente como relevante. En esta conferencia se dieron veintiséis principios y un plan de acción. A partir de este punto comenzaron a surgir las primeras leyes a nivel de países. De igual forma, se crearon ministerios y partidos políticos verdes. En 1983 las Naciones Unidas instauraron la Comisión Brundtland, que se enfoca en la relación del desarrollo y el ambiente. Esta comisión hizo el informe: Nuestro Futuro Común (1987), donde se definía por primera vez el concepto de desarrollo sustentable. Ese mismo año, se acordó el Protocolo de Montreal. Este trataba de detener el agotamiento de la capa de ozono. Cinco años después (en 1992) se concretó la Cumbre de la Tierra, en Río de Janeiro, ahí se

firmaron dos acuerdos y se dio la Declaración de Río, que era una ratificación de la Declaración de Estocolmo. Además, surgió la Agenda 21, una guía de protección del medioambiente para los países.

Posterior a la Cumbre de Río, surgieron otros tratados como: el Acuerdo de Marrakech en 1994 y el Protocolo de Kioto (1997), presentado en la Conferencia de las Partes (COP), que establecía obligaciones de carácter jurídico para los países en desarrollo. Este último, aunque no tuvo éxito en principio, años más tarde se convertiría en el Acuerdo de París. En el año 2000 se dio la Declaración del Milenio, donde su enfoque fue el desarrollo sostenible. Para dar seguimiento a lo establecido en la Cumbre de Río se realizaron dos cumbres: la Cumbre Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible en el año 2002 y, otra en el año de 2012 con el nombre de Río + 20. Luego, en 2016 se llegó al Acuerdo de París, con el objetivo de no sobrepasar la temperatura promedio de la Tierra arriba de los 2 grados Celsius (Ortúzar, 2020).

Lo anterior pone de manifiesto el cambio acelerado que se ha vivido en torno al tema de las consecuencias ambientales, ligadas con formas de conceptualizar a la naturaleza y de apropiársela, bajo una perspectiva estrecha, en donde únicamente prevalece el interés económico particular de una empresa, dejando de lado el interés social. Así comenzaban a sentarse las bases para que se buscaran normas jurídicas que regularan el actuar de los actores económicos: empresas, gobierno y sociedad.

Pero ello implicaba resolver un problema, pues las regulaciones jurídicas invariablemente tienen validez a nivel nacional, aunque la problemática ambiental rebasa las fronteras nacionales, por ejemplo, la contaminación del aire, de suerte tal que incluso las normas emitidas en instancias internacionales, para tener aplicación, deben estar aterrizadas en marcos jurídicos de carácter nacional.

Sin embargo, la base de toda norma jurídica descansa en el supuesto de que las restricciones se dan para salvaguardar el bien común, visión contractualista que valida el papel del Estado y justamente eso era algo que quedaba pendiente resolver: determinar cuánto, cómo y por qué una actividad productiva afectaba a la sociedad nacional y también a la internacional. El sentido común de los empresarios les indicaba que una regulación de las actividades productivas significa incrementar los costos productivos y en consecuencia, o se trasladaban los costos al consumidor vía precios, o se les reducía la utilidad. En ambos casos se presentaba un escenario negativo.

Hipótesis de Porter

A principios de los años noventa, Porter (1990; 1991) introdujo la idea de que, ante una mayor regulación ambiental, la competitividad de los países debía aumentar (hipótesis de Porter). Luego en 1995 Porter y van der Linde dieron una visión más amplia del mecanismo sobre el cual se fundamenta su hipótesis, argumentando que la innovación juega un papel clave y que, en el largo plazo, el retorno (ganancias) podría ser mayor a los costos de cumplimiento (de la regulación ambiental). Además, enfatizaban la diferencia entre la competitividad medida a nivel país y a nivel de las empresas. Otro punto fue que el diseño de las políticas debe de ser adecuado, de tal forma que los objetivos sean con base en resultados y no en una tecnología específica, para que haya una mejora continua. El efecto en el corto y largo plazo puede ser distinto, ya que no siempre se consigue una compensación al instante:

Porter y van der Linde (1995, 100) admiten que la innovación no siempre puede compensar totalmente los costos que se generan a partir del cumplimiento de normas ambientales, enfatizando que esto casi siempre ocurre en el largo plazo, y sucede ya que los cambios o las mejoras toman tiempo en implementarse y en reflejarse en los resultados.

Así, esta hipótesis fue originalmente conceptualizada como un problema económico para las empresas, indicando que, a mayor restricción de sus actividades contaminantes, estas tendrían mayores costos y por tanto menores ganancias. De hecho, los mismos Porter y van der Linde (1995) señalan que las tres críticas más relevantes hacia su hipótesis fueron:

- 1) Si bien teóricamente es posible una compensación por las innovaciones, en la práctica no es habitual que suceda;
- 2) Los costos de cumplimiento (de la regulación ambiental) son altos.
- 3) Incluso si se fomenta la innovación, gracias a la regulación, la competitividad será menor, ya que esto impedirá la inversión en otras tecnologías que podrían ser más productivas.

También, se ha argumentado que una regulación ambiental débil o deficiente ha propiciado el surgimiento de paraísos de contaminación, sitios a donde las firmas contaminantes se mudan para evitar sanciones de regulaciones estrictas o fuertes (“Pollution Haven Hypothesis”).

Hay una variedad de críticas y debates sobre la regulación ambiental que se dieron durante la segunda mitad del siglo XX y que en años recientes también han surgido. Acorde con lo planteado por Arnold (1999), en gran medida, esta constante controversia parte de un mal manejo de la información sobre los efectos de las normas ambientales. De igual forma, afirma que sean malos o buenos los efectos de las políticas ambientales, los resultados son necesarios para replantear las políticas (cuando las críticas sean ciertas) o para explicar el porqué del efecto opuesto. Uno de los temores y que algunos detractores externaron, era el hecho de que, a causa de los altos costos de cumplimiento de las regulaciones las tasas de desempleo crecerían, habría cierres de plantas y se disminuiría la competitividad internacional. Por el contrario, la evidencia demuestra que los costos de cumplimiento generalmente son muy pequeños con respecto al valor

agregado. Gray (2015) indica que, aunque los costos (de la regulación del medio ambiente) sean bajos, puede existir una disminución de la productividad y con ello incentivar a las industrias a mudarse a lugares con una regulación menos estricta. Conjuntamente, añade que los beneficios a la salud de las personas parecen ser mucho mayores a los costos de cumplimiento.

Otra crítica yace en la parte del diseño de las regulaciones y cómo el conflicto de intereses entre los involucrados (gobierno y sector privado) puede truncar sus efectos deseados. Se cuestiona la vieja perspectiva de regulación ambiental, en la que se suponía que las empresas por sí mismas serían incapaces de tomar medidas en pro del medio ambiente. Ahora, el nuevo enfoque debe tomar en consideración otras motivaciones, como son la imagen pública de las marcas, que hacen a las firmas tomar la iniciativa de acciones benéficas para el cuidado del planeta (Fiorino, 2006). Esto denota la gran cantidad de escrutinio bajo el que ha estado la hipótesis de Porter, pues hay muchas vertientes que pueden derivarse de la misma y que son de gran interés en la actualidad.

Es innegable que el tema de política ambiental conlleva beneficios sociales, pero como Porter y van der Linde (1995) mencionan, la atención debe centrarse en los costos privados de las empresas, los cuales son más elevados (de lo que deberían ser).

Otra discusión para tener en cuenta es acerca de si la innovación es buena o mala, pues como puede llegarse a pensar, y como lo supone Porter (1991), esta asume que es benéfica; no obstante, también existen estudios que ponen en tela de juicio dicho supuesto. Por ejemplo, Mulgan (2016), hace referencia a cómo es que los gobiernos y las empresas tratan de impulsar a la innovación sin hacer distinción alguna entre sí esta es positiva o negativa: una innovación positiva inequívocamente es la penicilina; y una negativa son las armas biológicas. También menciona la ambigüedad que existen entre otras tantas innovaciones que, aunque en principio, logran ser positivas, sus efectos colaterales pueden ser adversos para el medio ambiente: ejemplo de ello son

los pesticidas que proveen un bien hacia el humano, pero a la vez contaminan el ambiente. Esto muestra la relatividad que guarda consigo el concepto de innovación y, por lo tanto, nos obliga a reflexionar más allá de un simple enfoque determinista.

La regulación ambiental en México

En México, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), en coordinación con la Secretaría de Economía y el poder legislativo (Cámara de Diputados y Senadores) son los encargados de crear el marco legal donde se establece la regulación ambiental aplicable a las empresas, mientras que a nivel entidad federativa remite a las secretarías y congresos locales. Así, las empresas desarrollan sus actividades económicas de conformidad con las legislaciones vigentes.

La política ambiental comenzó a mediados del siglo XX con la Ley de Conservación de Suelo y Agua (en los años cuarenta) y la Ley para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental (a principios de los años sesenta). Las siguientes legislaciones fueron de la mano con lo hecho a nivel internacional: en 1972 (año de la Declaración de Estocolmo) se instauró la Subsecretaría para el mejoramiento del ambiente en la Secretaría de Salubridad y Asistencia. Después, en 1982 se estableció la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) y se promulgó la Ley Federal de Protección al Ambiente. En 1988, un año después del documento Nuestro Futuro Común (1987), surge la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEEGEPA). En 1989 la Comisión Nacional del Agua (CNA) fue creada. En 1992 (año de la Cumbre de Río), la SEDUE pasa a ser la Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol). Ese mismo año, se creó el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa). Posteriormente, en 1994 se creó la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos

Naturales y Pesca (Semarnap), hoy conocida como Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). Esta secretaría tenía como objetivo planear, desde un enfoque integral (económico, social y ambiental), la aplicación de políticas; incorporaba el concepto de desarrollo sustentable (CEDRSSA, 2018).

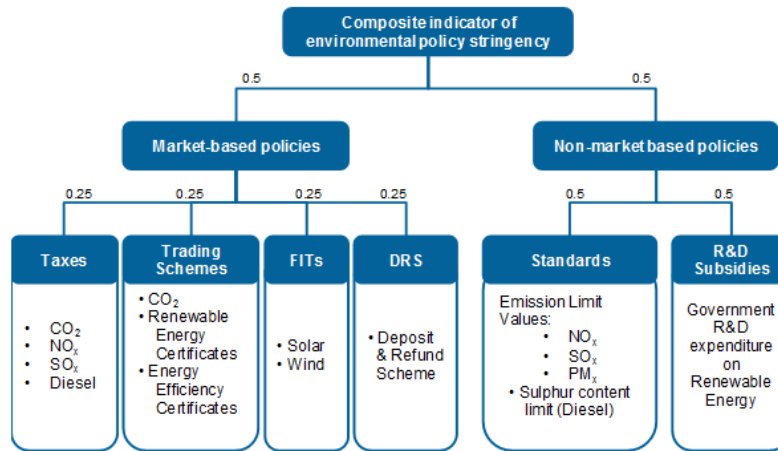
A nivel global no existe un marco legal único y aplicable a todos los países, sin embargo, diversos organismos coordinan esfuerzos para impulsar agendas regulatorias específicas, así como el análisis y la medición de la política ambiental. En este caso, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) ha propuesto un índice para medir el nivel de rigurosidad de la política ambiental (Environmental Policy Stringency Index: EPS) en cada país.

Aunque, la política ambiental ha ido tomando mayor relevancia, esta parece no estar teniendo los efectos deseados sobre el medio ambiente o al menos no lo suficiente, pues el cambio climático puede verse por medio del aumento de la temperatura media global y ésta no ha parado de crecer durante los últimos años (Swiss Re Institute, 2021). Esto pareciera indicar que la rigurosidad en política ambiental aún es insuficiente o no está siendo aplicada eficazmente.

Índice de rigor de la política ambiental (Environmental Policy Stringency Index - EPS)

Este índice es una medida comparable entre países y para su construcción fueron seleccionados distintos instrumentos de política ambiental (ver Figura 2.1), los cuales reciben un score y se agregan para formar el índice. Algunas consideraciones que se utilizaron para crear el índice fueron, por ejemplo, que un incremento en los subsidios o en los impuestos, es considerado como una política de mayor rigor ambiental. Es decir, un mayor rigor se define como mayores costos de un comportamiento que daña el medio ambiente (Botta & Kozluk, 2014).

Figura 2.1 Composición EPS



Fuente: Botta & Kozluk, 2014

CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentan los principales argumentos teóricos desarrollados en torno a la hipótesis de Porter. Se introducen los principales conceptos que implica la hipótesis de Porter. Como puede apreciarse, la discusión refiere a dos niveles analíticos: Uno macro y otro micro y, a marcos teóricos distintos, siendo el supuesto de la externalidad tecnológica el punto de desencuentro fundamental, pues mientras en el enfoque neoclásico la tecnología está dada y es externa a la empresa, en el enfoque evolucionista e institucionalista se asume como variable endógena y por ende, el cambio tecnológico está ligado con decisiones tomadas a nivel empresa (nivel micro), que al agregarse impactan a la totalidad de una economía nacional (nivel macro).

Ecologismo/ambientalismo

Este movimiento tiene como fin proteger al medio ambiente y es una respuesta a los efectos adversos que ha causado el ser humano. El enfoque contemporáneo al que se asocia este movimiento es del tipo político y social, tratando de promover prácticas y filosofías ambientales específicas (Davies, 2020).

La ecología, que forma parte de lo que plantea Porter busca estudiar cómo se organiza la sociedad y cómo los sistemas evolucionan a través del tiempo. Algunas características que suponen los ecologistas al analizar a los sistemas son: la dependencia con la densidad (de la población), la partición de recursos, la inercia (o el cambio), la organización como forma de identidad, etc. (Haveman & David, 2007); entonces podría decirse que parten de un enfoque evolucionista, al igual que el enfoque de la hipótesis de Porter.

Evolucionismo

Las distintas teorías evolutivas en las ciencias sociales poseen una característica en común: la historia, la cual se considera como algo más que eventos únicos o aislados (Sanderson, 1997: 94). Uno de los fundamentos del evolucionismo, es la racionalidad limitada o, en otras palabras, la existencia de la no racionalidad de los agentes económicos y que, por consecuencia, conlleva tener información incompleta. Asimismo, ya que los agentes tienen una comprensión y un aprendizaje acotados, existe heterogeneidad entre ellos, en el sentido de que sus preferencias, sus tecnologías y sus procesos organizacionales son diferentes. También, se supone que la innovación o el descubrir una nueva tecnología puede ocurrir en cualquier momento. Todo esto se contrapone a los supuestos de la teoría neoclásica que, si bien ayudan a tener una mejor comprensión de los fenómenos económicos, distan de acercarse a la realidad (Dosi, 2014; 80,81).

Institucionalismo

La escuela institucionalista igualmente se ha relacionado con la ecología, pues ambos tienen como objeto de estudio a las organizaciones; no obstante, los modelos que estudia la ecología tienden a ser abstractos, mientras que los institucionalistas toman más en cuenta el tiempo y el lugar (Haveman & David, 2007). Su origen data de finales del siglo XIX. A diferencia de la teoría neoclásica, en donde solo importa el comportamiento del hombre, el pensamiento institucionalista añade a las instituciones y su evolución como elementos que refuerzan los hábitos o comportamientos del hombre y a partir de ello construye teorías específicas (Hodgson, 2001).

El estudio de las instituciones puede dividirse en tres enfoques: el institucionalismo de la elección racional, el institucionalismo histórico y el institucionalismo evolutivo. siendo este último el que concilia de cierta manera las debilidades de los otros dos, que parten de un análisis estático y racional, y analiza a las instituciones desde un enfoque evolutivo (Fürstenberg, 2016), por lo cual resulta adecuado para el análisis.

Siguiendo a Fürstenberg (2016), el institucionalismo evolutivo parte de la teoría de Darwin, la cual plantea que las especies que sobreviven son aquellas que se adaptan a su entorno. Es decir, una parte de esta teoría se basa en la reproducción de las especies y la evolución por medio de los genes que son las unidades que llevan a cabo el proceso de transformación. Esta transformación puede resumirse en tres aspectos: variación, selección y retención. La variación es el cambio que se produce, luego este cambio es seleccionado (por algún motivo) y es retenido por medio de la reproducción. El institucionalismo evolutivo hace una analogía de esa teoría y toma como unidad de evolución a las instituciones.

Posestructuralismo

Otra área poco visitada en estudios que involucran el análisis de datos es la del posestructuralismo. Este movimiento comenzó en los años sesenta y forma parte de la filosofía francesa. El posestructuralismo analiza teóricamente al conocimiento y la sociedad partiendo de conceptos clave como el poder y el discurso (Gibson-Graham, 2002).

En lo que refiere al medio ambiente y siguiendo el trabajo de Arboleda (2010), el posestructuralismo dio pie a ver al medio ambiente en conjunto con el ser humano y no por separado como solía hacerse. Además, esta filosofía va más allá de un simple análisis a los gobiernos, las ONG's y las políticas que estos proponen e introduce al estudio conceptos como el

de biopoder. Por ello, dentro de nuestro análisis no resulta factible su aplicación; sin embargo, se menciona a manera de posible alternativa para un análisis posterior.

Teoría de la competitividad

Por otro lado, ya que la hipótesis de Porter se centra en los efectos hacia la competitividad, nos podemos remontar a los autores clásicos como Smith y Ricardo, que dieron las primeras nociones sobre las ventajas competitivas (años después desarrolladas con más precisión por otros autores y el mismo Michael Porter). Ahora bien, siguiendo lo expuesto por Cho y Moon (2000), la teoría de la competitividad se puede dividir en dos: El modelo tradicional o clásico (Teoría del Comercio), donde la visión es que la riqueza se genera a través de las dotaciones de factores; y el nuevo modelo (Teoría de la Competitividad), en el que la riqueza depende de las elecciones.

El referente principal de la teoría clásica es Adam Smith, cuya obra: *La Riqueza de las Naciones* (1776) sentó las bases de la Teoría del Comercio. Smith defendía la idea de una ley natural, hablaba de una mano invisible que autorregulaba los mercados sin intervención del gobierno. También, mencionaba que si el hombre perseguía sus propios intereses y necesidades aportaría más al bienestar común. Otras de sus ideas fueron la división del trabajo y la ventaja absoluta de cada país. Esta planteaba que cada país debía producir el bien en donde se fuese más eficiente, de modo que lo demás debía ser importado (de otros países más eficientes). Smith también decía que si un país poseía dos o más ventajas absolutas este no tendría beneficios del comercio. Ricardo, a diferencia de Smith, pensaba lo contrario y extendió el modelo introduciendo la idea de una ventaja comparativa. Es decir, si hay dos países con la misma ventaja absoluta, el más eficiente debía producir ese bien, y el otro debía producir el bien en el que se tuviera la menor desventaja absoluta.

El modelo de Ricardo servía como una forma de entender el comercio entre países con base en la productividad, pero su limitación era que no explicaba las causas de ésta. Después, Heckscher y Ohlin explicaron que una ventaja comparativa se formula a partir de la dotación de factores, es decir, cuantos más factores poseía un país, la ventaja comparativa sería mayor (Modelo HO). A partir de este modelo se derivaron tres teoremas: el teorema de igualación del precio de los factores, en el que el libre comercio igualará los precios de los factores entre países; el teorema de Stolper-Samuelson, el cual explica que los factores más abundantes resultaban beneficiados del comercio internacional, no así los factores escasos que se verían afectados por la competencia de otras naciones y el Teorema Rybczynski, que postulaba que un aumento en la dotación de un factor aumentará en mayor proporción la producción del bien intensivo en ese factor y reducirá la producción del otro. Luego de un estudio empírico del modelo HO realizado por Leontief (1953) y de sus resultados opuestos al mismo (Paradoja de Leontief), autores como Vernon, Linder, Krugman, Landcaster y el mismo Leontief, trataron de acercarse a probar satisfactoriamente el modelo utilizando distintos enfoques; ninguno tuvo conclusiones satisfactorias.

Michael Porter es considerado el pionero del nuevo modelo. Su trabajo *La Ventaja Competitiva de las Naciones* (1990), propuso un modelo llamado el diamante de la ventaja nacional, que explicaba cuáles eran los determinantes o atributos que un país debía poseer para ser competitivo:

- 1.) Condiciones de factores de producción;
- 2.) Condiciones de demanda;
- 3.) Apoyo e industrias similares;
- 4.) Rivalidad, estructura y estrategia de la firma.

Otra diferencia entre el modelo de Porter y la teoría clásica es que ésta última tiene una visión estática de la tecnología, los procesos, los productos y las necesidades de los consumidores, cuando en realidad la competitividad es dinámica. La competitividad a nivel de firmas viene de una mayor productividad y de su capacidad de innovar y mejorar sus limitaciones (Porter, 1990; Porter & van der Linde, 1995). El modelo de diamante fue extendido por Rugman y D´Cruz (1993), no obstante, este solo funcionaba para Canadá. En 1995, Rugman, Moon y Verbeke (1995) hicieron una generalización a todos los países. Su aporte era que consideraban la actividad de las empresas nacionales dentro y fuera del país (modelo de doble diamante). Cho (1994) también propuso un modelo llamado modelo de nueve factores (dotación de recursos, ambiente de negocios, apoyo e industrias similares, demanda doméstica, trabajadores, burócratas y políticos, emprendedores, ingenieros y gerentes profesionales, y oportunidades o eventos) que, en contraste con el modelo de Porter, consideraba nuevos factores y la clasificación de otros era distinta.

De todo lo expuesto con anterioridad, tres son las variables clave que se distinguen y que la hipótesis de Porter involucra:

- 1.) La competitividad/ productividad
- 2.) Innovación
- 3.) Regulación ambiental

Competitividad

La competitividad (económica) es definida por el Foro Económico Mundial (WEF) como el conjunto de instituciones, políticas, y factores que determinan el nivel de productividad de un país (WEF & Schwab, 2017: 11). La competitividad conforme a lo que plantearon Porter y Linde

(1995, 98) puede verse por medio de la productividad: esto puede entenderse, a nivel micro, en términos de costos más bajos o productos con un mayor valor agregado dado un nivel tecnológico y un determinado nivel de insumos; mientras que a nivel macro refiere al promedio de la productividad de la industria.

Para entender mejor el concepto de productividad y eficiencia, es necesario atender conceptos clave como el de función de producción y sus propiedades, las funciones de transformación, las funciones de distancia de insumos y productos, entre otros más.

Función de producción

De acuerdo con Coelli (2005) Si suponemos que una firma con N insumos produce un producto q , entonces la función de producción se puede representar como:

$$q = f(\mathbf{x})$$

en donde q representa el producto y \mathbf{x} es un vector de tamaño $N \times 1$ insumos. Las propiedades de la función de producción son:

- No negativa: la función es finita y se ubica sobre el cuadrante de los números positivos y reales.
- Esencialmente débil: para que la función sea positiva, se debe de utilizar al menos un insumo.
- Monótona: es no decreciente en \mathbf{x} , es decir, a mayor número de insumos, la producción no disminuye.
- Es cóncava en \mathbf{x} : cualquier combinación lineal de los vectores \mathbf{x}^0 y \mathbf{x}^1 no producirá una cantidad menor a una combinación lineal de $f(\mathbf{x}^0)$ y $f(\mathbf{x}^1)$.

Se debe tener en mente que estas propiedades no siempre se cumplen en la realidad: por ejemplo, cuando hay un exceso de trabajadores, puede suceder el caso que la función no sea

monótona, ya que mayor número de trabajadores causará efectos decrecientes al nivel la producción.

Cuando la idea de la función de producción descrita anteriormente se generaliza a más de un producto, la función de producción puede verse como:

$$T(\mathbf{x}, \mathbf{q}) = 0$$

Con N insumos y M productos: es decir, \mathbf{x} (insumos) y \mathbf{q} (productos) son vectores de dimensiones $N \times 1$ y $M \times 1$, respectivamente. Las propiedades de las funciones de producción mencionadas anteriormente, también se ajustan a las funciones de transformación.

Las funciones de tecnologías de producción (se le llama así a la función de producción cuando involucra a más de un producto), se pueden representar por medio de un conjunto S. El cuál contiene \mathbf{x} insumos (no negativos) y \mathbf{q} productos (no negativos):

$$S = \{(\mathbf{x}, \mathbf{q}): \mathbf{x} \text{ puede producir } \mathbf{q}\}$$

Asimismo, a través de los conjuntos de producto $P(\mathbf{x})$ y de insumos $L(\mathbf{q})$ también pueden ser representadas:

$$P(\mathbf{x}) = \{\mathbf{q}: \mathbf{x} \text{ puede producir } \mathbf{q}\} \quad L(\mathbf{q}) = \{\mathbf{x}: \mathbf{x} \text{ puede producir } \mathbf{q}\}$$

Productividad

El concepto de productividad es ampliamente entendido, en un proceso productivo, como la razón de la cantidad de bienes o servicios producidos y los recursos (o insumos) utilizados (Carro & González, 2012; Hall, 2011). Aunque existen distintas formas de medir el desempeño de una empresa, la productividad es una forma natural de hacerlo (Coelli et al., 2005).

$$Productividad = \frac{\text{producción}}{\text{insumos}}$$

De acuerdo con Hall (2011), los economistas suelen medir la productividad por medio de una función de producción que en su forma básica para dos insumos (trabajo y capital) toma la siguiente forma:

$$Q = ACL$$

donde Q es la producción, C y L son el stock de capital y el trabajo, respectivamente. A es el nivel de productividad.

Según el documento de la OCDE: Measuring productivity (OECD, 2001), la productividad puede incluir conceptos como: tecnología, eficiencia, ahorro de costos reales, procesos de producción de evaluación comparativa y estándares de vida. Las formas en que puede medirse la productividad pueden ser distintas, ya sea si se trata a nivel de una sola firma o industria. Estas mediciones pueden ser de un solo factor de productividad o de un multi factor. Ambas parten de la medida de una salida (por ejemplo, el PIB o el valor agregado), con respecto a uno (factor único) o varios factores (multi factor), dentro de los cuales los más utilizados son: trabajo, capital, energía, materiales, servicios, etc. Entonces, la elección de la productividad que se vaya a utilizar dependerá del fin para el que se requiera o, en todo caso, de la disponibilidad de los datos.

Un punto importante al momento de medir la productividad es tener claro que lo que se está midiendo es su crecimiento y no su nivel (como un punto estático en el tiempo). Las medidas más comúnmente usadas para medir la productividad son: productividad laboral, basada en la producción bruta; productividad laboral, basada en valor agregado; MFP (productividad multi factorial) capital-trabajo basado en valor agregado; productividad del capital, basada en el valor agregado; y la productividad multifactorial de KLEMS, que involucra al capital, el trabajo, la energía y los materiales.

Productividad Total de los Factores

Cuando se habla de productividad total de los factores (PTF o TFP, por sus siglas en inglés), ésta se refiere a la medición de la productividad que involucra a todos los factores de producción. La productividad, asociada a factores únicos como el trabajo, suele ser llamada productividad parcial. (Coelli et al., 2005). El nombre de este factor suele utilizarse como sinónimo de la productividad multifactorial que, a su vez, generalmente se refiere a la productividad de KLEMS. Aunque, se debe tener en cuenta que no siempre es así y se debe revisar a qué se refiere el factor a usar.

Existen varias formas de estimar la productividad de manera empírica; no obstante, estos métodos pueden ser vistos en dos conjuntos: técnicas paramétricas y no paramétricas. En el caso de las técnicas paramétricas, lo que se hace es estimar los parámetros o coeficientes de una función de producción para poder obtener el crecimiento. Las técnicas no paramétricas tratan de aproximarse al número índice desconocido que es verdadero y está económicamente definido. Dentro de estas técnicas, el enfoque de contabilidad de crecimiento es uno de los más destacados (OECD, 2001: 13).

La productividad puede ser medida para todo tipo de firmas, es decir, con datos a nivel micro. También, dicho análisis puede efectuarse a niveles más altos de agregación (por ejemplo, industrias, países o regiones).

Una de las ventajas que ofrece el estimar la productividad por medio de técnicas paramétricas, es el hecho de que dicho valor puede descomponerse en el cambio tecnológico y los cambios en la eficiencia y los rendimientos a escala. Por ejemplo, si se considera a una función de producción (de un solo producto), se tendría:

$$y_{it} = f(x_{it}, t) \exp(-u_{it}),$$

donde y es el producto de la unidad o firma ($i=1, \dots, N$) en periodo t ($t=1, \dots, T$), x_{ij} es un vector de J insumos, t es la variable de tiempo, $f(\cdot)$ es la tecnología de producción y el término u representa la ineficiencia técnica (orientada a productos) y $u_{it} \geq 0$. La tasa de cambio en una variable se representa por medio de un punto encima de la variable. El cambio en la productividad (PTF) cuando hay más de un solo insumo se calcula de la siguiente manera:

$$P\dot{T}F = \dot{y} - \sum_j S_j^a \dot{x}_j,$$

en donde $S_j^a = w_j x_j / C^a$ y $C^a = \sum_j w_j x_j$. Aquí w_j es el precio del insumo x_j . A partir de diferenciar la expresión de la función de producción y utilizar la del factor total de productividad se obtiene que

$$\begin{aligned} P\dot{T}F &= TC - \frac{\partial u}{\partial t} + \sum_j \left\{ \frac{f_j x_j}{f} - s_j^a \right\} \dot{x}_j \\ &= (RTS - 1) \sum_j \lambda_j \dot{x}_j + TC + TEC + \sum_j \{ \lambda_j - s_j^a \} \dot{x}_{ij}, \\ TC &= \frac{\partial \ln f(\cdot)}{\partial t}, TEC = -\frac{\partial u}{\partial t}, RTS = \sum_j \frac{\partial \ln y}{\partial \ln x_j} = \sum_j \frac{\partial \ln f(\cdot)}{\partial \ln x_j} = \sum_j f_j(\cdot) x_j / f(\cdot) \equiv \sum_j \varepsilon_j \end{aligned}$$

Estos componentes son:

$(RTS - 1) \sum_j \lambda_j \dot{x}_j$: componentes de escala

TC: cambio tecnológico

TEC: cambio en la eficiencia técnica

$\sum_j \{ \lambda_j - s_j^a \} \dot{x}_{ij}$; Componente de asignación

Cuando la eficiencia técnica no cambia a través del tiempo, entonces se tiene que:

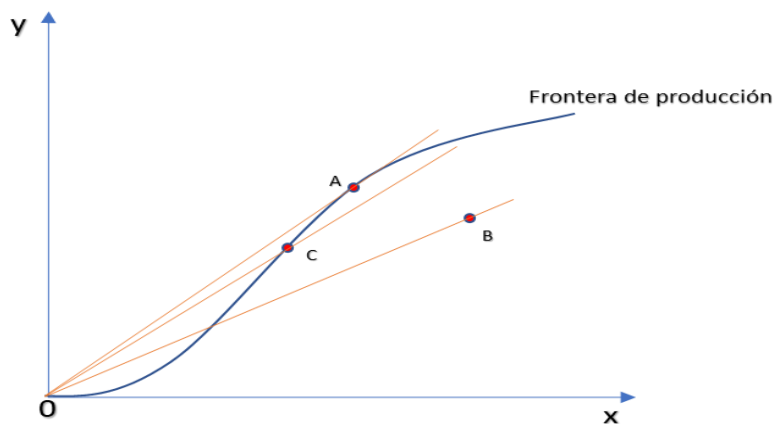
$$T\dot{F}P = TC - \frac{\partial u}{\partial t} + \sum_j \{ \varepsilon_j - s_j^a \} \dot{x}_j$$

Cabe aclarar que la productividad total de los factores, aun y cuando crece en el tiempo, no siempre es sinónimo de una mayor rentabilidad (Kumbhakar et al., 2015).

Eficiencia técnica

¿Productividad y eficiencia son lo mismo? En sintonía con lo expuesto por Coelli et al. (2005), estos dos conceptos han sido mal interpretados a lo largo del tiempo, usando uno u otro sin distinción alguna. Por ello, vale aclarar sus diferencias. Por un lado, la eficiencia tiene que ver con la frontera de producción, que es la curva (ver Figura 3.1) que representa la cantidad máxima que se consigue producir empleando una cierta cantidad de insumos. Cuando se está sobre esa frontera, se dice que la empresa es técnicamente eficiente (puntos A y C). Por otro lado, la productividad es sólo la relación que existe entre lo producido y los insumos, donde por medio de la pendiente de un rayo que va desde el origen y cruza el punto de que se está analizando en el gráfico, se logra distinguir qué punto posee una mayor productividad. Entonces, una firma puede ser eficiente al estar sobre la frontera de producción, pero su productividad puede disminuir o incrementar dependiendo de donde se ubique (el punto A tiene una mayor productividad que el punto C). Es decir, aunque ambos conceptos guardan una estrecha relación, no son iguales.

Figura 3.1 Productividad y eficiencia técnica



Fuente: Reproducción a partir de Coelli (2005)

La eficiencia, a diferencia de la productividad total de factores (que mide el crecimiento en un periodo de tiempo determinado), suele utilizarse en un punto estático del tiempo. Para medirla es posible agrupar dos métodos de análisis: uno determinístico llamado Análisis de Envoltura de Datos (DEA); y otros estocásticos o también nombrados fronteras estocásticas.

Uno de los problemas que presenta el análisis determinístico es que se formula a partir de técnicas de programación matemáticas y, por lo tanto, ignora los efectos de la aleatoriedad o las perturbaciones aleatorias. Es aquí donde entra el análisis estocástico que fue propuesto por Aigner, Lovell, y Schmidt (1977) y Meeusen y van den Broeck (1977), el cual añade un error compuesto a la función de producción (Schmidt & Lovell, 1979). Este error está compuesto por un error puramente aleatorio y uno que corresponde a la ineficiencia. De esta forma es posible analizar de una forma más precisa la ineficiencia de las unidades económicas que se están midiendo.

Innovación

La innovación fue definida por Porter y van der Linde (1995, 98) de manera general, ellos incluían dentro de este concepto aspectos como el diseño del producto (o en su caso servicio), así como el proceso productivo y el proceso de comercialización.

Antonelli (2014), partiendo desde un enfoque sistémico y evolucionista, define a la innovación como un proceso que surge de la complejidad de un sistema. Más específicamente, dice que es el resultado de acciones tomadas por agentes individuales (con características distintas) que interactúan en un sistema organizado. Para esto supone que los agentes individuales no son completamente racionales y que sus características y preferencias no son estáticas.

Uno de los inconvenientes con la medición de la innovación recae sobre su propio concepto (algo nuevo), pues es difícil comparar una característica nueva de un proceso o producto con alguna otra (multidimensionalidad). Las maneras de medir la innovación pueden resumirse en tres áreas: datos de I + D; datos de patentes, solicitudes de subvenciones y citas; y datos bibliométricos (i.e. publicaciones y citas). Otros indicadores que pueden ser utilizados son: indicadores tecnológicos, que miden el rendimiento de las características de los productos; indicadores desarrollados por especialistas o indicadores a partir de una base de datos de un tema específico (Smith, 2009).

Respecto a lo que argumenta Kleinknecht et al. (2002), existen ventajas y desventajas de los indicadores básicos para medir la innovación: los gastos en I + D tienen la desventaja de ser solo entradas o insumos del proceso de innovación, más no reflejan el resultado completo. Las patentes tienen la ventaja de tener mucha información disponible, pero carecen de certeza, ya que una patente puede o no significar la implementación de alguna mejora. Asimismo, deja fuera las innovaciones que no son patentadas o no pueden ser patentadas.

Regulación ambiental

El término de regulación o política ambiental refiere a la manera en que los gobiernos tratan de mejorar la relación que existe entre el ser humano y el ambiente. El medio ambiente es un concepto bastante amplio y complejo, pues involucra a casi todo lo que no es el humano. Por ello se puede decir que casi cualquier área en la política tiene o involucra al ambiente en menor o mayor medida. Esta ambigüedad tiende a dificultar la correcta implementación de políticas, además de que el tratar de convencer a las personas resulta un tema complicado, ya que los beneficios

inmediatos son difusos, pero los costos a corto plazo son bastante palpables (Benson & Jordan, 2015).

Porter (1990) veía a la regulación ambiental como una parte del rol que desempeñan los gobiernos para estimular la competitividad de los países a través de políticas y estándares medioambientales. Esto sucedía gracias a que cuanto más estrictas eran las normas hacia las firmas, estas tendían a mejorar la calidad de los productos, su tecnología y agregar novedades que, por consecuencia, ayudaban a responder más rápido a la demanda de los consumidores. Con esto en mente, se intuye una incompatibilidad con los supuestos de la teoría neoclásica; sin embargo, Porter y van der Linde (1995), afirman que en el mundo real no hay firmas que posean información completa y entonces, serán incapaces de tomar decisiones óptimas. Es decir, toman una postura desde un enfoque dinámico (evolucionismo y la nueva teoría del crecimiento); bajo éste, las regulaciones permiten a las firmas detectar ineficiencias y ser más conscientes de su proceso, con lo cual pueden mejorar e innovar.

De acuerdo con Brunel y Levinson (2013), la regulación ambiental y su rigurosidad son difíciles de medir, ya que presentan cuatro problemas: (1) Multidimensionalidad, que se refiere a la variedad de ámbitos dentro de la regulación (aire, suelo, agua, etc.) y como dependiendo del enfoque de la investigación un índice general puede afectar los resultados; (2) Simultaneidad, la cual hace alusión a un problema de bidireccionalidad (endogeneidad) entre una mayor regulación y sus efectos; (3) Composición de la industria, en donde el concepto de “ventaja comparativa” de Ricardo se hace presente, debido a que la regulación ambiental puede ser un factor que afecta a la industria (composición) de un país; (4) Capital vintage, que tiene que ver con los derechos adquiridos o diferenciados por años, es decir, las regulaciones son más estrictas para las nuevas fuentes de contaminación que para las existentes, provocando una mala interpretación de los datos.

Algunas formas de medir la regulación ambiental son: las medidas de costos del sector privado, también conocidos como gastos para reducir la contaminación; las medidas basadas en regulaciones, que miden el efecto de una regulación sobre alguna variable; los índices compuestos generales, los cuales tienden a incluir aspectos generales como el número de regulaciones, las organizaciones no gubernamentales en pro del medio ambiente, etc.; las emisiones, contaminación o uso de energía; y el gasto público en materia ambiental.

En general, hay categorías que se distinguen para medir la rigurosidad ambiental:

- 1.) La *evaluación específica* de las regulaciones, las cuales tienden a presentar problemas de multidimensionalidad y simultaneidad;
- 2.) Los *índices compuestos* que atienden el problema de la multidimensionalidad, pero pueden ser difíciles de manejar;
- 3.) Los *índices de contaminación o energía*, aunque presentan el problema de que pueden interpretarse como una mayor rigurosidad o una menor rigurosidad i.e. simultaneidad;
- 4.) Las medidas con respecto al *gasto* (privado o el derivado del sector público) *asociados al cuidado del medioambiente*, éstas se utilizan como una variable proxy y, por lo tanto, no siempre son adecuadas (Brunel & Levinson, 2013: 28).

CAPÍTULO IV: EVIDENCIA EMPÍRICA

En este capítulo se hace una revisión de la evidencia empírica, se presentan una serie de estudios, hechos a nivel global y la evidencia empírica encontrada a la fecha. Según esta evidencia se pueden distinguir tres enfoques: la versión “débil”, que analiza la relación entre la regulación ambiental y la innovación de las firmas; la versión “fuerte”, aborda el efecto de las medidas ambientales sobre la competitividad de las empresas y, el análisis entre la competitividad de los países (Ambec et al., 2013).

En varios estudios (ver Cuadro 4.1), a nivel de países y de firmas o sectores industriales, encuentran un efecto positivo entre la competitividad y una mayor rigurosidad ambiental (Feng, G. et al., 2021; Martínez-Zarzoso et al. 2019; Santis. et al., 2021; Zhang & Song, 2021; Wu & Li, 2022). No obstante, otros encuentran un efecto adverso (ver a He, W. et al., 2020; Nie et al., 2021). Destacan los enfoques metodológicos que tratan el problema de la endogeneidad, como el modelo de efectos fijos (FE) o el método de momentos generalizado (GMM). También, se observa que las variables dependientes que utilizan son las relativas a la productividad.

Cuadro 4.1. Revisión de estudios empíricos relacionados a la Hipótesis de Porter

Autor (año)	Objetivo	Datos	Metodología	Variable dependiente	Resumen – Conclusiones
He et al. (2020)	Probar la relación empírica entre la regulación ambiental y desempeño financiero corporativo.	Datos financieros de las empresas con acciones “A” que cotizan en Bolsas de Valores de Shanghai y Shenzhen, China de 2008 a 2016	Modelo de efectos fijos.	Rendimiento financiero	La regulación ambiental reduce el rendimiento financiero de las empresas manufactureras chinas.

Autor (año)	Objetivo	Datos	Metodología	Variable dependiente	Resumen – Conclusiones
Nie et al. (2021)	Probar el efecto regional de Porter (efecto entre regulación ambiental e innovación).	Además de Tibet, Hong Kong, Macao y Taiwán, utiliza los datos de panel equilibrados de las otras 30 provincias chinas de 2003 a 2015.	Modelos de datos de panel dinámicos y cuasi-experimentales (FE). Utilizan variables instrumentales.	Número de patentes y el número de proyectos y personal en I + D.	No se encontró evidencia en apoyo de que la regulación ambiental estimula el efecto Porter regional. El efecto de los paraísos de contaminación, producido por la política piloto de comercio de emisiones de carbono, contrarresta el efecto, lo que resulta en una falta del efecto Porter regional.
Martínez-Zarzoso et al. (2019)	Probar la versión fuerte y débil de la hipótesis de Porter.	Panel no balanceado de 1990 a 2011 para 14 países de la OCDE	Modelo empírico (modelo de efectos fijos) propuesto por Jaffe y Palmer (1997).	Gastos de investigación y desarrollo y el número de patentes.	Hay una correlación positiva entre la regulación ambiental y el gasto en I + D, así como entre la regulación ambiental y la productividad (PTF).
Feng et al. (2021)	Investigar el efecto de una mayor rigurosidad ambiental sobre la productividad.	Datos de panel de 22 países de la OCDE durante dos décadas	Función de costo Translog de coeficiente variable semi paramétrico con índices de EPS.	EPS (Índice de rigurosidad ambiental)	Con una regulación medioambiental más estricta, la productividad muestra resultados positivos a largo plazo.
Santis et al. (2021)	Investigar la relación entre productividad y regulación ambiental.	Panel de 18 países de la OCDE	Enfoque Panel VAR en un sistema de ecuaciones donde cada variable se expresa como una función dinámica de valores rezagados de variables (endógenas).	Productividad	La regulación ambiental ejerce un impacto positivo indirecto sobre el crecimiento de la productividad fomentando la acumulación de capital, especialmente en países con un alto nivel de uso de TIC.
Zhang et al. (2021)	Determinar el efecto de los impuestos "verdes" sobre el factor total de la productividad.	Basado en datos únicos a nivel micro de 18.885 empresas mineras chinas.	Estimación GMM de dos etapas.	Productividad	Los incentivos fiscales para el desarrollo verde mejoran la PTF de las empresas mineras. Un aumento del 1% en los incentivos fiscales aumenta la PTF en un 0,060%. considerando la endogeneidad y el sesgo de selección.
Wu & Lin (2022)	Examina cómo la regulación ambiental afecta el desarrollo "verde" de la industria del hierro y el acero.	Panel de datos a nivel provincial de China de 2000 a 2017.	Modelo de efecto de mediación para verificar la trayectoria del impacto indirecto de la regulación ambiental sobre el desempeño energético.	Eficiencia energética	Confirma la hipótesis de Porter: encuentran un mejor desempeño energético de las industrias ante una regulación más estricta.

Fuente: elaboración propia a partir de revisión de literatura

En el cuadro 4.2, se observan las tres variables principales de interés (productividad, innovación y rigurosidad ambiental) y cómo es que diferentes autores utilizan índices o datos para plasmar dichos conceptos en sus estudios. La productividad, por ejemplo, es medida por medio la PTF o el rendimiento financiero (que es otra manera de ver a la productividad). La innovación, por su parte, utiliza los datos de gastos en I + D y el número de patentes. La regulación ambiental es aproximada a través de diferentes índices, entre ellos el EPS.

Cuadro 4.2. Variables relacionadas con la Hipótesis de Porter

Variable	Autores	Operatividad de la variable
Productividad	Santis et al. (2021);	Miden la productividad a través de indicadores de productividad ajustados al entorno.
	Zhang et al. (2021)	Utilizan la PTF para medir la productividad, y la producción industrial per cápita como proxy para hacer más confiables los resultados.
	Javeed et al. (2020)	Utilizan el rendimiento financiero.
	He et al. (2020)	
	Martínez-Zaroso et al. (2019)	Utilizan la PTF para medir como proxy del desempeño económico
Innovación	Nie et al. (2021)	Número de patentes y el número de proyectos y personal en I + D.
	Martínez-Zaroso et al. (2019)	Utilizan los gastos de investigación y desarrollo (RD) y el número de patentes como proxy de la innovación.
Regulación ambiental	Wu & Lin (2022)	Mide la intensidad de la regulación ambiental por la proporción del costo operativo del tratamiento de la contaminación de aguas y gases residuales a la producción industrial total.
	Nie et al. (2021)	Utilizan dos variables explicativas fundamentales para medir la regulación ambiental. Una es la variable ficticia Didit que representa la implementación de la política piloto de comercio de emisiones de carbono después de 2011 (indicada por Did) y la otra es la contaminación intensidad de control.
	He et al. (2020)	Utilizan tres índices: descarga de aguas residuales industriales (WW), gases residuales industriales (WG) y residuos industriales del humo (WS)
	Javeed et al. (2020)	"Utilizan dos proxies: 1.) Se emplean las tarifas de descarga de contaminación promedio para capturar el ER y se estiman como tarifas de descarga de contaminación anuales pagadas por las empresas divididas por el valor de salida de la empresa respectiva (ER1). 2.) Se emplea la inversión promedio en el tratamiento de la contaminación. De manera similar a lo anterior, se calcula como una inversión anual en el tratamiento de la contaminación pagada por las empresas dividida por el valor de salida de la empresa respectiva (ER2)."
	Feng et al. (2021)	Para medir la regulación ambiental utilizan el índice de regulación ambiental (EPS), que es un indicador creado por la OCDE.
	Martínez-Zaroso et al. (2019)	
Garsous & Kozluk (2017)	Los cambios en los precios de la energía en la IED pueden verse como una aproximación del impacto de un aumento en el rigor de, al menos algunos tipos clave de políticas ambientales.	

Fuente: elaboración propia a partir de revisión de literatura

En el caso de México, la evidencia empírica es escasa (ver Cuadros 4.3 y 4.4). A la fecha se han identificado solo cuatro estudios. En uno de los artículos se analizaron los efectos del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (NAFTA) sobre México y Estados Unidos para el sector de alimentos y cómo éste, bajo la perspectiva de una regulación ambiental más estricta, afectó la productividad del sector en cada país; encontraron un efecto positivo para México (Alpay et al., 2002). Hackenbruck (2006) enfocó su estudio al sector de las industrias del hierro, acero y aluminio por medio de la productividad total de los factores (PTF): concluyó que existe un efecto positivo de la regulación sobre dicha variable. Sánchez-Medina et al. (2013) hallaron evidencia a favor de la hipótesis de Porter en un análisis hecho para empresas artesanales. Un estudio realizado a nivel de firma utilizó una distribución Gumbel y obtuvo como resultado, una compensación entre la regulación y la productividad, donde el efecto se presentó en mayor medida en las pequeñas firmas (Sánchez-Vargas et al., 2013).

En el cuadro 4.4, se aprecia cómo es que la innovación y la regulación ambiental se midieron de forma distinta a lo hecho en los estudios a nivel global: para la innovación Sánchez-Medina et al. (2013), hicieron uso de la frecuencia con la que el negocio implementó nuevas ideas; para la regulación ambiental se utilizó la reducción en gastos ambientales, el grado de reducción en la contaminación y el número de inspecciones. La variable productividad se aproximó mediante la productividad laboral, la PTF, el rendimiento de los activos y una función de utilidad.

Cuadro 4.3. Revisión de estudios empíricos para México relacionados a la Hipótesis de Porter

Autor (año)	Objetivo	Datos	Modelo	Variable dependiente	Resumen - Conclusiones
Sánchez-Medina et al. (2013)	Explicar el desempeño económico y ambiental ante el cumplimiento de normas ambientales.	Datos de 186 negocios de artesanías de cerámica de tres estados (Oaxaca, Puebla y Tlaxcala). Utilizan el Censo Económico de 2004 de INEGI y el Consejo Regulador Talavera (2007)	Modelo de regresión con variables instrumentales.	Desempeño económico. Innovación. Rendimiento de los activos.	Encuentran un efecto positivo entre una mayor normatividad ambiental y una mayor productividad.
Sánchez-Vargas et al. (2013)	Analizar la relación entre la regulación ambiental y la productividad de la manufactura en México.	Panel de datos de 903 firmas industriales obtenidos de la encuesta industrial nacional de INEGI del 2002 para México.	Modelo de regresión no lineal (Gumbel)	Productividad laboral.	Se obtuvo un efecto positivo en mayor medida para pequeñas firmas.
Alpay et al. (2002)	Examinar el efecto de la rigurosidad ambiental sobre la productividad en México y EE. UU. en la industria de alimentos.	Datos para México obtenidos para una serie de 1971 a 1994. Información previa a 1974 fue estimada y construida a partir de reportes.	Modelo Translog (función de utilidad).	Utilidad	En México una mayor rigurosidad ambiental incrementó la productividad en el sector
Hackenbruck (2006)	Comparar el crecimiento relativo de la productividad de las industrias de hierro y acero y aluminio de EE. UU. y México	Datos obtenidos para México a partir de la Encuesta Industrial Mensual (EIM) y la Encuesta Industrial Anual (EIA) correspondiente a las series de 1963-1993 y 1994-2002.	Modelo Translog utilizando un enfoque de efectos fijos.	PTF y PTF dual de productividad.	Encuentra un efecto positivo sobre la productividad ante una mayor rigurosidad ambiental.

Fuente: elaboración propia a partir de revisión de literatura

A manera de resumen, esta revisión del contexto teórico y empírico observa una consonancia con Shumpeter (1947) y la economía institucionalista (van der Linde & Porter, 1995). En ambos casos se parte del supuesto de que la competitividad es dinámica y ésta se basa en la innovación. Asimismo, la competitividad viene o puede ser vista por medio de la productividad (Porter, 1990; Porter & van der Linde, 1995).

En el caso de los estándares ambientales, estos pueden actuar como un impulso a las ventajas competitivas al estimular la demanda doméstica, pues obligan a las firmas a mejorar la calidad de sus productos en respuesta a lo que los consumidores demandan (Porter, 1990).

Como puede apreciarse, la idea central en Porter es que las empresas pueden absorber los impactos que en principio resultan negativos, induciendo a incorporar nueva y mejor tecnología. Se asume que ese proceso se da de manera heterogénea dentro de una economía (enfoque evolucionista).

Cuadro 4.4. Variables relacionadas a la Hipótesis de Porter para la evidencia empírica de México.

Variable	Autores	Operatividad de la variable
Productividad	Sánchez-Vargas et al. (2013)	Utilizan la productividad laboral.
	Sánchez-Medina et al. (2013)	Utilizan el rendimiento o retorno de los activos. Se calcula como el cociente entre la tasa anual utilidades y el valor de los activos totales del negocio.
	Alpay et al. (2002)	Utilizan una función de utilidad dual.
	Hackenbruck (2006)	Utilizan una PTF y una PTF dual para medir el crecimiento de la productividad.
Innovación	Sánchez-Medina et al. (2013)	Frecuencia con la que el negocio adopta nuevas ideas con el propósito de preservar el medio ambiente.
Regulación ambiental	Sánchez-Medina et al. (2013)	Utilizan el grado en que la empresa redujo los impactos en el ambiente. Para ello hicieron uso de encuestas.
	Sánchez-Vargas et al. (2013)	Utilizan el nivel de reducción de gastos de contaminación por empleado.
	Hackenbruck (2006)	Utilizan el número de inspecciones hechas al año,
	Alpay et al. (2002)	

Fuente: elaboración propia a partir de revisión de literatura

Lo anterior ocurre en un ambiente donde las empresas no cuentan con información perfecta, y una de las consecuencias de no poseer toda la información las obliga a un constante cambio tecnológico. Las empresas no están en condiciones de proceder bajo la única premisa de la racionalidad económica, en el sentido de la optimización. En cambio, si se toman los riesgos de la innovación (a causa de una mayor rigurosidad en la política ambiental), se esperará compensar los costos de cumplimiento, de forma parcial o total.

Al final, también se asume que las normas jurídicas que regulan el contexto en el cual las empresas toman sus decisiones está en evolución y que por ende las restricciones han ido

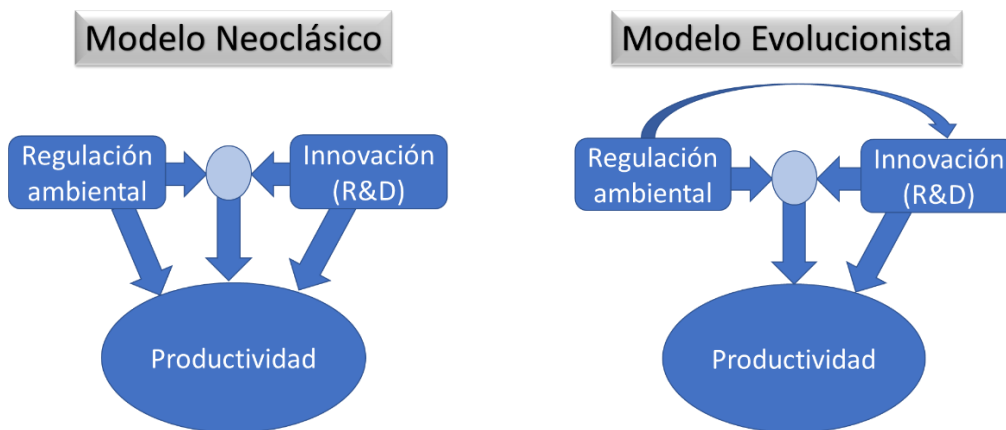
aumentando, de manera que las empresas requieren una permanente visualización del marco jurídico y la adopción de nuevas mejoras que den respuesta a esos cambios. Lo anterior ha sido analizado y estudiado (para el análisis global) valiéndose del Índice de rigor de la política ambiental (EPS), creado por la OCDE, referente a una medida comparable entre países con base en distintos instrumentos de política ambiental, los cuales fueron puntuados y agregados para formar el índice (Botta & Kozluk, 2014).

CAPÍTULO V: METODOLOGÍA

Modelo Teórico

En función de la información con la que se dispone, y según el ajuste de los datos y de la evidencia empírica, se pretende utilizar dos modelos: Uno que se deriva del enfoque neoclásico el cual asume que la innovación (investigación y desarrollo) es una variable exógena, y otro modelo que se deriva del enfoque evolucionista / institucionalista que asume a la innovación como variable endógena, donde el cambio tecnológico está ligado con decisiones tomadas a nivel empresa (ver Figura 5.1). Estos modelos se correrán tanto a nivel nacional para México como a nivel países de la OCDE.

Figura 5.1. Modelos Neoclásico y Evolucionista relacionados a la hipótesis de Porter.



El modelo que se deriva del enfoque evolucionista tiene como valor agregado el manejo de la endogeneidad entre la competitividad y la regulación ambiental, que es el inconveniente más frecuente en otros estudios. Para ello se recoge la experiencia de modelos como el de Hernández

et. al. (2020) y otros que aparecen en las Cuadros 4.1 y 4.2 donde se muestra cómo las variables se hacen operativizan, así como los modelos utilizados.

Datos

Los datos disponibles para el análisis entre países forman un panel para el periodo de 1990-2019. Se utilizará como variables principales la productividad total de los factores (PTF) y la regulación ambiental por medio del índice de rigor de política ambiental (Environmental Protection Stringency Index: EPS). Este último es un índice comparable internacionalmente y que va de 0 a 6 (donde un valor alto indica una mayor rigurosidad). La innovación por otro lado se aproxima con el gasto en I + D como porcentaje del PIB. Estas variables junto con otras más se muestran en el cuadro 5.1, así como algunas estadísticas descriptivas (Cuadro 5.2).

Cuadro 5.1. Variables seleccionadas para el análisis entre países: 1990 – 2019

Variable	Fuente
Índice de rigor de protección ambiental (EPS)	OCDE
Investigación y desarrollo (I+D) Intensidad (gasto en I+D como porcentaje del Producto Interior Bruto, PIB)	OCDE
Crecimiento de la PTF (TFP Growth FRED)	FRED (Federal Reserve Bank)
Promedio total de años de escolaridad	OXFORD MARTIN SCHOOL
Legislación de protección del empleo	OCDE
HH Índice de concentración del mercado por país	Banco Mundial
Participación de la industria en la actividad total	Banco Mundial
Comercio en % del PIB por país	Banco Mundial
Préstamo/endeudamiento primario neto (% del PIB)	Fondo Monetario Internacional
Índice de Desarrollo Financiero (FDI)	Fondo Monetario Internacional
Promedio de horas anuales efectivamente trabajadas por trabajador	OCDE
El índice Chinn-Ito (KAOPEN)	Journal of Development Economics

Las variables seleccionadas para el análisis global o entre países hacen referencia a las tres variables principales del estudio (productividad, innovación y regulación ambiental). Asimismo, las demás están relacionadas a la competitividad de un país, la cual Porter (1990) describe en su modelo de diamante.

De entre todos los datos recolectados, algunas variables muestran algunas características destacables. Por ejemplo, la dispersión de los datos para la productividad total de los factores es muy pequeña, mientras que para los otros dos indicadores existe una mayor variabilidad (ver Cuadro 5.2).

Cuadro 5.2. Sumario de estadísticas descriptivas

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Índice de rigor de protección ambiental (EPS)	701	1.6888	0.9486	0.21	4.13
Investigación y desarrollo (I+D) Intensidad (gasto en I+D como porcentaje del Producto Interior Bruto, PIB)	741	1.6664	0.8587	0.18	4.08
Crecimiento de la PTF (TFP Growth FRED)	851	.0001628	.03647	-.1439	.1927
Promedio total de años de escolaridad	812	10.4738	2.0464	4.53	14.1
Legislación de protección del empleo	826	2.2249	0.8937	0.09	4.83
HH Índice de concentración del mercado por país	810	0.1254	0.1414	0.03	0.71
Participación de la industria en la actividad total	830	27.2179	6.1005	12.89	47.56
Comercio en % del PIB por país	893	75.4126	41.9742	-4	239.22
Préstamo/endeudamiento primario neto (% del PIB)	805	-0.1556	3.5689	-29.81	15.81
Índice de Desarrollo Financiero (FDI)	900	0.6036	0.1984	0	1
Promedio de horas anuales efectivamente trabajadas por trabajador	812	1718.3730	194.6496	1380	2242
El índice Chinn-Ito (KAOPEN)	870	1.5235	1.2095	-1.92	2.32

Para el índice EPS, los dos países con la regulación ambiental media más estricta son Alemania y Finlandia, mientras que Rusia y México son los países con los índices más bajos (ver Gráfica 5.1). Los países con la mayor intensidad media en I + D (R&D) son Japón y Suecia; mientras que México y Turquía son los más bajos (ver Gráfica 5.2).

Gráfica 5.1. Comparativo de la media del Índice de rigor de protección ambiental (EPS)

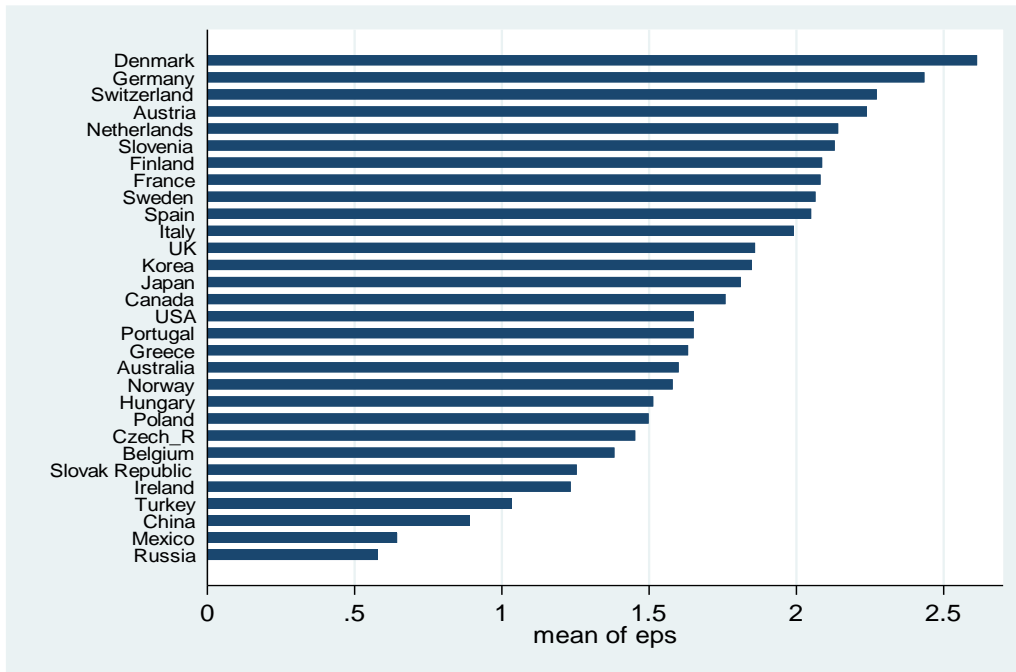
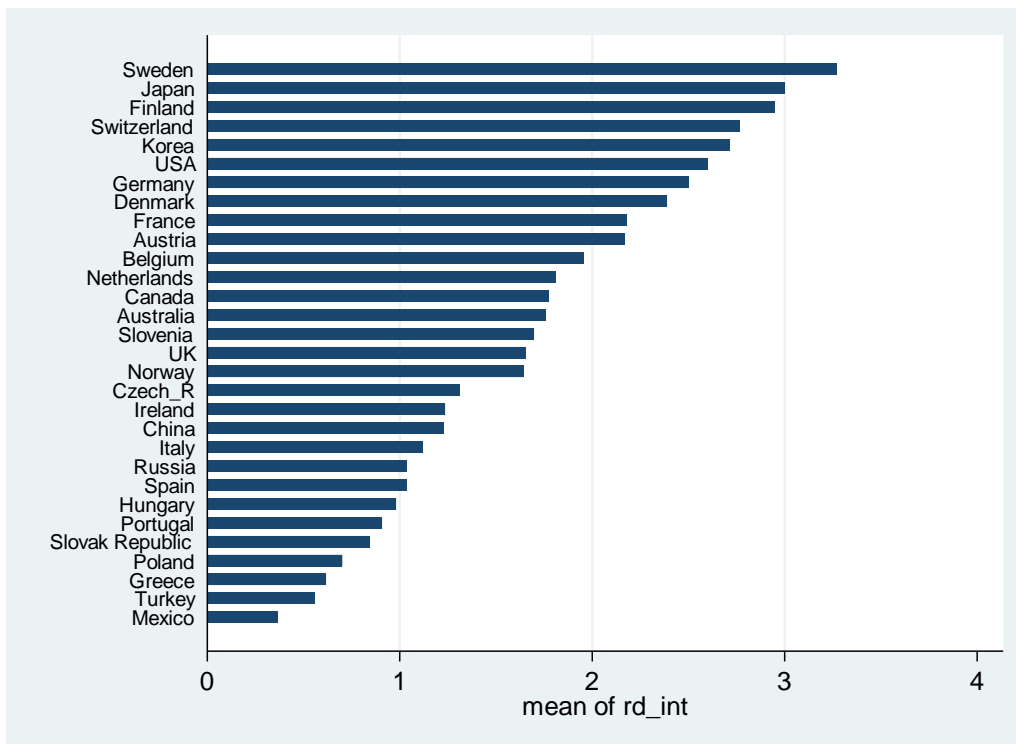
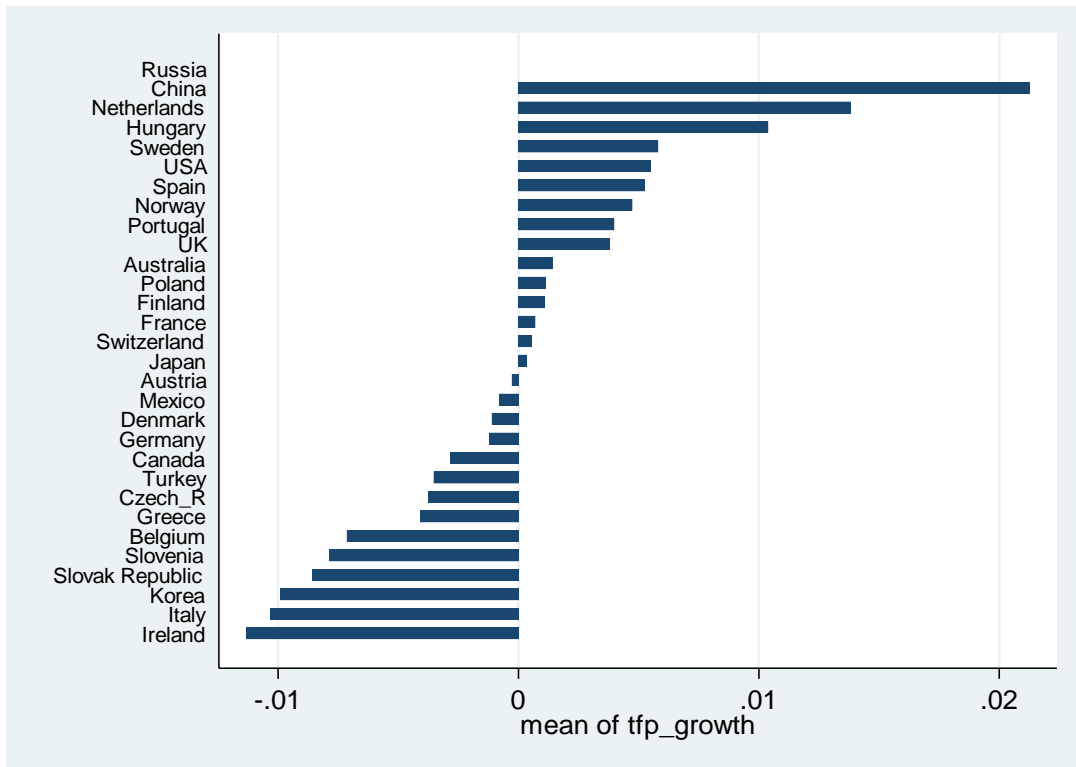


Figura 5.2. Comparativo de la media de la intensidad de Investigación y desarrollo (R&D)



Para el índice TFP Growth, se observa dos grupos de países: por un lado, están aquellos que presentaron un crecimiento promedio a través de los años (Rusia, China, Países Bajos, entre otros); por otra parte, están aquellos que tuvieron una disminución promedio en dicho factor, por ejemplo, Irlanda e Italia, los cuales fueron los de peor desempeño. México, por su parte, también está dentro del segundo grupo de países (ver Gráfica 5.2).

Figura 5.3. Crecimiento de la PTF (TFP Growth)



Para el análisis del caso mexicano, se parte del hecho de que la productividad de México ha sido muy baja en las últimas décadas (OCDE, 2015), por ello es conveniente analizar los sectores de forma individual, de tal forma que permitan obtener resultados más favorables para este análisis.

De los censos económicos 2019¹ y 2014 del INEGI se obtuvieron las variables construir los indicadores de regulación ambiental e innovación, en específico, las relacionadas a la regulación ambiental provienen del módulo de medio ambiente, las cuales se presentan con una desagregación por entidad federativa; con observaciones para 19 sectores económicos de México:

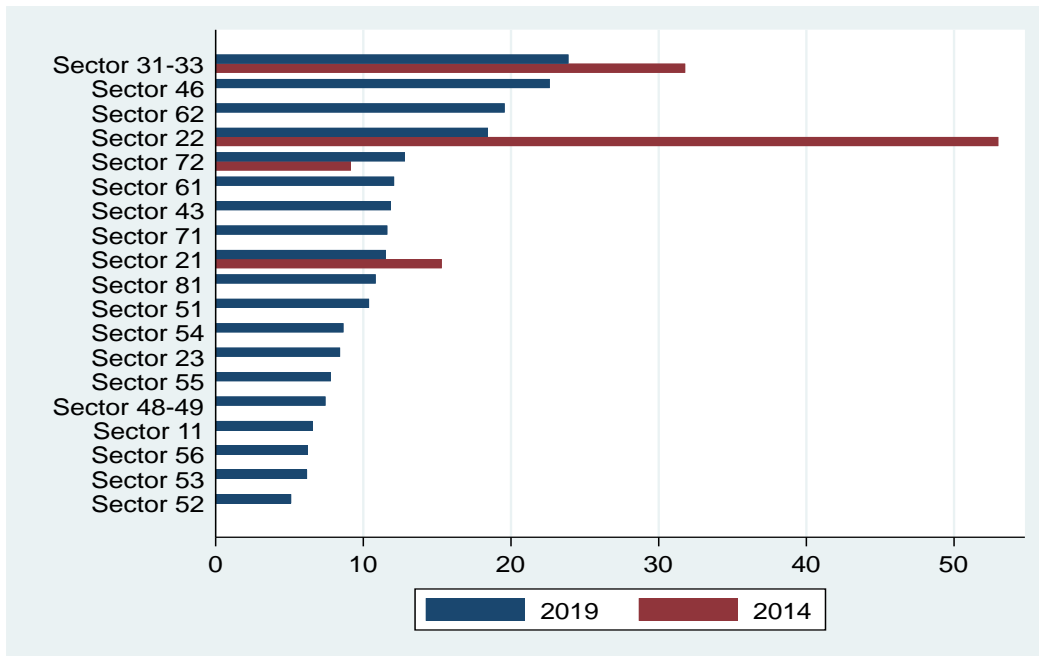
1. Sector 11: *Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza (solo Pesca y Acuicultura).*
2. Sector 21: *Minería*
3. Sector 22: *Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final.*
4. Sector 23: *Construcción.*
5. Sector 31-33: *Industrias manufactureras.*
6. Sector 43: *Comercio al por mayor.*
7. Sector 46: *Comercio al por menor.*
8. Sector 48-49: *Transportes, correos y almacenamiento.*
9. Sector 51: *Información en medios masivos.*
10. Sector 52: *Servicios financieros y de seguros.*
11. Sector 53: *Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles.*
12. Sector 54: *Servicios profesionales, científicos y técnicos.*
13. Sector 55: *Corporativos.*
14. Sector 56: *Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos, y remediación.*
15. Sector 61: *Servicios educativos.*
16. Sector 62: *Servicios de salud y de asistencia social.*
17. Sector 71: *Servicios de esparcimiento cultural y deportivo, y otros recreativos.*
18. Sector 72: *Servicios de alojamiento temporal y preparación de alimentos y bebidas.*
19. Sector 81: *Otros servicios excepto actividades gubernamentales*

Importante notar que, pese a que este módulo de medio ambiente se desarrolla desde los censos del 2009, este no es consistente y algunas preguntas cambiaron para los censos del 2014 y 2019. Para ser más asertivos, se utilizará solo información relacionada al último censo del 2019. Con esta información, tanto para el 2014 como para el 2019, se estimó un índice de rigurosidad ambiental para cada sector económico (en el caso de 2014 hay sectores que no aparecen en el

¹ Ver <https://inegi.org.mx/programas/ce/2019/>

censo) y para cada estado del país. El diseño y cálculo de este índice se presenta en el Anexo. En este caso, se destaca el hecho de que el nivel de rigurosidad ambiental es, al igual que el reportado por la OCDE, es pequeño. Para el año 2014 alcanzó un promedio de 19.27258 y es muy llamativo que para el 2019 disminuyó a 11.76287 (ver Gráfica 5.4), señal de que la gestión ambiental empeoró en el transcurso de estos años.

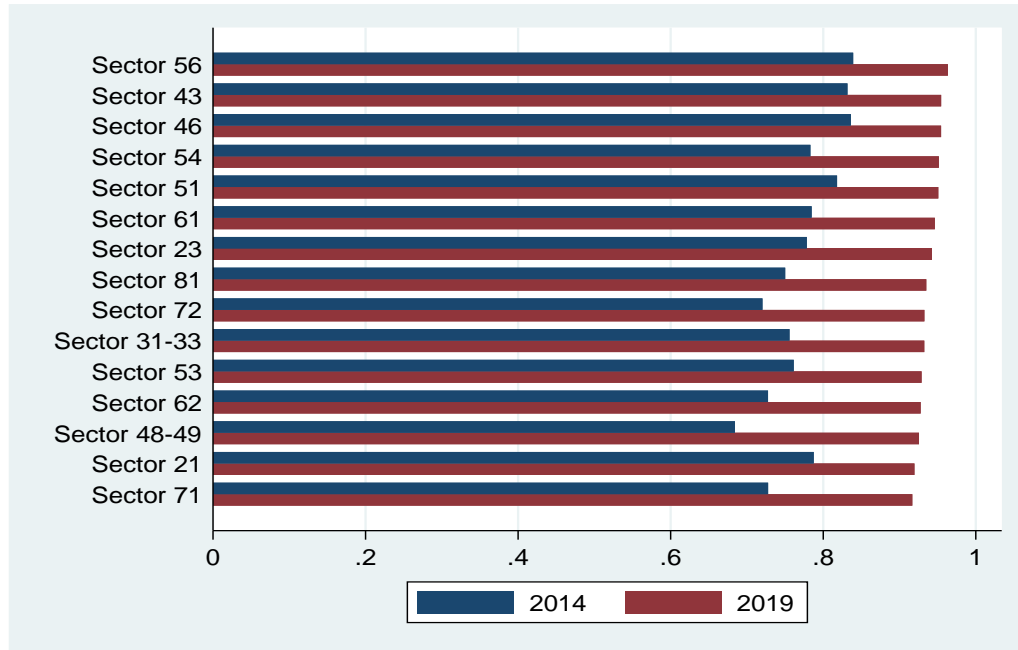
Figura 5.4. Comparativo del índice de rigurosidad ambiental por sector económico de México



Además, utilizando variables relacionadas con la producción bruta total a nivel sectorial y por entidad federativa, así como con algunos insumos utilizados por los sectores económicos, se estimó un factor de productividad para cada sector económico y cada entidad en el 2014 y 2019, utilizando un modelo de análisis de frontera estocástica (SFA por sus siglas en inglés). El diseño, modelo, y resultados econométricos de este indicador se presenta en el Anexo. Este estimador de eficiencia se utilizará como variable proxy de competitividad. En este caso, se observa un

comportamiento interesante al pasar de un año a otro en este índice. Para el año 2014 alcanzó un promedio de 0.772 y para el 2019 un valor de 0.937 (ver Gráfica 5.5).

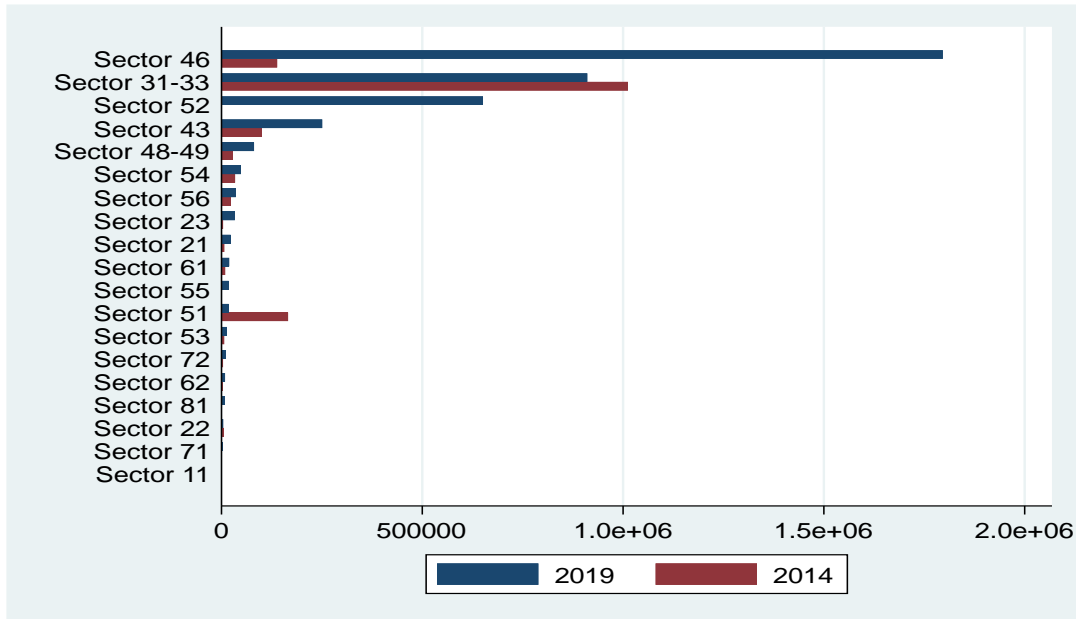
Figura 5.5. Comparativo del factor de productividad de los sectores económicos de México



La variable de innovación será el gasto o inversión en actividades de investigación y desarrollo (miles de pesos), la cual proviene del mismo censo para los años 2014 y 2019. Vale la pena aclarar que esta variable para el año 2014 se aproximó haciendo un prorrateo. Es decir, para este año 2014 los datos se disponen por sectores económicos y por entidad federativa, pero no aparecían en una base de datos de forma integrada. Por tanto, se tomó como referencia el gasto por estado, asumiendo que cada estado tuvo la misma proporción de gasto por sector.

En este caso, se observa un comportamiento interesante al pasar de un año a otro en esta variable. Para el año 2014 alcanzó un promedio de 96,558 (miles de pesos) y para el 2019 un nivel de 216,824.2 (miles de pesos) (ver Gráfica 5.6).

Figura 5.6. Comparativo del gasto en I + D de los sectores económicos de México



Modelo empírico

El método que se utilizó tanto para el análisis global como el de México fue el de panel de datos en su versión estándar en efectos aleatorios, en su versión normal y con instrumentos, así como el modelo de regresión cuantílica en panel de datos. Estos dos últimos permiten, sobre todo el cuantílica, con mayor eficiencia la inclusión de variables instrumentales para lidiar con el problema de endogeneidad y la heterogeneidad no observable; es decir, el sesgo que se produce por la omisión de variables dentro del modelo. Aunque existen otras opciones para tratar el problema de endogeneidad, no siempre se cuenta con la información adecuada (Wooldridge, 2010).

Modelos con instrumentos han sido aplicados en estudios similares (ver Cuadro 4.1), pero al incluir instrumentos se debe cumplir con los siguientes supuestos: (1) que el instrumento z no esté correlacionado con el término de error u : $Cov(z,u) = 0$; (2) que z este correlacionada con x :

$Cov(z,x) \neq 0$. El modelo de variables instrumentales para un panel de datos parte de la siguiente ecuación:

$$y_{it} = \mathbf{Y}_{it}\boldsymbol{\gamma} + \mathbf{X}_{1it}\boldsymbol{\beta} + \mu_i + v_{it} = \mathbf{Z}_{it}\boldsymbol{\delta} + \mu_i + v_{it}$$

en donde y_{it} es la variable dependiente; \mathbf{Y}_{it} es un vector de observaciones de dimensiones $1 \times g_2$ sobre g_2 variables endógenas incluidas como covariantes y éstas están correlacionadas con v_{it} ; \mathbf{X}_{1it} es un vector de variables exógenas incluidas como covariantes; $\mathbf{Z}_{it} = [\mathbf{Y}_{it} \ \mathbf{X}_{1it}]$, $\boldsymbol{\gamma}$ es un vector de coeficientes de dimensiones $g_2 \times 1$; $\boldsymbol{\beta}$ es un vector de coeficientes de dimensiones $k_1 \times 1$; $\boldsymbol{\delta}$ es un vector de coeficientes de $K \times 1$, donde $K = g_2 + k_1$.

Se asume que hay un vector de observaciones de dimensiones $1 \times k_2$ sobre k_2 instrumentos en \mathbf{X}_{2it} . La condición de orden se cumple si $k_2 \geq g_2$. $\mathbf{X}_{it} = [\mathbf{X}_{1it} \ \mathbf{X}_{2it}]$ donde N es el número total de observaciones y n el número de paneles.

El modelo de efectos aleatorios servirá entonces como preámbulo, siendo útil para probar la consistencia de los datos y verificar si se ajustan a su tratamiento como panel. Este modelo de efectos aleatorios servirá entonces para probar el modelo neoclásico tal y como se expresa en la Figura 5.1. Hay que recordar que este modelo no requiere la inclusión de instrumentos dado que asume a la investigación y desarrollo como variable exógena, y solo es necesario incluir una variable de interacción entre la regulación ambiental y la investigación y desarrollo. Por tanto, la regresión con instrumentos se aplica al modelo evolucionista o institucionalista el cual considera una secuencia donde la regulación ambiental influye primero en la investigación y desarrollo, y luego a la productividad. Es un modelo que tiene que lidiar con endogeneidad y por tanto es necesario instrumentos para lograr un buen ajuste.

Algunas ventajas de la regresión sobre el modelo de efectos fijos cuantílico es que permite aliviar problemas de sesgo y asimetría. No asume distribución alguna para los datos de la variable dependiente y controla los efectos de los outliers (IBM, 2022). Con ello y dadas las características de los datos en este estudio, resulta un modelo adecuado para este análisis.

Si bien a lo largo de la última década han surgido distintas metodologías y usos que adecuan el modelo dependiendo de los requerimientos de cada caso, Powell (2014) introdujo el modelo de cuantiles para paneles de datos con efectos fijos no aditivos que, a diferencia de otros modelos de este tipo no separa el error aleatorio (propiedad de perturbación no separable). Este modelo se puede representar de la siguiente manera:

$$y_{it}(\tau x_{it}) = x'_{it}\beta(\tau) + \varepsilon_{it}$$

Donde $y_{it}(x_{it})$ τ es el cuantil elegido de la variable dependiente, x_{it} es el vector de las variables explicativas. En este caso, dada la diversidad de variables en cada caso (internacional y México) y la forma tan distinta en cómo se conforma cada base de datos, se decidió, para fines comparativos, no incluir variables de control en ninguno de los casos. Esto es, tanto para el caso global como para el mexicano, se utilizan los mismos modelos con las variables que indican justamente lo que se señala en el cuadro 5.1 y verificar así los modelos neoclásico y evolucionista.

Por tanto, para el análisis global se seleccionaron nueve variables que se utilizaron como instrumentos para controlar el problema de la endogeneidad. El cuadro 5.3 muestra una serie de estudios que incluyeron variables similares a las utilizadas en este estudio.

Así mismo, el cuadro 5.4 describe el total de las variables utilizadas en los estudios más relevantes en la materia, ya sea por ser el primero o el de la idea original (Porter 1991; Porter y

van der Linde 1995), por ser los más relevantes (Rubashkina et al. 2015; Albrizo et al. 2014), o por ser el más reciente (Zhang et al. 2022; Wu & Lin 2022). En todos los casos se trata de modelos a nivel país, y es de llamar la atención la similitud en las variables utilizadas.

Cuadro 5.3. Variables relacionadas a antecedentes empíricos

Variable	Autor(es)	Tipo (level, dif, lags, etc.)	Exógena, endógena, instrumento
Educación	Porter (1990)	-	-
Legislación de protección del empleo	Albrizo et al. (2016) Albrizo et al. (2014)	Lags	Exógena
Índice de concentración (tamaño empresas)	Zhang et al. (2021) Rubashkina et al. (2015)	Lags Lags	Exógena Exógena
Participación de la industria en la actividad total (% del PIB)	Albrizo et al. (2014)	Level	Exógena
Apertura comercial % del PIB por país	Wu and Lin (2022) Albrizo et al. (2014)	Level Lags	Exógena Exógena
<i>Préstamo/endeudamiento del saldo primario</i>	Albrizo et al. (2014)	Level	Exógena
Índice de desarrollo financiero	Albrizo et al. (2014)	Lags	Exógena
Promedio de horas anuales trabajadas por trabajador	Albrizo et al. (2014)	Level	Exógena
<i>Índice K_account_openness Chinn-Ito</i>	Albrizo et al. (2014)	Lags	Exógena

Fuente: elaboración propia a partir de revisión de literatura

Cuadro 5.4. Antecedentes de variables utilizadas en análisis empíricos previos

Autor	Variables	Año	País
Zhang et al. (2022)	PTF (eficiencia), incentivos fiscales, tamaño, apalancamiento, intensidad de capital, proporción de activos fijos, retorno sobre activos, edad (de la empresa), inversión extranjera, regulación ambiental, nivel de corrupción.	2008-2011	18,885 compañías mineras chinas
Wu & Lin (2022)	Desempeño energético-ambiental, regulación basada en el mercado, regulación basada en el mando, regulación basada en el público, innovación técnica, estructura industrial, inversión extranjera directa, estructura de capital, relación costo-beneficio, estructura energética.	2000-2017	29 provincias chinas
Rubashkina et al. 2015	PTF, PACE (estrictéz ambiental), gastos en I+D, stock de conocimiento, valor agregado, penetración de importaciones, intensidad de exportaciones, nacimiento y muerte de empresas.	1997-2009	17 países europeos
Albrizo et al. (2014)	MFP, líder tecnológico (frontera), distancia a la frontera, rigor de la política ambiental, tendencia de la demanda, apertura de la cuenta de capital, ciclo económico, protección del empleo, crisis financiera, desarrollo financiero, horas trabajadas, participación de la industria, balance primario, regulación del mercado de productos, impacto regulatorio, gasto en I+D, tamaño de las empresas, tendencia temporal, apertura comercial, precio real del petróleo.	1990-2012	24 de la OCDE
Porter & van der Linde (1995)	Competitividad internacional, productividad, innovación, regulación ambiental, mano de obra, capital invertido, eficiencia, contaminación, costos.	1995	-
Porter (1991)	Regulación ambiental, competitividad económica, innovación, exportaciones, importaciones.	1991	-

Fuente: elaboración propia a partir de revisión de literatura

VARIABLES SIMILARES A ESTOS ESTUDIOS SON LAS QUE SE UTILIZARON COMO INSTRUMENTOS PARA EL MODELO GLOBAL, MIENTRAS QUE PARA EL CASO MEXICANO SE TOMAN ALGUNAS VARIABLES DERIVADAS DEL MISMO CENSO ECONÓMICO 2014 Y 2019, SEGÚN SEA EL CASO. POR EJEMPLO, EN AMBOS AÑOS PARA SER COMPARABLES, SE UTILIZARON 14 VARIABLES, AGRUPADAS EN PUNTOS QUE SE REFIEREN A:

- a) *Número de empresas que... sí cumplió con norma ambiental, ...no cumplió con norma ambiental,*
- b) *Número de empresas que sí contaron con personal en actividades de protección al medio ambiente, no contaron con personal en actividades de protección al medio ambiente,*
- c) *Personal ocupado en actividades ambientales (número de personas),*
- d) *Participación del personal ocupado en actividades ambientales respecto al personal ocupado total (%),*
- e) *Horas trabajadas por el personal ocupado en actividades ambientales (promedio mensual),*
- f) *Número de empresas que sí utilizaron materiales reciclados (materias primas), no utilizaron materiales reciclados (materias primas),*
- g) *Número de empresas que sí utilizaron materiales reciclados (materiales de empaque), no utilizaron materiales reciclados (materiales de empaque),*
- h) *Número de empresas que sí separaron residuos y desechos, no separaron residuos y desechos*
- i) *Número de empresas que mandan a relleno sanitario (basurero), que entregan a empresas de servicio de manejo y transporte de residuos,*
- j) *Número de empresas que sí hacen reciclaje en el proceso de producción, reúso de los materiales de desecho en el proceso de producción, otros (destino de los materiales),*
- k) *Número de empresas que sí efectuaron gastos en protección ambiental, no efectuaron gastos en protección ambiental,*
- l) *Gasto en protección al medio ambiente (miles de pesos),*
- m) *Número de empresas que sí efectuaron inversión en protección ambiental, no efectuaron inversión en protección ambiental*
- n) *Inversión en protección al medio ambiente (miles de pesos),*
- o) *Número de empresas que sí efectuó gasto corriente o de inversión para mejora o protección del medio ambiente durante 2018, no efectuó gasto corriente o de inversión para mejora o protección del medio ambiente durante 2018,*
- p) *Número de empresas que sí aplicaron algún tratamiento a las aguas residuales generadas en la actividad, no aplicaron algún tratamiento a las aguas residuales generadas en la actividad,*
- q) *Número de empresas que utiliza el agua tratada en el mismo proceso de producción en sistemas de enfriamiento, en jardinería y limpieza,*

A continuación, se presentan las estadísticas descriptivas de los datos utilizados en el modelo tanto global como nacional. En ellos se observa que la tasa de cambio de la productividad es positiva pero cercana cero, esto por la construcción de los datos. La regulación y la investigación y desarrollo también son positivos y con tasas de cambio muy similares, aunque la regulación ambiental tiene una mayor variación.

Cuadro 5.5. Estadísticas descriptivas de las variables clave sin diferencias (Análisis global)

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Índice de productividad por país (Tasa de cambio)	851	0.000163	0.03647	-0.1439	0.1927
Índice de Regulación Ambiental (Tasa de cambio)	701	1.68883	0.948573	0.21	4.13
Índice de investigación y desarrollo (Tasa de cambio)	741	1.666356	0.858716	0.18	4.08

Las variables para el caso de México se presentan en niveles. En cuanto a la productividad (proxi) creció del 2014 a 2019, mientras que el índice de regulación ambiental disminuyó de manera importante en el mismo periodo (19.3 a 12.3). Esta variable (índice), refleja la importancia relativa del cumplimiento de ciertas normas o conductas ambientales. Como se puede observar, en ambos años fue baja, coincidiendo con el bajo nivel que se reporta en la OCDE. Por su parte, la investigación y desarrollo (medida en miles de pesos) aumentó de forma significativa del 2014 al 2019, aunque es de notar su gran variación (std dev) en ambos años.

Cuadro 5.6. Estadísticas descriptivas de las variables clave sin logaritmos (Análisis sectorial)

Variable	Obs	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Índice de productividad 2019	474	0.939	0.0271792	0.445538	0.978349
Índice de productividad 2014	474	0.772	0.0764802	0.00934	0.971123
Índice de Regulación Ambiental 2019	473	12.307	6.359166	1.988636	34.94532
Índice de Regulación Ambiental 2014	87	19.357	11.21068	3.0625	40.4375
investigación y desarrollo 2019	474	220,235.9	876,356.7	0	1.38E+07
investigación y desarrollo 2014	474	103,859.1	575,454.9	19.69	1.06E+07

CAPÍTULO VI: RESULTADOS

Para el análisis a nivel global se encuentra evidencia a favor de la hipótesis de Porter. De las cuatro regresiones que se corrieron en todas se encuentra un efecto positivo de la regulación ambiental sobre la productividad. Las regresiones 1 y 2 (enfoque neoclásico) se corrieron con efectos aleatorios², mientras que en el enfoque evolucionista (controlando endogeneidad), la regresión 3 utiliza efectos aleatorios y la 4 utiliza una especificación cuantílica (ver Cuadro 6.1).

Cuadro 6.1. Resultados para el caso global: 1990-2019

	Modelo Neoclásico		Modelo Evolucionista	
	1	2	3	4
	Variable dependiente: Índice de productividad por país (Tasa de cambio)			
Índice de Regulación Ambiental (Tasa de cambio)	1.189** (0.526)	1.199** (0.569)	0.989* (0.566)	0.880*** (0.002)
Índice de investigación y desarrollo (Tasa de cambio)	-0.399 (1.714)	-0.356 (1.755)	-3.696 (9.003)	-2.987*** (0.006)
Interacción de variables: Inv_Des X Reg_Amb		-0.336 (5.277)	3.372 (7.882)	9.558*** (0.065)
Tendencia	0.045** (0.022)	0.046** (0.022)	0.063** (0.029)	0.039*** (0.000)
Constante (ordenada al origen)	-0.730** (0.358)	-0.741** (0.354)	-1.078* (0.557)	
Observaciones	541	541	396	541
Número de países	28	28	26	
Número de grupos				28

Notas: Errores estándar en paréntesis

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

La regresión cuantílica representó una buena alternativa, ya que, aunque la regresión 3 presenta resultados consistentes, al hacer el test de Hausman se detectó que la matriz de varianzas

² Se verificó mediante un estadístico de prueba y el Test de Hausman que la mejor especificación se lograba con efectos aleatorios que con OLS o efectos fijos (ver el Anexo IV).

no era positiva definida. Por tanto, dadas las ventajas del modelo cuantílico, pese a que no estima la ordenada al origen, sirve para comparar los resultados y la consistencia del modelo 3, tal y como se discute en la siguiente sección.

Por otra parte, resulta interesante el efecto (signo) de la innovación sobre la productividad es negativo, aunque solo es significativo después de controlar por endogeneidad en la regresión cuantílica. El coeficiente de interacción entre regulación ambiental e innovación, así como la variable tendencia (tiempo), tienen un efecto positivo en el modelo 4. En este caso, se evaluará si efectivamente la variable investigación y desarrollo, después de descomponer la interacción con la regulación ambiental, mantiene su efecto negativo (ver la sección de discusión).

Para el análisis a nivel de sectores económicos de México, los resultados divergen a lo encontrado a nivel global (ver Cuadro 6.2). Hay que recordar que el análisis se hizo de manera independiente para cada año (2014 y 2019), es decir, no se estiman tasas de cambio debido a que solo se tendría un dato dentro de cada panel lo cual hace inviable el trabajar con ese tipo de transformación de variables.

A continuación, se muestran los resultados por periodo con los enfoques ya vistos en el análisis global (neoclásico y evolucionista). Una característica importante de estos resultados es que, al igual que en el caso global, se midió el ajuste para verificar si los datos se ajustaban a un panel de efectos fijos o aleatorios, o simplemente un modelo de mínimos cuadrados ordinarios (OLS). Las pruebas de estos ajustes se presentan en el Anexo IV. Los datos del 2019 se ajustan a un modelo de efectos aleatorios, salvo el modelo 4 que se corrió como cuantílico. Los datos del 2014 no se ajustaron a un panel de efectos fijos ni aleatorios, si como OLS. En específico, los modelos 3 y 4 lidian con la endogeneidad, y el 4 en su versión cuantílica tuvo un buen ajuste para

ambos años con coeficientes significativos. En efecto, las propiedades de este modelo cuantílico (descrito arriba) hacen interesante su comparación con el modelo 3³. Además, el énfasis y detalle de esta comparación es porque ambos se acercan más a la idea de Porter.

Cuadro 6.2. Resultados para el caso mexicano: Modelo Neoclásico y Evolucionista 2014,2018

	Neoclásico: 2019		Evolucionista: 2019		Neoclásico: 2014		Evolucionista: 2014	
	1	2	3	4	1	2	3	4
	Variable dependiente: índice de productividad (eficiencia) por sector				Variable dependiente: índice de productividad (eficiencia) por sector			
índice de Regulación Ambiental (Ln)	0.001 (0.001)	0.003 (0.002)	-0.011 (0.030)	0.007*** (0.001)	0.089 (0.109)	0.690* (0.397)	-0.204 (0.128)	-0.067*** (0.000)
índice de investigación y desarrollo (Ln)	-0.000** (0.000)	0.000 (0.001)	-0.005 (0.008)	0.007*** (0.000)	-0.023 (0.026)	0.121 (0.095)	-0.054* (0.030)	-0.033*** (0.000)
Interacción: Inv_Des X Reg_Amb		-0.004 (0.004)	0.041 (0.086)	-0.040*** (0.003)		-1.472 (0.934)	0.620* (0.317)	0.269*** (0.001)
Constante	-0.059*** (0.003)	-0.057*** (0.004)	-0.116 (0.124)		-0.355 (0.221)	1.300 (1.073)	-1.225*** (0.402)	
Observaciones	448	447	94	447	87	87	34	87
R2	0.045	0.021	0.042		0.010	0.039	0.294	
Número de sectores	15	15	9					
Número de grupos				15				3

Notas: Errores estándar en paréntesis

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

En general, el foco de la atención se centrará en observar la consistencia de signos significancia estadística, con precaución, máxime si como en el caso del modelo 3 del 2019 que presentó problemas de ajuste.

Así, para el 2019 el efecto de la regulación ambiental fue positivo, y negativo para el 2014 (aunque positivo en el modelo neoclásico de este mismo año), después de controlar la endogeneidad. El coeficiente de la variable de innovación (investigación y desarrollo) también fue

³ Aunque con reservas pues su calibración requiere un ojo experto. A la fecha se sigue trabajando para lograr la mejor especificación con resultados publicables en una revista científica. Esto incluye también la colaboración con expertos en modelos semi paramétricos.

positivo y negativo para los años 2019 y 2014 respectivamente, aunque al igual que la rigurosidad ambiental, su efecto es muy pequeño. Este resultado para el 2014 es contraintuitivo, sin embargo, hay que descontar el efecto combinado de la variable de interacción entre regulación ambiental e innovación que fue positivo y significativo. Por lo demás, se observa consistencia de signos entre el modelo 3 (OLS) y el de panel con cuantiles para este mismo año. Los resultados completos con las salidas del software Stata de ambos modelos se pueden observar en el Anexo 4.

Discusión

En términos generales, para el análisis global un efecto positivo de la variable de regulación ambiental indica que tanto un incremento en las políticas o instrumentos basados en el mercado (impuestos, esquemas cambiarios, esquemas de tarifas, esquemas de devolución de depósitos) y los no basados en el mercado (estándares en emisiones y subsidios a la I + D), propician una mayor productividad; no obstante, cuando dicho resultado se presenta en el enfoque neoclásico se debe de tener precaución, ya que, como se sabe, puede existir un sesgo por endogeneidad entre las variables de productividad, innovación y regulación ambiental. Una vez que se tiene en cuenta lo anterior y tratando el problema (de endogeneidad) a través de un enfoque evolucionista, se prueba la consistencia en los tres resultados.

En específico, para el modelo cuantílico (el de mayor significancia estadística), una variación unitaria en la tasa de cambio del EPS provoca un aumento de 0.88 en el crecimiento de la productividad (TFP) y un incremento unitario de la variable innovación (tasa de cambio) causa una disminución en el crecimiento de la productividad de 2.987. El término de interacción entre EPS e innovación, nos indica el efecto conjunto de las variables o el efecto del EPS condicionado

a la innovación. Aquí el coeficiente tiene signo positivo y es mayor que cada una de las dos variables de forma independiente, por lo cual el efecto (negativo) por sí solo de la innovación se ve compensado.

Al obtener los efectos marginales (a partir del modelo 3) de las variables explicativas sobre la variable de productividad, se puede hacer un análisis más detallado (ver Cuadro 6.5): por ejemplo, se observa que el efecto, así como la magnitud de estos es diferente dependiendo de cada país⁴. Al comparar a México con sus dos principales socios comerciales (EE. UU. y Canadá) se observa que EE. UU. es el único que presenta un efecto positivo con respecto al EPS; México y Canadá, presentan un efecto negativo, resalta que México presenta la mayor variabilidad. En cuanto a la variable de innovación, el efecto es positivo para Canadá y EE. UU. y negativo para México. En ambos casos, la magnitud absoluta de los efectos es más grande para el caso de México, lo que indicaría una mayor sensibilidad a los cambios en políticas implementadas hacia el medio ambiente y la innovación. Países Bajos y EE. UU. fueron los dos países con los mayores efectos positivos de la variable de EPS e innovación; Australia y México fueron los dos países con los efectos negativos más altos, pero en el caso particular de Australia el efecto sobre innovación fue positivo. Estos cambios se observan de forma más clara en las Gráficas 6.1. y 6.2.

Estos resultados (a nivel de países), añaden más evidencia favor de la hipótesis de Porter, pues como se vio en el capítulo IV, los últimos estudios hechos al respecto (Feng, G. et al., 2021; Martínez-Zarzoso et al. 2019; Santis. et al., 2021; Zhang & Song, 2021; Wu & Li, 2022) también encuentran efectos positivos de una mayor regulación ambiental sobre la productividad. Esto a su vez añade mayor soporte al argumento del efecto de largo plazo (Porter y van der Linde, 1995), pues se observa que cuando el análisis se hace a través del tiempo, los efectos de la regulación

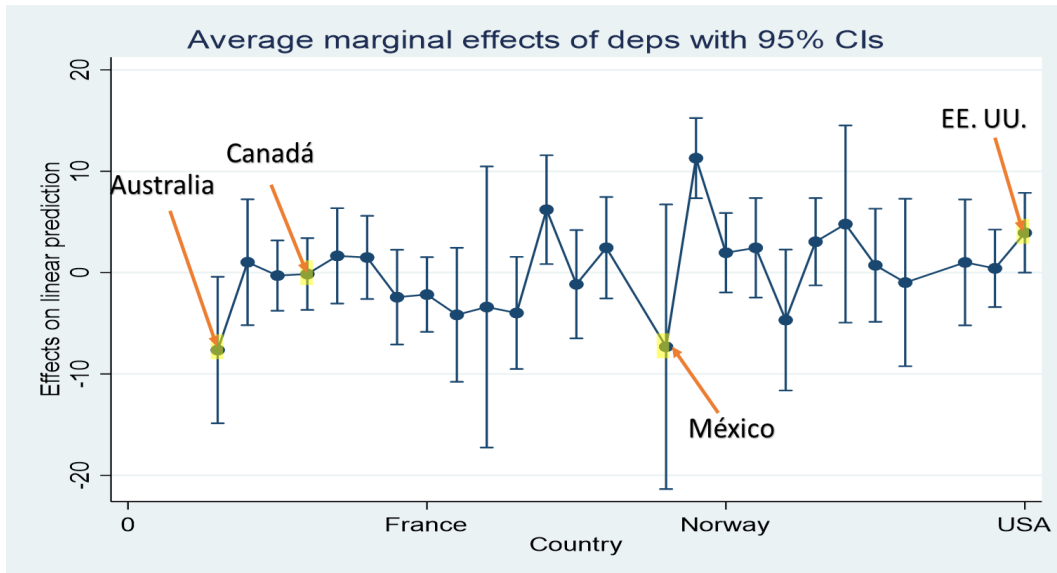
⁴ Aunque aquí no se menciona, destaca el país de China, pues presentó el efecto marginal más alto de la variable EPS sobre la PTF.

ambiental tienden a ser positivos. Los casos de México y Australia son ciertamente distintos pues llama la atención su signo negativo y sobre todo su magnitud. Es por lo que resulta importante inspeccionar con detalle el caso de México.

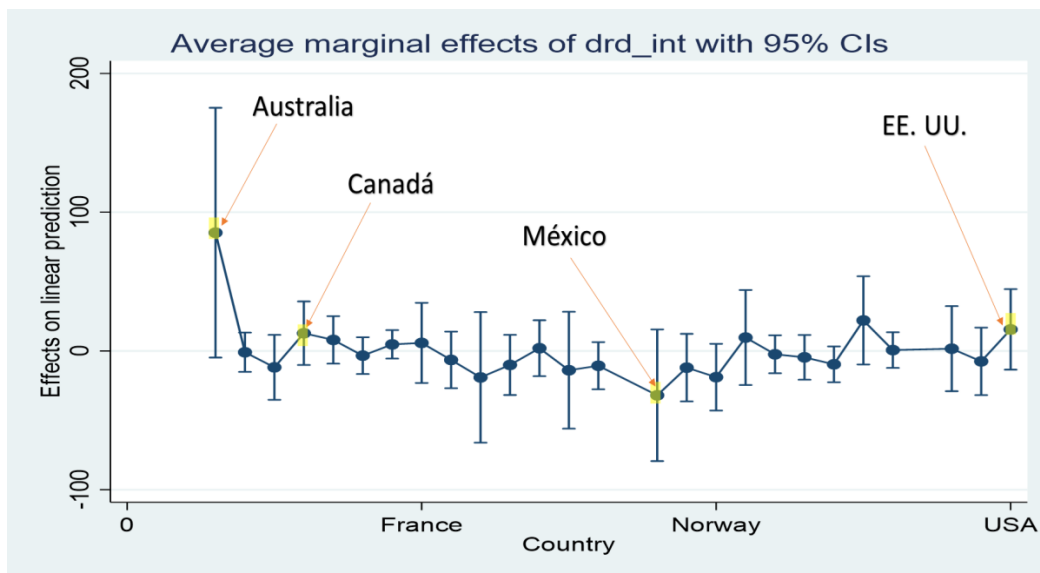
Cuadro 6.5. Efecto marginal de la regulación ambiental y de la investigación y desarrollo sobre la productividad por país: Análisis global 1990-2019

	deps			drd_int		
	dy/dx	std. err.	P>z	dy/dx	std. err.	P>z
Australia	-7.637	3.686	0.038	85.261	45.918	0.063
Austria	1.027	3.167	0.746	-0.891	7.226	0.902
Belgium	-0.291	1.771	0.869	-11.783	11.937	0.324
Canada	-0.137	1.809	0.940	12.797	11.691	0.274
Czech_R	1.653	2.402	0.491	7.983	8.736	0.361
Denmark	1.495	2.093	0.475	-3.348	6.756	0.620
Finland	-2.418	2.383	0.310	4.759	5.237	0.364
France	-2.164	1.881	0.250	5.820	14.732	0.693
Germany	-4.164	3.375	0.217	-6.435	10.397	0.536
Greece	-3.395	7.077	0.631	-19.036	24.004	0.428
Hungary	-3.980	2.822	0.159	-10.047	11.066	0.364
Ireland	6.210	2.740	0.023	2.003	10.281	0.846
Italy	-1.149	2.726	0.673	-13.870	21.489	0.519
Japan	2.456	2.554	0.336	-10.635	8.678	0.220
Mexico	-7.314	7.163	0.307	-31.924	24.208	0.187
Netherlands	11.294	2.021	0.000	-11.996	12.422	0.334
Norway	1.964	1.999	0.326	-18.869	12.260	0.124
Poland	2.450	2.503	0.328	9.695	17.473	0.579
Portugal	-4.679	3.548	0.187	-2.354	6.977	0.736
Slovak Republic	3.047	2.196	0.165	-4.579	8.230	0.578
Slovenia	4.791	4.963	0.334	-9.615	6.583	0.144
Spain	0.725	2.848	0.799	22.054	16.214	0.174
Sweden	-0.979	4.214	0.816	0.659	6.566	0.920
Turkey	1.010	3.169	0.750	1.666	15.644	0.915
UK	0.421	1.950	0.829	-7.484	12.407	0.546
USA	3.931	2.008	0.050	15.561	14.802	0.293
media	0.160	3.041		0.207	13.536	
max	11.294			85.261		
min	-7.637			-31.924		
StdDev	4.1381			21.0115		

Gráfica 6.1. Efecto marginal: Regulación ambiental sobre la productividad por país: Análisis global 1990-2019



Gráfica 6.2. Efecto marginal: Investigación y desarrollo sobre la productividad por país: Análisis global 1990-2019



Ahora bien, en el caso mexicano a nivel sectorial, si partimos del modelo 4 (que es donde los coeficientes son significativos) el efecto negativo que tiene la variable de regulación ambiental sobre la variable dependiente (productividad) en el año 2014 apunta a que los sectores económicos

disminuyen su nivel de eficiencia ante un mayor cumplimiento de las normas ambientales: lo opuesto sería para el 2019. Resulta interesante ver cómo es que los resultados entre modelos varían a diferencia de la consistencia del análisis global.

En concreto, un incremento de 1% en la variable de regulación ambiental produce una disminución de la eficiencia de 0.067% en el año 2014 y un aumento del .007% para el año 2019. Un aumento del 1% en la variable de innovación produce una baja en la eficiencia de 0.033% en 2014 y un incremento de 0.007% para el año 2019.

Los resultados del modelo 3 y 4 para el año 2014 son contrarios a lo previamente encontrado para México (Alpay et al., 2002; Hackenbruck, 2006; Sánchez-Medina et al., 2013; Sánchez-Vargas et al., 2013), donde hallaban evidencia a favor de la hipótesis de Porter. Esto no resulta sorprendente, pues como lo plantearon el mismo Porter y van der Linde (1995), los efectos en el corto plazo tienden a ser adversos, y si se toma en cuenta que el análisis aquí realizado es solo para dos periodos, el resultado atiende a la lógica antes mencionada. Para el 2019, el modelo 4 soporta la hipótesis de Porter, pero el modelo 3 no.

De manera similar al análisis global, también se obtuvieron los efectos marginales a partir del modelo 3 (pero solo para el año 2019) por sectores (ver Cuadro 6.6): destaca que los sectores 11 (Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza (solo Pesca y Acuicultura) y 48-49 (Transportes, correos y almacenamiento), son los que presentan los efectos más grandes para ambas variables (regulación ambiental e innovación). También se observa que existe heterogeneidad en los efectos marginales entre los distintos sectores, aunque predominan los efectos negativos (ver Cuadro 6.6 y Gráficas 6.3.y 6.4.)

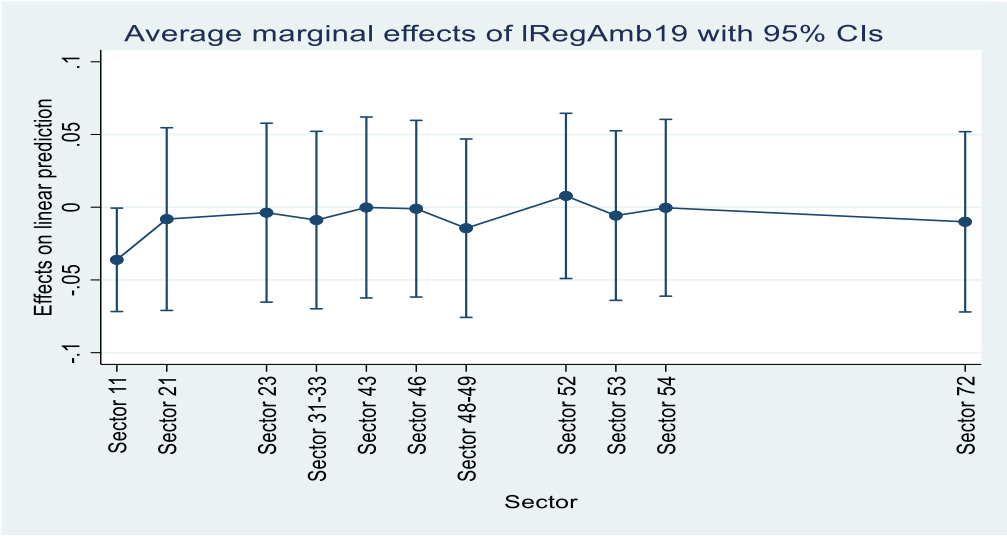
Cuadro 6.6. Efecto marginal de la regulación ambiental y de la investigación y desarrollo por sector⁵ de actividad económica (Delta-method): México 2019

	IRegAmb19			liyd19		
	dy/dx	std. err.	P>z	dy/dx	std. err.	P>z
Sector 11	-0.036	0.018	0.046	-0.016	0.002	0.000
Sector 21	-0.008	0.032	0.799	-0.002	0.001	0.049
Sector 23	-0.004	0.031	0.905	-0.001	0.001	0.229
Sector 31-33	-0.009	0.031	0.776	-0.002	0.001	0.040
Sector 43	0.000	0.032	0.995	0.000	0.001	0.663
Sector 46	-0.001	0.031	0.973	0.000	0.001	0.645
Sector 48-49	-0.014	0.031	0.645	-0.003	0.001	0.000
Sector 52	0.008	0.029	0.788	0.000	0.001	0.753
Sector 53	-0.006	0.030	0.847	-0.002	0.001	0.042
Sector 54	0.000	0.031	0.990	-0.001	0.001	0.421
Sector 72	-0.010	0.032	0.751	-0.003	0.001	0.009
media	-0.007	0.030		-0.003	0.001	
max	0.008			0.000		
min	-0.036			-0.016		
StdDev	0.011			0.004		

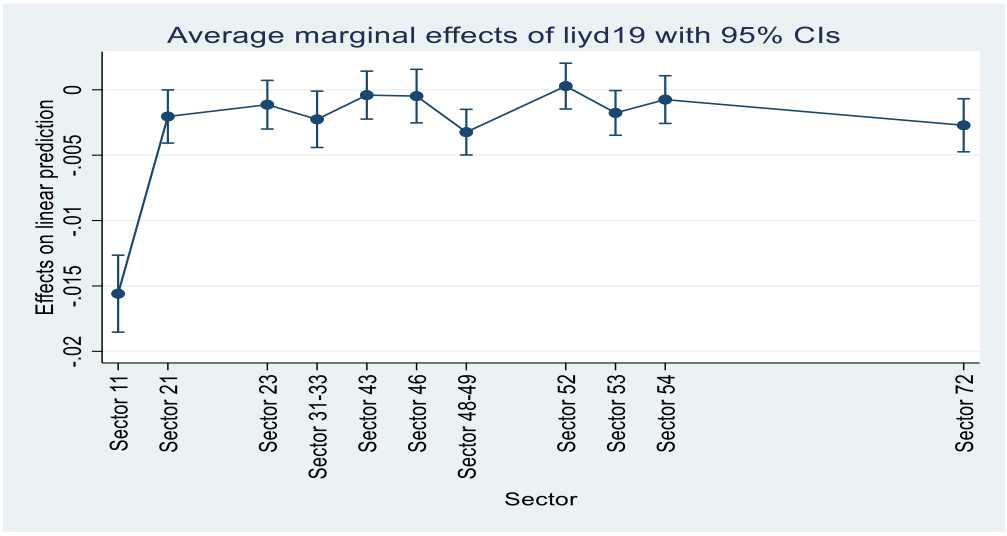
Ya que este estudio provee una metodología distinta y utiliza datos recientes (a diferencia de los estudios previos), se abre la posibilidad de indagar más al respecto con cifras más actualizadas y, por lo tanto, más certeros al momento de tener información que ayude a la toma de decisiones en materia de política ambiental.

⁵ Sector 11: Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza (solo Pesca y Acuicultura). Sector 21: Minería Sector 22: Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final. Sector 23: Construcción. Sector 31-33: Industrias manufactureras. Sector 43: Comercio al por mayor. Sector 46: Comercio al por menor. Sector 48-49: Transportes, correos y almacenamiento. Sector 51: Información en medios masivos. Sector 52: Servicios financieros y de seguros. Sector 53: Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles. Sector 54: Servicios profesionales, científicos y técnicos. Sector 55: Corporativos. Sector 56: Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos, y servicios de remediación. Sector 61: Servicios educativos. Sector 62: Servicios de salud y de asistencia social. Sector 71: Servicios de esparcimiento cultural y deportivo, y otros servicios recreativos. Sector 72: Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas. Sector 81: Otros servicios excepto actividades gubernamentales

Gráfica 6.3. Efecto marginal: Regulación ambiental por sector de actividad económica. México: 2019



Gráfica 6.4. Efecto marginal: investigación y desarrollo por sector de actividad económica. México: 2019



Los resultados se ajustan a lo previamente encontrado por otros autores: donde a un nivel más alto de desagregación (países, por ejemplo) la hipótesis de Porter tiende a cumplirse, pero en escenarios con una desagregación más alta aparece un efecto adverso mayormente.

Por ejemplo, Cohen & Tubb (2018), en su metaanálisis que, a nivel de firma o industria, mencionan que el 54% de los estudios encontraron un efecto negativo; mientras que a nivel regional, estatal o de país el porcentaje fue de 43% (tomando en cuenta resultados significativos y no significativos).

Cuando analizaron solo resultados significativos, los porcentajes cambian: a nivel de firma o industria, el 27% de los resultados es positivo y el 27% negativo; a nivel regional o de país, el 28% son positivos y solo el 12% negativos.

Con ello se puede ver la semejanza que existe en los resultados de nuestro análisis con otros tantos que se han llevado a cabo. Lo que corrobora el efecto que tiene el nivel de desagregación.

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES

El análisis se hizo a dos niveles: global y sectorial para México (en ambos controlando la endogeneidad a través de modelos con variables instrumentales). En el caso global, se obtuvieron resultados que soportan la hipótesis de Porter; mientras que para México los resultados fueron favorables solo en el año 2019.

Tal y como se especuló en la hipótesis, México muestra un comportamiento distinto al efecto promedio encontrado para los países de la OCDE, y aunque sí hay heterogeneidad entre los sectores económicos, el efecto es negativo en su mayoría.

El análisis global mostró una consistencia en los resultados, pero en el análisis por sectores para México las cosas fueron distintas: para ambos años (2014 y 2019) los cuatro modelos utilizados fueron inconsistentes, esto probablemente sea causa de los datos pues fueron bastante limitados a diferencia de la información disponible a nivel de países.

En términos de política ambiental, no obstante, la limitación manifiesta en los datos, sobre todo a nivel de sectores para el caso mexicano, este documento da evidencia de que la implementación de leyes, normas y regulaciones más estrictas no siempre dañan la competitividad de los países, por lo cual debería ser más fácil la toma de decisiones para los hacedores de la política ambiental. Si bien los resultados muestran una fotografía de algunos países, pero es indispensable analizar cada caso en particular, como se hizo en este estudio, pues dependiendo de las características y el contexto de cada nación, los resultados pueden ser distintos.

REFERENCIAS

1. Aigner, D., Lovell, C.A. & Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6 (1), pp. 21-37. DOI: [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(77\)90052-5](https://doi.org/10.1016/0304-4076(77)90052-5)
2. Albrizio, S., Botta, E., Kozluk, T. & Zipperer, V. (2014). Do Environmental Policies Matter for Productivity Growth?: Insights from New Cross-Country Measures of Environmental Policies. *OECD Economics Department Working Papers*, No 1176. DOI: <https://doi.org/10.1787/5jxrjncjrcxp-en>
3. Albrizio, S., Kozluk, T. & Zipperer, V. (2016). Environmental policies and productivity growth: evidence across industries and firms. *Journal of Environmental Economics and Management*, 81, pp. 209-226. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2016.06.002>
4. Alpay, E., Buccola, S. & Kerkvliet, J. (2002). Productivity Growth and Environmental Regulation in Mexican and U.S. Food Manufacturing. *American journal of Agricultural Economics*, 84 (4), pp. 887-901. DOI: <https://doi.org/10.1111/1467-8276.00041>
5. Ambec, S., Cohen, M., 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). DOI: <https://doi.org/10.1093/reep/res016>
6. Antonelli, C. (2017). *Endogenous Innovation. The Economics of an Emergent System Property*. Massachusetts: Edward Elgar Publishing.
7. Arboleda, M. (2010). El postestructuralismo como punto de intersección entre medio ambiente y sociedad. *Civilizar*, 10 (19), pp. 15-22. DOI: <https://doi.org/10.22518/16578953.47>
8. Arnold, F. (1999). *Environmental protection: is it bad for the economy?* Disponible en: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2017-12/documents/ee-0422.pdf> [Consultado 12-04-2022]
9. Battese, G. & Coelli, T. (1988). Prediction of firm-level technical efficiencies with a generalized frontier production function and panel data. *Journal of Econometrics*, 38 (3), pp. 387-399. DOI: [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(88\)90053-X](https://doi.org/10.1016/0304-4076(88)90053-X)
10. Benson, D. & Jordan, A. (2015). Environmental Policy: Protection and Regulation. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, 7, pp. 778-783. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097086-8.91014-6>
11. Botta, E. & T. Kozluk (2014). "Measuring Environmental Policy Stringency in OECD Countries: A Composite Index Approach". *OECD Economics Department Working Papers*, 1177. DOI: <https://doi.org/10.1787/5jxrjnc45gvg-en>
12. Brunel, C. & Levinson, A. (2013). Measuring Environmental. Regulatory Stringency. *OECD Trade and Environment Working Papers*, No. 2013/05. DOI: <https://doi.org/10.1787/5k41t69f6f6d-en>
13. Carro, R. & González, D. (2012). *Productividad y competitividad*. Mar del Plata: Universidad Nacional de Mar de Plata: Facultad de Ciencias Económicas y Sociales.

Disponible en: http://nulan.mdp.edu.ar/1607/1/02_productividad_competitividad.pdf
[Consultado 20-11-2021]

14. Carson, R. (1962). *Silent Spring*. Boston: Houghton Mifflin Company.
15. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria (2018). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales - SEMARNAT*. Disponible en: http://www.cedrssa.gob.mx/post_secretaria_de_medio_ambiente_y_recursos_naturales_-_n-semarnat-n.htm#home [Consultado 22-11-2021]
16. Cho, D-S. & Moon, H-C. (2000). *From Adam Smith to Michael Porter. Evolution of competitiveness theory*. Singapore: World Scientific Publishing Co. Re. Ltd.
17. Coelli, T., Rao, P., O'Donnell, C. & Battese, G. (2005). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis (Second Edition)*. New York: Springer Science+Business Media, Inc.
18. Cohen, M. & Tubb, A. (2015). The Impact of Environmental Regulation on Firm and Country Competitiveness: A Meta-Analysis of the Porter Hypothesis. *SSRN Electronic Journal*. DOI: 10.2139/ssrn.2692919.
19. Davies, A. (2020). "Aging and Migration". En: Kobayashi, A. *International Encyclopedia of Human Geography (Second Edition)*. Amsterdam, Cambridge: Elsevier, pp. 73-77.
20. Devall, A. & Drengson, B. (2010). The Deep Ecology Movement: Origins, Development & Future Prospects. *The Trumpeter*, 26 (2), pp. 48-69.
21. Dosi, G. (2014). Dinámica y coordinación económica. Algunos elementos para un paradigma alternativo "evolucionista". En: Barletta, F., Robert, V. & Yoguel, G. *Tópicos de la teoría evolucionista neoschumpeteriana de la innovación y el cambio tecnológico (vol. 1)*. Buenos Aires: Miño y Dávila Editores y Universidad Nacional de General Sarmiento.
22. Drengson, A. (1995). *The Deep Ecology Movement: An Introductory Anthology (Io Series)*. Canada: North Atlantic Books.
23. Feng, G., McLaren, K., Yang, O., Zhang, X. & Zhao, X. (2021). The impact of environmental policy stringency on industrial productivity growth: A semi-parametric study of OECD countries. *Energy Economics*, Volume 100. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105320>
24. Fiorino, D. (2006). *The New Environmental Regulation*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
25. Fürstenberg, K. (2016). Evolutionary institutionalism. New perspectives. *Politics and the Life Sciences*, 35, pp. 48-60. DOI: <https://doi.org/10.1017/pls.2016.8>
26. Garsous, G. & Kozluk, T. (2017). Foreign Direct Investment and The Pollution Haven Hypothesis: Evidence from Listed Firms. *OECD Economics Department Working Papers*, No. 1379. DOI: <https://doi.org/10.1787/1e8c0031-en>

27. Gibson-Graham, J. (2002). Intervenciones posestructurales. *Revista Colombiana de Antropología*, 38, pp. 261-286. DOI: <https://doi.org/10.22380/2539472X.1264>
28. Gray, W. (2015). Environmental regulations and business decisions. *IZA World of Labor*, pp. 187-187. DOI: 10.15185/izawol.187
29. Hackenbruck, S. (2006). *How Environmental Regulations Affect Productivity of U.S. and Mexican Primary Iron & Steel and Aluminum Industries*. Master's. Oregon State University. Disponible en: https://ir.library.oregonstate.edu/concern/graduate_thesis_or_dissertations/vx021j38d [Consultado 03-02-2022]
30. Hall, B. (2011). Innovation and productivity. *Nordic Economic Policy Review*, Number 2/2011, pp. 168-195. Disponible en: https://eml.berkeley.edu/~bhhall/papers/BHH11_Innovation_Productivity_NEPR.pdf [Consultado 25-11-2021]
31. Haveman, H. & David, R. (2007). "Ecologists and Institutionalists: Friends or Foes?". En: Greenwood, R., Oliver, C., Sahlin, K., & Suddaby, R. *The SAGE Handbook of Organizational Institutionalism*. Vienna: Sage Publications Ltd, pp. 571-593
32. He, W., Tan, L., John, Z. & Zhang, H. (2020). Property rights protection, environmental regulation and corporate financial performance: Revisiting the Porter Hypothesis. *Journal of Cleaner Production*, 264. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121615>
33. Hodgson, G. (2001). El enfoque de la economía institucional. *REVISTA ANÁLISIS ECONÓMICO*, XVI (núm. 33), pp. 3-41. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/413/41303301.pdf> [Consultado 14-03-2022]
34. IBM (2021). Quantile Regression. Disponible en: <https://www.ibm.com/docs/en/spss-statistics/27.0.0?topic=regression-quantile> [Consultado 25-06-2022]
35. Javeed, S., Latief, R. & Lefen, L. (2020). An analysis of relationship between environmental regulations and firm performance with moderating effects of product market competition: Empirical evidence from Pakistan. *Journal of Cleaner Production*, 254. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120197>
36. Kleinknecht, A., Van Montfort, K. & Brouwer, E. (2002). The Non-Trivial Choice Between Innovation Indicators. *Economics of Innovation and New Technology*, 11(2), pp. 109-121. DOI: <https://doi.org/10.1080/10438590210899>
37. Kumbhakar S., Wang, H. and A. P. Horncastle, A. (2015). *A Practitioner's Guide to Stochastic Frontier Analysis using Stata*. Cambridge UK: Cambridge University Press. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139342070>
38. Lovell, C.A. & Schmidt, P. (1977). Estimating technical and allocative inefficiency relative to stochastic production and cost frontiers. *Journal of Econometrics*, 9 (3), pp. 343-366. DOI: [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(79\)90078-2](https://doi.org/10.1016/0304-4076(79)90078-2)
39. Martínez-Zarzoso, I., Bengochea-Morancho, A. & Morales-Lage, R. (2019). Does environmental policy stringency foster innovation and productivity in OECD countries? *Energy Policy*, 134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110982>

40. Meeusen, W. & van den Broeck, J. (1977). Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error. *International Economic Review*, 18 (2), pp. 435-444. DOI: <https://doi.org/10.2307/2525757>
41. Meyer, J., Frank, D., Hironaka, A., Schofer, E. & Tuma, N. (1997). The Structuring of a World Environmental Regime, 1870-1990. *International Organization*, [51 \(4\)](#), pp. 623-651. DOI: <https://doi.org/10.1162/002081897550474>
42. Mulgan, G. (2016). *Good and bad innovation: what kind of theory and practice do we need to distinguish them?* Disponible en: https://media.nesta.org.uk/documents/good_and_bad_innovation_by_geoff_mulgan.pdf [Consultado 19-02-2022]
43. Nie, X., Wu, J., Chen, Z., Zhang, A. & Wang, H. (2021). Can environmental regulation stimulate the regional Porter effect? Double test from quasi-experiment and dynamic panel data models. *Journal of Cleaner Production*, 314. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128027>
44. Organisation for Economic Co-operation and Development (2001). *Measuring Productivity. OECD Manual. Measurement of aggregate and industry-level productivity growth*. Paris: OECD. DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264194519-en>
45. Organisation for Economic Co-operation and Development (2015). *México, Políticas prioritarias para fomentar las habilidades y conocimientos de los mexicanos para la productividad y la innovación*. Disponible en: <https://www.oecd.org/mexico/mexico-politicas-prioritarias-para-fomentar-las-habilidades-y-conocimientos-de-los-Mexicanos.pdf> [Consultado 08-10-2021]
46. Ortúzar, F. (2020). *El Derecho Internacional Ambiental, historia e hitos*. Disponible en: <https://aida-americas.org/es/blog/el-derecho-internacional-ambiental-historia-e-hitos> [Consultado 15-10-2021]
47. Porter, M. & van der Linde, C. (1995). Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *The Journal of Economic Perspectives*, 9 (4), pp. 97-118. DOI: 10.1257/jep.9.4.97
48. Porter, M. (1990). The Competitive Advantage of Nations. *Harvard Business Review*. 68 (2), pp. 73-93. DOI: 10.1007/978-1-137-28787-8_72
49. Porter, M. (1991). Essay: America's green strategy. *Scientific American*, 264 (4). DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/scientificamerican0491-168>
50. Powell, D. (2014). *Did the Economic Stimulus Payments of 2008 Reduce Labor Supply? Evidence from Quantile Panel Data Estimation*. Santa Monica, CA: RAND Corporation. DOI: <https://doi.org/10.7249/WR710-3>
51. Rubashkina, Y., Galeotti, M. & Verdolini, E. (2015). Environmental regulation and competitiveness: Empirical evidence on the Porter Hypothesis from European manufacturing sectors. *Energy Policy*, 83, pp. 288-300. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.02.014>

52. Sánchez-Medina, P., Díaz-Pichardo, R., Bautista-Cruz, A. & Toledo-López, A. (2013). Environmental Compliance and Economic and Environmental Performance: Evidence from Handicrafts Small Businesses in Mexico. *Journal of Business Ethics*, 126, pp. 381-393. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10551-013-1945-2>
53. Sanchez-Vargas, A., Mansilla-Sanchez, R. & Aguilar-Ibarra, A. (2013). An Empirical Analysis of the Nonlinear Relationship Between Environmental Regulation and Manufacturing Productivity. *Journal of Applied Economics*, 16(2), pp. 357-372. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1514-0326\(13\)60015-X](https://doi.org/10.1016/S1514-0326(13)60015-X)
54. Sanderson, S. (1997). Evolutionism and its Critics. *Journal of World-Systems Research*, 3(1). DOI: <https://doi.org/10.5195/jwsr.1997.120>
55. Santis, R., Esposito, P. & Lasinio, C. (2021). Environmental regulation and productivity growth: Main policy challenges policy challenges. *International Economics*, 165, pp. 264-277. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.inteco.2021.01.002>
56. Schmidt, P. & Lovell, K. (1979). ESTIMATING TECHNICAL AND ALLOCATIVE INEFFICIENCY RELATIVE TO STOCHASTIC PRODUCTION AND COST FRONTIERS. *Journal of Econometrics*, 9(3), pp. 343-366. DOI: [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(79\)90078-2](https://doi.org/10.1016/0304-4076(79)90078-2)
57. Schumpeter, J. (1947). The Creative Response in Economic History. *The Journal of Economic History*, 7(2), pp. 149-159. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0022050700054279>
58. Smith, K. (2009). *The Oxford Handbook of Innovation*. New York: Oxford University Press. DOI: <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199286805.001.0001>
59. Swiss Re Institute (2021). *The economics of climate change: no action not an option*. Zurich: Swiss Re Management Ltd. Disponible en; <https://www.swissre.com/dam/jcr:e73ee7c3-7f83-4c17-a2b8-8ef23a8d3312/swiss-re-institute-expertise-publication-economics-of-climate-change.pdf> [Consultado 07-10-2021]
60. Wooldridge, J. (2010). *Introducción a la econometría. Un enfoque moderno*. México, D.F.: Cengage Learning Edito res, S.A. de C.V.
61. World Economic Forum & Schwab, K. (2017). *The Global Competitiveness Report 2017–2018*. Disponible en: <https://www3.weforum.org/docs/GCR2017-2018/05FullReport/TheGlobalCompetitivenessReport2017%E2%80%932018.pdf>
62. Wu, R. & Lin, B. (2022). Environmental regulation and its influence on energy-environmental performance: Evidence on the Porter Hypothesis from China's iron and steel industry. *Resources, Conservation and Recycling*, 176. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105954>
63. Zhang, Y., Li, X. & Song, Y. (2021). Can green industrial policy improve total factor productivity? Firm-level evidence from China. *Structural Change and Economic Dynamics*, 59, pp. 51-62. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2021.08.005>

ANEXOS

ANEXO 1

Análisis Estocástico de Frontera (SFA)

Aigner, Lovell and Schmidt (1977) y Meeusen y van den Broeck (1977), fueron los primeros en proponer el error compuesto; es decir un error a causa de la ineficiencia y un error a causa de la aleatoriedad. Luego en 1979, este nuevo concepto fue desarrollado aún más y se consideró la dualidad entre la función de producción y las funciones de costos. Estos modelos hasta entonces se hacían en dos etapas: primero se hacía la estimación del modelo de frontera de producción, luego se estimaba el nivel de eficiencia. En 1988, Battese y Coelli, propusieron un método de una sola etapa.

El modelo de frontera estocástica (SFA), parte de una función de producción, pero a diferencia del análisis determinístico en donde solo se considera el error correspondiente a la ineficiencia, el enfoque estocástico incorpora un error compuesto por un error debido a la ineficiencia técnica y un error aleatorio (u y v). Generalmente, este modelo se escribe como:

$$\ln q_i = \mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta} + v_i - u_i$$

El error debido a la ineficiencia (u_i) es una variable no negativa, mientras que v_i puede tomar cualquier valor. \mathbf{x}_i es un vector de insumos.

La eficiencia técnica se puede calcular por medio de la siguiente expresión:

$$TE_i = \frac{q_i}{\exp(\mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta} + v_i)} = \frac{\exp(\mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta} + v_i - u_i)}{\exp(\mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta} + v_i)} = \exp(-u)$$

Para el análisis del caso mexicano se utilizó este modelo para estimar la eficiencia técnica de cada sector de actividad económica, el cual sirvió como variable proxy de la variable dependiente. El modelo empírico aplicado es el siguiente.

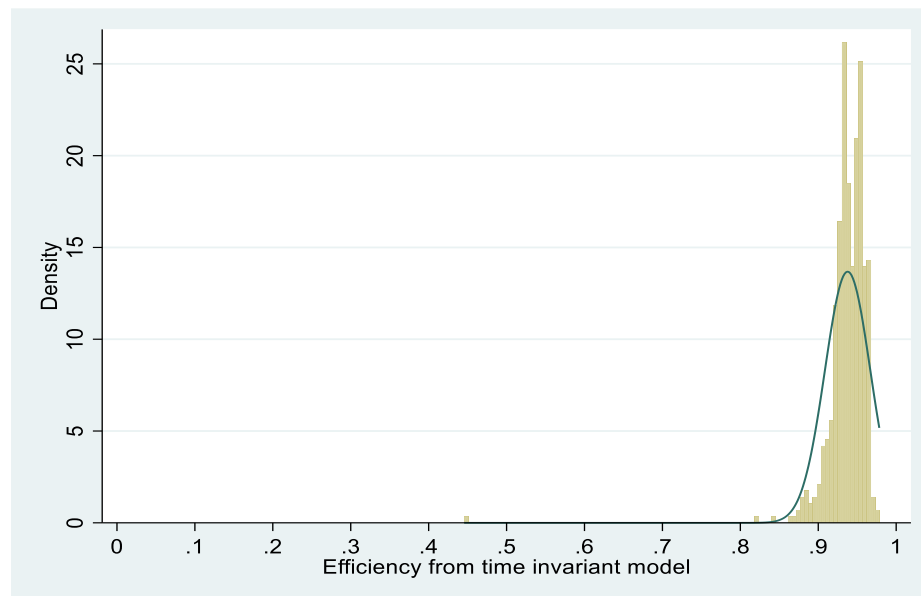
$$\ln p_i = \mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta} + v_i - u_i$$
$$TE_i = \frac{p_i}{\exp(\mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta} + v_i)} = \frac{\exp(\mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta} + v_i - u_i)}{\exp(\mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta} + v_i)} = \exp(-u)$$

Donde, la variable p_i es el valor bruto de la producción para el sector i , \mathbf{x}_i' es el vector de insumos compuesto por: capital (acervo de capital), trabajo (remuneraciones) y el consumo intermedio (demanda intermedia). TE_i es la eficiencia técnica estimada.

Al final, el resultado del modelo, utilizando la aproximación de Batisse-Coelli (1992) que usa una función de máxima verosimilitud y descompone a la función de producción de manera simultánea (en una etapa), proporciona el output:

Eficiencia técnica (2019)				
	Percentiles	Smallest		
1%	0.876536	0.445287		
5%	0.902404	0.818742		
10%	0.913849	0.84448	Obs	538
25%	0.928878	0.866312	Sum of Wgt.	538
50%	0.939868		Mean	0.93769
		Largest	Std. Dev.	0.02916
75%	0.953252	0.972011		
90%	0.961096	0.972031	Variance	0.00085
95%	0.964224	0.978264	Skewness	-9.34563
99%	0.967995	0.978351	Kurtosis	153.0854

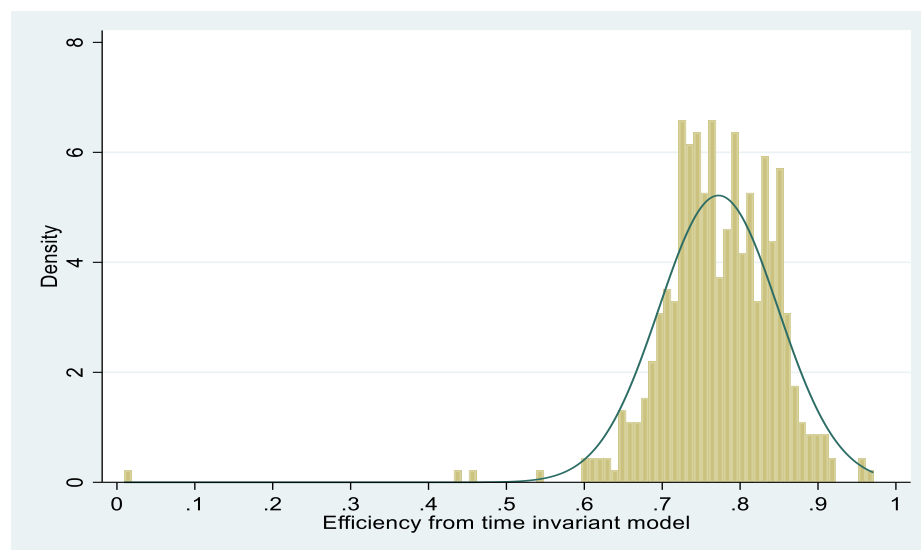
Proxi de Productividad: Eficiencia técnica (2019)



Eficiencia técnica (2014)				
	Percentiles	Smallest		
1%	0.567116	0.0101101		
5%	0.66551	0.432963		
10%	0.694065	0.4621088	Obs	506
25%	0.730313	0.5293757	Sum of Wgt.	506
50%	0.773358		Mean	0.772686
		Largest	Std. Dev.	0.076891
75%	0.824214	0.9298317		
90%	0.855285	0.9506614	Variance	0.005912
95%	0.875482	0.9596123	Skewness	-2.26968
99%	0.921472	0.9706516	Kurtosis	22.24602

Donde se puede observar que la eficiencia aumentó del año 2014 al 2019. Al final, este resultado permitió obtener un proxi de productividad de cada sector analizado.

Proxi de Productividad: Eficiencia técnica (2014)



ANEXO 2

Formulación del índice de regulación ambiental para México

Para construir este índice de rigurosidad ambiental a nivel sectorial de México se utilizaron catorce variables de extraídas de los censos económicos 2014 y 2019: de las variables con relación al cuidado del medio ambiente

a) *número de empresas que sí cumplieron con norma ambiental y, número de empresas que no cumplieron con norma ambiental;*

b) *número de empresas que sí contaron con personal en actividades de protección al medio ambiente y, número de empresas que no contaron con personal en actividades de protección al medio ambiente;*

c) *número de empresas que sí utilizaron materiales reciclados y, número de empresas que no utilizaron materiales reciclados;*

d) *número de empresas que sí separaron residuos y desechos y, número de empresas que no separaron residuos y desechos;*

e) *número de empresas que sí efectuaron gastos en protección ambiental y, número de empresas que no efectuaron gastos en protección ambiental;*

f) *número de empresas que sí efectuaron inversión en protección ambiental y; número de empresas que no efectuaron inversión en protección ambiental;*

g) *número de empresas que sí aplicaron algún tratamiento a las aguas residuales generadas en la actividad y, número de empresas que no aplicaron algún tratamiento a las aguas residuales generadas en la actividad.*

Se generó la variable que representan el porcentaje de cumplimiento de la pregunta i (esto de acuerdo con las preguntas del módulo de medio ambiente de los censos 2014 y 2019 del INEGI): por ejemplo, para el inciso a), se tomó el número de empresas que sí cumplieron con norma ambiental y se dividió entre la suma de empresas que sí cumplieron con norma ambiental más el número de empresas que no cumplieron con norma ambiental (total de empresas para la pregunta del módulo). Esto puede verse como:

$$PC_i = \left(\frac{S_i}{S_i + N_i} \right) * 100$$

Donde PC_i es el porcentaje de cumplimiento para la pregunta i, S_i es el número de empresas que sí cumplieron con la pregunta i y N_i el número de empresas que no cumplieron.

Para generar el índice, se suman los porcentajes de cumplimiento y se obtiene el índice de regulación ambiental para México:

$$EPS_{Mex} = \sum_i^n PC_i$$

ANEXO 3

Formulación del índice de I + D para México (2014)

Dado que para el censo de 2014 solo se contaba con los datos a nivel sectorial (y no por entidad federativa), se asumió la misma proporción de gasto por estado tomando como referencia el año 2019 (prorrrateo). Primero, utilizando los datos del censo 2019, se obtuvo la proporción del gasto correspondiente de cada estado en cada sector. Luego, se asumió que esta proporción es igual para el 2014: el gasto en I + D para cada sector se multiplicó por la proporción de cada uno de los treinta y dos estados y así se estimaron los valores deseados.

Para ilustrar lo anterior, por ejemplo, para el sector 11 en tres estados (Aguascalientes, Coahuila y Nuevo León). Del año 2019 se obtiene la proporción de cada uno de los tres estados que conforman al sector. Así, en el año 2014, donde no se cuenta con los datos a nivel estado, se utiliza la proporción obtenida en el 2019 y se para obtiene los datos estimados.

Sector 11 (Año 2019)			Sector 11 (Año 2014)		
Estado	Gasto en I + D	Proporción	Gasto en I + D	Proporción	Gasto en I + D (estimado)
Total del sector	100		80		
Aguascalientes	40	40%	-	40%	$80*0.40=32$
Coahuila	40	40%	-	40%	$80*0.40=32$
Nuevo León	20	20%	-	20%	$80*.020=16$

Ver los resultados que se presentan en la siguiente Cuadro

	Nacional	Sector 21	Sector 22	Sector 23	Sector 31-33	Sector 43	Sector 46	Sector 48-49	Sector 51	Sector 52	Sector 53	Sector 54	Sector 55	Sector 56	Sector 61	Sector 62	Sector 71	Sector 72	Sector 81	Media	
	58.214.671	234.085	199.104	133.087	32.388.786	3.193.596	4.436.805	880.936	5.314.984	7.423.072	223.757	1.091.115	1.353.904	722.086	302.074	115.496	14.288	128.721	58.775	3.234.148	
00 Nal	Participación	0.40%	0.34%	0.23%	55.64%	5.49%	7.62%	1.51%	9.13%	12.75%	0.38%	1.87%	2.33%	1.24%	0.52%	0.20%	0.02%	0.22%	0.10%		
01 Aqs	632.473	2.543	2.163	1.446	351.888	34.697	48.204	9.571	57.745	80.648	2.431	11.854	14.709	7.845	3.282	1.255	155	1.398	639	632.473	
02 BC	1.164.834	4.694	3.984	2.663	648.076	63.902	88.777	17.627	106.349	148.530	4.477	21.832	27.091	14.448	6.044	2.311	286	2.576	1.176	1.164.834	
03 BCS	1.352.208	0.23%	544	462	309	75.225	7.417	10.305	2.046	12.344	17.241	520	2.534	3.145	1.677	702	268	33	299	135.208	
04 Cam	82.593	0.14%	332	282	189	45.952	4.531	6.295	1.250	10.532	317	1.548	1.921	1.024	429	164	20	183	83	82.593	
05 Coa	1.885.612	3.24%	7.582	6.449	4.311	1.049.094	103.443	143.711	28.534	172.156	240.438	7.248	35.342	43.854	23.389	9.784	3.741	463	4.169	1.904	
06 Col	80.230	0.14%	323	274	183	44.637	4.401	6.115	1.214	10.230	308	1.504	1.866	995	416	159	20	177	81	80.230	
07 Cns	226.299	0.39%	910	774	517	125.906	12.415	17.247	3.424	20.661	28.856	870	4.242	2.807	1.174	449	56	500	228	226.299	
08 Chi	1.297.405	2.23%	5.217	4.437	2.966	721.835	71.174	98.881	19.633	118.453	165.435	4.987	24.317	30.174	16.093	6.732	2.574	318	2.869	1.310	
09 CMK	19.021.254	32.67%	76.486	65.056	43.485	10.582.819	1.043.486	1.449.696	287.840	1.736.635	2.425.439	73.111	356.515	442.379	235.937	98.701	37.738	4.669	42.059	19.204	
10 Dgo	304.183	0.52%	1.223	1.040	695	169.238	16.687	23.183	4.603	27.772	38.787	1.169	5.701	7.074	3.773	1.578	603	75	673	304.183	
11 Gto	3.129.088	5.38%	12.582	10.702	7.153	1.740.914	171.657	238.481	47.351	285.683	398.994	12.027	58.648	72.773	38.812	16.237	6.208	768	6.919	3.159	
12 Gto	372.682	0.64%	1.498	1.275	852	207.337	20.444	28.402	5.639	34.024	47.519	1.432	6.985	8.667	4.622	1.934	739	91	824	372.682	
13 Hgo	448.713	0.77%	1.804	1.335	1.026	249.650	24.616	34.198	6.790	40.967	57.216	1.725	8.410	10.436	5.566	2.228	890	110	992	448.713	
14 Jal	4.772.301	8.20%	19.190	16.322	10.910	2.655.156	261.803	363.719	72.217	435.710	608.526	18.343	89.447	110.990	59.195	24.763	9.468	1.171	10.552	4.818	
15 Mex	6.926.290	11.90%	27.851	23.689	15.834	3.853.567	379.689	527.884	104.812	632.368	883.185	26.632	129.819	161.085	85.913	35.940	13.742	1.700	15.315	6.993	
16 Mic	615.183	1.06%	2.474	2.104	1.406	342.288	33.448	46.886	9.309	56.166	78.443	2.365	11.530	14.307	7.631	3.192	1.221	151	1.360	621	
17 Mor	627.134	1.08%	2.522	2.145	1.434	348.917	34.404	47.797	9.490	57.257	79.967	2.410	11.754	14.585	7.779	3.254	1.244	154	1.387	633	
18 Nay	118.856	0.20%	478	407	272	66.128	6.220	9.059	1.799	10.852	15.156	457	2.228	2.764	1.474	617	236	29	263	120	
19 Nin	5.144.617	8.84%	20.687	17.595	11.761	2.862.301	282.228	392.095	77.851	469.702	656.001	19.774	96.425	119.649	63.813	26.695	10.207	1.263	11.375	5.194	
20 Oax	104.188	0.18%	419	356	238	57.956	5.715	7.939	1.576	9.511	13.283	400	1.952	2.423	1.292	541	207	26	230	105	
21 Pue	2.147.346	3.69%	8.635	7.344	4.909	1.194.715	117.801	163.659	32.495	196.052	273.812	8.254	40.248	49.941	26.635	11.143	4.260	527	4.748	2.168	
22 Qro	1.999.515	3.43%	8.040	6.839	4.571	1.112.466	109.691	152.392	30.258	182.555	254.962	7.685	37.477	46.503	24.802	10.375	3.967	491	4.421	2.019	
23 Qru	184.087	0.32%	740	630	421	102.420	10.099	14.030	2.786	16.807	23.473	708	3.450	4.281	2.283	955	365	45	407	186	
24 SLP	1.458.540	2.51%	5.865	4.988	3.334	811.485	80.014	111.162	22.071	133.164	185.981	5.606	27.337	33.921	18.092	7.568	2.894	358	3.225	1.473	
25 Sin	336.860	0.58%	1.355	1.152	770	187.418	18.480	25.674	5.098	30.755	42.954	6.314	7.834	4.178	1.748	668	83	745	340	336.860	
26 Son	1.736.360	2.98%	6.982	5.939	3.970	966.055	95.255	132.336	26.276	158.529	221.407	6.674	32.545	40.383	21.538	9.010	3.445	426	3.839	1.733	
27 Tab	148.062	0.25%	595	506	338	82.377	8.223	11.284	2.241	13.518	18.880	569	2.775	3.443	1.837	768	294	36	327	148.062	
28 Tam	627.219	1.08%	2.522	2.145	1.434	348.965	34.409	47.803	9.491	57.265	79.978	2.411	11.756	14.587	7.780	3.255	1.244	154	1.387	633	
29 Tla	454.358	0.78%	1.827	1.554	1.039	252.790	24.926	34.629	6.876	41.483	57.936	1.746	8.516	10.567	5.636	2.358	901	112	1.005	454.358	
30 Ver	1.419.699	2.44%	5.709	4.856	3.246	789.875	77.883	108.202	21.484	129.618	181.029	5.457	26.609	33.018	17.610	7.367	2.817	348	3.139	1.433	
31 Yuc	418.021	0.72%	1.681	1.430	956	232.574	22.932	31.859	6.326	38.165	53.303	1.607	7.835	9.722	5.185	2.169	829	103	924	418.021	
32 Zac	195.521	0.34%	786	669	447	108.782	10.726	14.902	2.959	17.851	24.931	752	3.665	4.547	2.425	1.015	388	48	432	195.521	
Promedio	1.819.208		234.085	199.104	133.087	32.388.786	3.193.596	4.436.805	880.936	5.314.984	7.423.072	223.757	1.091.115	1.353.904	722.086	302.074	115.496	14.288	128.721	58.775	
		0.4021%	0.3420%	0.2286%	55.6588%	5.4859%	7.6215%	1.5133%	9.1300%	12.7512%	0.3844%	1.8745%	2.2357%	1.2404%	0.5189%	0.1984%	0.0245%	0.2211%	0.1000%		
																				58.214.671	
																					58.214.671
																					100%

ANEXO 5

Salidas (resultados) de los modelos econométricos del software Stata

Resultados globales 1990-2019

```

. *** Model (2) TFP against DEPS and DRD_INT
. xtreg tfp_growth_100 deps drd_int trend, re

Random-effects GLS regression           Number of obs   =       541
Group variable: country2                Number of groups =        28

R-squared:                               Obs per group:
  Within = 0.0193                         min =           1
  Between = 0.3890                        avg =          19.3
  Overall = 0.0177                         max =           25

corr(u_i, X) = 0 (assumed)                Wald chi2(3)    =         9.55
                                           Prob > chi2     =         0.0228

-----+-----
tfp_grow~100 | Coefficient  Std. err.      z    P>|z|    [95% conf. interval]
-----+-----
      deps |   1.189391   .5255112     2.26  0.024   .1594081   2.219374
     drd_int |  -.3989751   1.713568    -0.23  0.816  -3.757507   2.959557
      trend |   .0453214   .0223412     2.03  0.042   .0015335   .0891092
       _cons |  -.7303874   .3580029    -2.04  0.041  -1.43206   -.0287147

-----+-----
      sigma_u |   .45234001
      sigma_e |   3.4066134
         rho |   .01732582   (fraction of variance due to u_i)
-----+-----

```

```

. *** Model (3) TFP against DEPS and DRD_INT with interaction
. xtreg tfp_growth_100 deps drd_int deps_drd_int trend, re

Random-effects GLS regression           Number of obs   =       541
Group variable: country2                Number of groups =        28

R-squared:                               Obs per group:
  Within = 0.0194                         min =           1
  Between = 0.3942                        avg =          19.3
  Overall = 0.0177                         max =           25

corr(u_i, X) = 0 (assumed)                Wald chi2(4)    =         9.58
                                           Prob > chi2     =         0.0481

-----+-----
tfp_grow~100 | Coefficient  Std. err.      z    P>|z|    [95% conf. interval]
-----+-----
      deps |   1.199449   .5693728     2.11  0.035   .0834984   2.315399
     drd_int |  -.3563124   1.754557    -0.20  0.839  -3.79518   3.082556
  deps_drd_int | -.3363278   5.276972    -0.06  0.949  -10.679   10.00635
      trend |   .0459046   .0223916     2.05  0.040   .0020179   .0897913
       _cons |  -.7406837   .354135     -2.09  0.036  -1.434776  -.0465919

-----+-----
      sigma_u |   .35003013
      sigma_e |   3.4092268
         rho |   .01043146   (fraction of variance due to u_i)
-----+-----

```

```

. *** Model (4) TFP against DEPS and DRD_INT with interaction and instruments and 1 lag
. quietly xtivreg tfp_growth_100 deps deps_drd_int (drd_int = deps $x1var_L1) trend, re

. estimates store eq_re

. xtivreg tfp_growth_100 deps deps_drd_int (drd_int = deps $x1var_L1) trend, fe

Fixed-effects (within) IV regression          Number of obs   =       396
Group variable: country2                    Number of groups =        26

R-squared:                                  Obs per group:
  Within   = 0.0264                          min       =         1
  Between  = 0.3834                          avg       =       15.2
  Overall  = 0.0209                          max       =        23

corr(u_i, Xb) = -0.0410                      Wald chi2(4)    =       10.48
                                              Prob > chi2     =       0.0627

-----+-----
tfp_grow~100 | Coefficient  Std. err.      z    P>|z|    [95% conf. interval]
-----+-----
   drd_int |   .6194279   7.873977     0.08  0.937   -14.81328   16.05214
     deps |   1.258072   .5674064     2.22  0.027    .1459756   2.370168
deps_drd_int | -.8123891   7.080332    -0.11  0.909   -14.68958   13.06481
     trend |   .0637271   .029892     2.13  0.033    .0051399   .1223142
       _cons | -1.228418   .5174673    -2.37  0.018   -2.242635  -.2142008
-----+-----
   sigma_u | 1.8174279
   sigma_e | 3.0644589
       rho | .26020612   (fraction of variance due to u_i)
-----+-----
F test that all u_i=0: F(25,366) =      2.06          Prob > F      = 0.0024
-----+-----

```

```

. *** Model (5) TFP against DEPS and DRD_INT with INSTRUMENTS AND 1 using QREGPD
. qregpd tfp_growth_100 deps drd_int deps_drd_int trend, id(country2) fix(year) optimize(mcmc)

Quantile Regression for Panel Data (QRPD)
Number of obs:          541
Number of groups:      28
Min obs per group:     1
Max obs per group:     25

-----+-----
tfp_grow~100 | Coefficient  Std. err.      z    P>|z|    [95% conf. interval]
-----+-----
     deps |   .8801594   .0018616   472.81  0.000    .8765108   .8838079
   drd_int | -2.986747   .0059828  -499.22  0.000   -2.998473  -2.975021
deps_drd_int |  9.558314   .0654392   146.06  0.000    9.430055   9.686573
     trend |   .039419   .0001346   292.76  0.000    .0391551   .0396829
-----+-----

Excluded instruments: educ_L1 lh_gdp_L1 industry_share_L1 hhi_L1 financial_develop_L1 k_account
> _openness_L1 primary_balance_gdp_L1 trade_openness_L1 emp_pl_L1

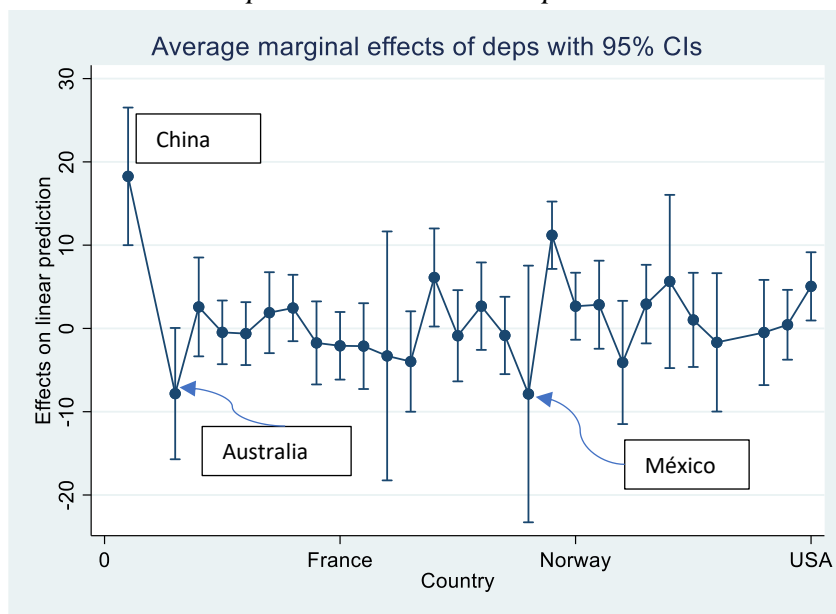
```

**Efectos marginales en el modelo neoclásico, especificación de panel con efectos aleatorios
(Modelo 3):**

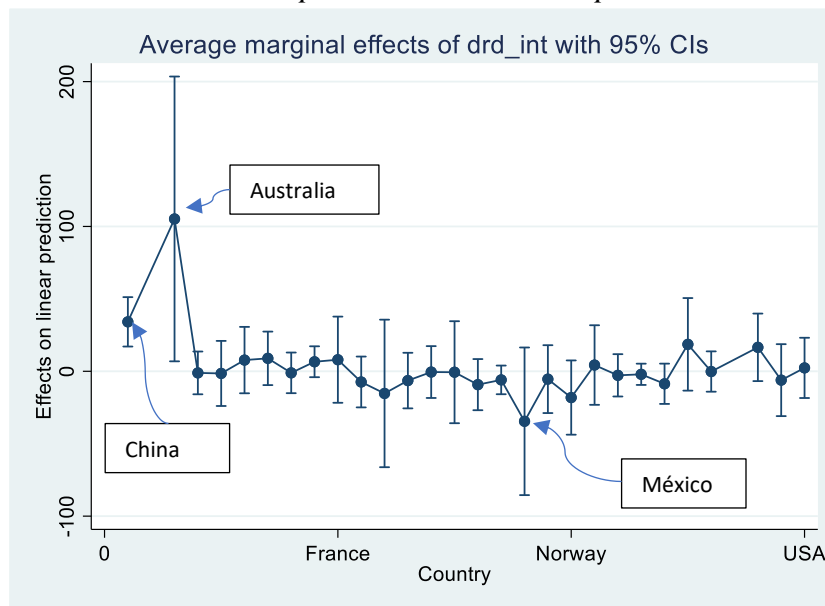
Efectos del cambio (diferencias de un año a otro) en la rigurosidad ambiental (deps) y en la investigación y desarrollo (drd_int) sobre la productividad de cada país enlistado.

	deps	Delta-method		drd_int	Delta-method	
	dy/dx	std. err.	P>z	dy/dx	std. err.	P>z
China	18.260	4.215	0.000	34.148	8.701	0.000
Australia	-7.827	4.022	0.052	105.190	50.160	0.036
Austria	2.582	3.028	0.394	-1.106	7.533	0.883
Belgium	-0.469	1.951	0.810	-1.481	11.463	0.897
Canada	-0.621	1.927	0.747	7.749	11.692	0.507
Czech_R	1.893	2.479	0.445	8.941	9.418	0.342
Denmark	2.456	2.034	0.227	-1.076	7.155	0.880
Finland	-1.738	2.544	0.494	6.586	5.441	0.226
France	-2.085	2.070	0.314	8.007	15.177	0.598
Germany	-2.122	2.628	0.419	-7.375	8.954	0.410
Greece	-3.299	7.626	0.665	-15.283	25.981	0.556
Hungary	-3.971	3.076	0.197	-6.409	9.788	0.513
Ireland	6.117	3.004	0.042	-0.514	9.131	0.955
Italy	-0.878	2.795	0.753	-0.639	17.962	0.972
Japan	2.673	2.679	0.318	-9.217	9.008	0.306
Korea	-0.845	2.369	0.721	-5.933	5.050	0.240
Mexico	-7.869	7.863	0.317	-34.528	26.001	0.184
Netherlands	11.191	2.063	0.000	-5.404	11.956	0.651
Norway	2.665	2.053	0.194	-18.126	13.076	0.166
Poland	2.846	2.697	0.291	4.316	14.015	0.758
Portugal	-4.085	3.775	0.279	-2.793	7.453	0.708
Slovak Repu	2.921	2.407	0.225	-2.081	3.745	0.578
Slovenia	5.639	5.306	0.288	-8.618	7.096	0.225
Spain	1.025	2.885	0.722	18.604	16.303	0.254
Sweden	-1.672	4.239	0.693	-0.160	7.107	0.982
Turkey	-0.487	3.223	0.880	16.539	11.893	0.164
UK	0.439	2.139	0.837	-6.100	12.673	0.630
USA	5.052	2.092	0.016	2.357	10.613	0.824
	0.993	3.185	0.405	3.057	12.662	0.516
	18.260	7.863	0.880	105.190	50.160	0.982
	-7.869	1.927	0.000	-34.528	3.745	0.000
	5.2976	1.529	0.281	23.5613	9.084	0.31

Efectos del cambio (diferencias de un año a otro) en la rigurosidad ambiental (deps) sobre la productividad de cada país.



Efectos del cambio (diferencias de un año a otro) en la investigación y desarrollo (drd_int) sobre la productividad de cada país.



Resultados para México 2014, 2019

```
. ** Model (2_2014) Cambio en Productividad Vs Regulacion Ambiental e Innovacion
. xtreg lProduct14 liyd14 lRegAmb14, re
```

```
Random-effects GLS regression           Number of obs   =       87
Group variable: sector2                 Number of groups =        3

R-squared:                               Obs per group:
  Within = 0.0198                         min =          23
  Between = 0.9992                        avg =          29.0
  Overall = 0.0104                        max =          32

corr(u_i, X) = 0 (assumed)                Wald chi2(2)    =       0.88
                                           Prob > chi2     =     0.6424
```

lProduct14	Coefficient	Std. err.	z	P> z	[95% conf. interval]	
liyd14	-.023263	.0255395	-0.91	0.362	-.0733195	.0267935
lRegAmb14	.0887782	.1094033	0.81	0.417	-.1256483	.3032046
_cons	-.3553224	.2212641	-1.61	0.108	-.7889921	.0783473
sigma_u	0					
sigma_e	.4770592					
rho	0	(fraction of variance due to u_i)				

```
. ** Model (3_2014) Cambio en Productividad Vs Regulacion Ambiental e Innovacion e interaction
. xtreg lProduct14 liyd14 lRegAmb14 lRegAmb_iyd14, re
```

```
Random-effects GLS regression           Number of obs   =       87
Group variable: sector2                 Number of groups =        3

R-squared:                               Obs per group:
  Within = 0.0426                         min =          23
  Between = 0.3661                        avg =          29.0
  Overall = 0.0392                        max =          32

corr(u_i, X) = 0 (assumed)                Wald chi2(3)    =       3.38
                                           Prob > chi2     =     0.3362
```

lProduct14	Coefficient	Std. err.	z	P> z	[95% conf. interval]	
liyd14	.1214991	.095296	1.27	0.202	-.0652776	.3082759
lRegAmb14	.6903896	.3969091	1.74	0.082	-.0875379	1.468317
lRegAmb_iyd14	-1.472275	.9343618	-1.58	0.115	-3.303591	.3590401
_cons	1.299961	1.073159	1.21	0.226	-.8033925	3.403315
sigma_u	0					
sigma_e	.47805016					
rho	0	(fraction of variance due to u_i)				

```

. ** Model (4_2014) Cambio en Productividad Vs Regulacion Ambiental e Innovacion e interaccion
> con controles
. xtivreg lProduct14 lRegAmb14 lRegAmb_iyd14 (liyd14 = lRegAmb14 $x1var_Ln14), re

G2SLS random-effects IV regression          Number of obs   =       34
Group variable: sector2                    Number of groups =        2

R-squared:                                Obs per group:
  Within = 0.1258                          min =           9
  Between = 1.0000                         avg =          17.0
  Overall = 0.2939                         max =           25

Wald chi2(3) =       11.49
corr(u_i, X) = 0 (assumed)                Prob > chi2     =       0.0094

-----+-----
lProduct14 | Coefficient Std. err.   z   P>|z|   [95% conf. interval]
-----+-----
liyd14 | -.0544237   .0296668  -1.83  0.067   -.1125696   .0037222
lRegAmb14 | -.2039485   .1284587  -1.59  0.112   -.4557229   .0478259
lRegAmb_iyd14 | .6197003   .3167302   1.96  0.050   -.0010795   1.24048
_cons | -1.22504    .401813   -3.05  0.002   -2.012579   -.4375013
-----+-----
sigma_u |           0
sigma_e | .05470423
rho |           0 (fraction of variance due to u_i)
-----+-----

Instrumented: liyd14
Instruments: lRegAmb14 lRegAmb_iyd14 lnumper14 llhrs14 lgastoamb14 linvamb14
             lpptratagua14 lsetratagua14 ljyltratagua14 ldesctratagua14

```

```

.
. *** Model (5_2014) Productividad Vs Regulacion Ambiental e Innovacion con MCMC method e inst
> rumentos con QREGPD
. qregpd lProduct14 lRegAmb14 liyd14 lRegAmb_iyd14, id(sector2) fix(num_edo) optimize(mcmc) no
Quantile Regression for Panel Data (QRPD)
Number of obs:           87
Number of groups:        3
Min obs per group:      23
Max obs per group:      32

-----+-----
lProduct14 | Coefficient Std. err.   z   P>|z|   [95% conf. interval]
-----+-----
lRegAmb14 | -.0669867   .0002879 -232.67  0.000   -.067551   -.0664224
liyd14 | -.0328235   .000066  -497.49  0.000   -.0329528   -.0326942
lRegAmb_iyd14 | .268739    .0006653  403.94  0.000   .267435    .2700429
-----+-----

Excluded instruments: lnumper14 llhrs14 lgastoamb14 linvamb14 lpptratagua14 lsetratagua14 ljyl
> tratagua14 ldesctratagua14

```

```

. ** Model (2_2019) Productividad Vs Regulacion Ambiental e Innovacion
. xtreg lProduct19 liyd19 lRegAmb19, re

Random-effects GLS regression           Number of obs   =   448
Group variable: sector2                 Number of groups =   15

R-squared:                               Obs per group:
  Within = 0.0121                         min =          22
  Between = 0.1984                         avg =          29.9
  Overall = 0.0451                         max =          32

corr(u_i, X) = 0 (assumed)                Wald chi2(2)    =    4.41
                                           Prob > chi2     =    0.1100

-----+-----
lProduct19 | Coefficient  Std. err.      z    P>|z|    [95% conf. interval]
-----+-----
    liyd19 |   -.0003915   .0001863    -2.10  0.036    - .0007567   - .0000263
    lRegAmb19 |   .0005404   .0013099     0.41  0.680    - .002027   .0031079
      _cons |   -.0597467   .0047286   -12.64  0.000    - .0690145  - .0504788
-----+-----
    sigma_u |   .01327612
    sigma_e |   .00819929
      rho   |   .72388959   (fraction of variance due to u_i)
-----+-----

```

```

. ** Model (3_2019) Productividad Vs Regulacion Ambiental e Innovacion e interaction
. xtreg lProduct19 liyd19 lRegAmb19 lRegAmb_iyd19, re

Random-effects GLS regression           Number of obs   =   447
Group variable: sector2                 Number of groups =   15

R-squared:                               Obs per group:
  Within = 0.0145                         min =          22
  Between = 0.2047                         avg =          29.8
  Overall = 0.0209                         max =          32

corr(u_i, X) = 0 (assumed)                Wald chi2(3)    =    5.72
                                           Prob > chi2     =    0.1259

-----+-----
lProduct19 | Coefficient  Std. err.      z    P>|z|    [95% conf. interval]
-----+-----
    liyd19 |   .000236    .0005464     0.43  0.666    - .0008348   .0013069
    lRegAmb19 |   .0025682   .0021227     1.21  0.226    - .0015921   .0067286
lRegAmb_iyd19 |  -.0042989   .0035255    -1.22  0.223    - .0112088   .002611
      _cons |  -.0574575   .0051717   -11.11  0.000    - .0675939  - .0473211
-----+-----
    sigma_u |   .01374648
    sigma_e |   .00820582
      rho   |   .73728003   (fraction of variance due to u_i)
-----+-----

```

```

. ** Model (4_2019) Productividad Vs Regulacion Ambiental e Innovacion e interaccion con instr
> umentos
. gen numestado = num_edo

. xtivreg lProduct19 lRegAmb19 lRegAmb_iyd19 (liyd19 = lRegAmb19 $x1var_Ln19), re

G2SLS random-effects IV regression          Number of obs   =          94
Group variable: sector2                     Number of groups =           9

R-squared:                                  Obs per group:
  Within = 0.0456                            min =           1
  Between = 0.0133                            avg =          10.4
  Overall = 0.0424                            max =           28

corr(u_i, X) = 0 (assumed)                  Wald chi2(3)    =           6.78
                                           Prob > chi2    =          0.0792

-----+-----
lProduct19 | Coefficient  Std. err.      z    P>|z|    [95% conf. interval]
-----+-----
      liyd19 |   -.0046507   .0076383    -0.61  0.543    -.0196216   .0103202
      lRegAmb19 |   -.0114166   .0304685    -0.37  0.708    -.0711337   .0483005
lRegAmb_iyd19 |    .0410554   .0859755     0.48  0.633    -.1274535   .2095643
      _cons   |   -.1161889   .1236658    -0.94  0.347    -.3585694   .1261916
-----+-----
      sigma_u |    .02021817
      sigma_e |    .00534067
      rho     |    .93477482   (fraction of variance due to u_i)
-----+-----

Instrumented: liyd19
Instruments: lRegAmb19 lRegAmb_iyd19 lnumper19 llhrs19 lgastoamb19 linvamb19
             lpptratagua19 lsetratagua19 ljyltratagua19 ldesctratagua19

```

```

. *** Model (5_2019) Productividad Vs Regulacion Ambiental e Innovacion con MCMC method e inst
> rumentos con QREGPD
. qregpd lProduct19 lRegAmb19 liyd19 lRegAmb_iyd19, id(sector2) fix(num_edo) optimize(mcmc) no
> isy draws(5000) burn(1000) arate(.5) instruments( $x1var_Ln19)

Quantile Regression for Panel Data (QRPD)
Number of obs:          447
Number of groups:       15
Min obs per group:      22
Max obs per group:      32

-----+-----
lProduct19 | Coefficient  Std. err.      z    P>|z|    [95% conf. interval]
-----+-----
      lRegAmb19 |    .0073433   .0010592     6.93  0.000     .0052674   .0094193
      liyd19   |    .0071966   .0002437    29.53  0.000     .006719   .0076742
lRegAmb_iyd19 |   -.0396689   .0025896   -15.32  0.000    -.0447445  -.0345933
-----+-----

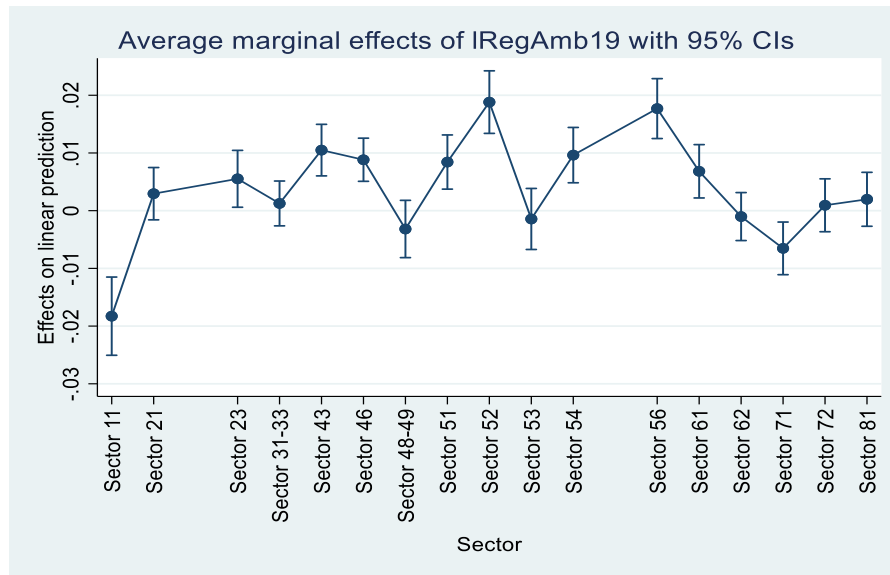
Excluded instruments: lnumper19 llhrs19 lgastoamb19 linvamb19 lpptratagua19 lsetratagua19 ljyl
> tratagua19 ldesctratagua19

```

*Efectos marginales en el modelo neoclásico, especificación de panel con efectos aleatorios
(Modelo 3): 2019*

	IRegAmb19	Delta-method		liy19	Delta-method	
	dy/dx	std. err.	P>z	dy/dx	std. err.	P>z
Sector 11	-0.018	0.003	0.000	-0.006	0.001	0.000
Sector 21	0.003	0.002	0.203	-0.001	0.001	0.143
Sector 23	0.006	0.003	0.028	0.000	0.001	0.746
Sector 31-33	0.001	0.002	0.528	-0.001	0.001	0.088
Sector 43	0.010	0.002	0.000	0.001	0.001	0.138
Sector 46	0.009	0.002	0.000	0.001	0.001	0.151
Sector 48-49	-0.003	0.003	0.210	-0.002	0.001	0.002
Sector 51	0.008	0.002	0.000	0.001	0.001	0.410
Sector 52	0.019	0.003	0.000	0.002	0.001	0.008
Sector 53	-0.001	0.003	0.594	-0.002	0.001	0.010
Sector 54	0.010	0.002	0.000	0.001	0.001	0.270
Sector 56	0.018	0.003	0.000	0.002	0.001	0.002
Sector 61	0.007	0.002	0.004	0.000	0.001	0.666
Sector 62	-0.001	0.002	0.630	-0.002	0.001	0.001
Sector 71	-0.007	0.002	0.005	-0.004	0.001	0.000
Sector 72	0.001	0.002	0.689	-0.001	0.001	0.041
Sector 81	0.002	0.002	0.409	-0.001	0.001	0.120
media	0.004	0.002	0.194	-0.001	0.001	0.164
max	0.019	0.003	0.689	0.002	0.001	0.746
min	-0.018	0.002	0.000	-0.006	0.001	0.000
StdDev	-0.018	0.002	0.000	-0.006	0.001	0.000

Efectos de la rigurosidad ambiental (IRegAmb19) sobre la productividad de cada Sector de actividad económica de México: 2019.



Efectos de la investigación y desarrollo (liy19) sobre la productividad de cada Sector de actividad económica de México: 2019.

