

Análisis de la relación de los instrumentos de gestión ambiental y la eficiencia: Un estudio para las empresas peruanas

Código:	PBA1AN16-612
Categoría:	Proyecto Breve
Ámbito:	Nacional
Área de estudio:	A1 Gestión de recursos naturales y crecimiento económico
Tema:	16 Estándares ambientales y productividad empresarial

1. Introducción

En un contexto en el que se le da mayor importancia al crecimiento económico que a la preservación de los ecosistemas naturales (NEC 2011), los instrumentos de gestión ambiental se perfilan como una forma de intervención regulatoria necesaria para una mejor convivencia con la naturaleza, explotación de recursos naturales y manejo de residuos. De hecho, el Banco Mundial (2017) reconoce a la gestión ambiental estratégica como un factor clave en las políticas, planes y programas para el desarrollo sostenible

El Perú, al igual que muchos otros países en el mundo¹ exige a las empresas el cumplimiento de instrumentos de gestión ambiental. Estos pueden ser de dos tipos: preventivos y correctivos. Por un lado, los instrumentos de gestión ambiental preventivos se presentan ex-ante la realización de un proyecto, facilitan el manejo de la contaminación identificando si se cumple con los estándares medioambientales y previene los posibles impactos negativos que tendrían (Banco Mundial 2017). Según la magnitud del impacto ambiental, la empresa debe presentar un DIA (declaración de impacto ambiental), un EIA (estudio de impacto ambiental) semi desarrollado o un EIA desarrollado. Por otro lado, los instrumentos de gestión ambiental correctivos se realizan ex-post y “contiene acciones, políticas e inversiones necesarias para reducir y controlar la generación de residuos, prevenir la contaminación ambiental y cumplir con los patrones ambientales establecidos por el sector” (MINAM y SPDA 2016). Según la magnitud del impacto ambiental, la empresa debe presentar un PAMA (programa de adecuación y manejo ambiental) o un DAAC (declaración ambiental para actividades en curso). Es importante aclarar que la empresa no puede llevar a cabo la realización de su proyecto hasta la aprobación del instrumento de gestión ambiental preventivo, asimismo, si la empresa ya cumplió con la presentación del instrumento de gestión ambiental que le corresponde no implica necesariamente que deba presentar luego un instrumento de gestión ambiental correctivo.

Sin duda, si la política regulatoria ambiental está bien diseñada y fiscalizada, el seguimiento de estos instrumentos ambientales traería beneficios para la sociedad con la reducción de la contaminación ambiental y la preservación de los ecosistemas naturales². Sin embargo, se suele asociar las medidas regulatorias de protección del medioambiente con costos adicionales que erosionan la competitividad de la empresa. Por ejemplo, Gollop y Robert (1983) encuentran que la regulación ambiental frenó el crecimiento de la productividad de las empresas de electricidad en Estados Unidos. Asimismo, estudios como Smith y Sims (1985), Kozluk y Zipperer (2014) y Cohen y Tubb (2016) encuentran que las regulaciones medioambientales influyen negativamente en la productividad de la empresa, por ende, en su competitividad, Entonces sería importante preguntarnos si le conviene a las empresas cumplir con los instrumentos de gestión ambiental ¿Es rentable? ¿Existe algún(os) beneficio(s) privado(s) para las empresas que más que compense los costos de seguir dichos instrumentos ambientales?

Respecto a lo anterior, según Porter (1991) y Porter y van der Linde (1995), una política regulatoria medioambiental bien diseñada puede impulsar la innovación en las empresas

¹ Estados Unidos fue el primer país en el mundo en introducir la gestión ambiental como parte del Acto Nacional de Política Ambiental (NEPA, por sus siglas en inglés) en 1969.

² Es importante mencionar que, si bien los costos y beneficios sociales de la adopción de los instrumentos de gestión ambiental son importantes, en este estudio, solo se considerarán los costos y beneficios privados (de la empresa), ya que el objetivo de este estudio es analizar, desde la perspectiva de la empresa, si adoptar instrumentos de gestión ambiental podría beneficiarlas en términos de eficiencia.

y mejorar la eficiencia en sus procesos de producción que podrían compensar el costo de cumplir con dichas regulaciones. Esta proposición es más conocida como la hipótesis de Porter (HP) y se basa en que la contaminación que producen las empresas es una señal de ineficiencia económica. Es decir, que hay una utilización incompleta e ineficiente de los recursos. En este sentido, reducir la contaminación de las empresas mejoraría el uso de los recursos y, por ende, las empresas serían más eficientes y productivas. Sin embargo, la evidencia empírica recogida en la literatura es inconclusa sobre la validez de la HP³ (Ambec et al. 2013, Cohen y Tubb 2015)⁴. Entonces, sería importante para el diseño de una correcta regulación medioambiental ver el impacto que esta tiene sobre el desempeño de las empresas.

Además, para la correcta elaboración de una política regulatoria no se puede ignorar que los hombres y mujeres que lideran no tienen las mismas características ni responden de la misma manera (MIMP 2012). Por ello se ha identificado dos grandes canales en los que la presencia de mujeres en una empresa que ha adoptado instrumentos de gestión ambiental podría tener un impacto diferenciado.

En primer lugar, hay estudios que señalan que las mujeres podrían tener una posición distinta a la de los hombres respecto al cuidado del medioambiente (Agarwal 2013, Braun 2010, Galia et al. 2014, Jackson y Pearson 2005, Steger y Witt 1989). Incluso, autores como Jackson y Pearson (2005) señalan que las mujeres son usualmente el vehículo apropiado para tomar medidas sobre el cuidado del medioambiente. Asimismo, hay autores como Faccio et al. (2016) que sostienen que las empresas dirigidas por mayoritariamente por mujeres son más aversas al riesgo que las dirigidas por mayoría masculina. En este sentido, Hawkes et al. (1984) y Steger et al. (1987) concluyen que las mujeres tienden más a percibir mayores riesgos en salud y contaminación ambiental.

Es importante aclarar que esta relación entre las mujeres y el medio ambiente no se da por la condición biológica de ser mujer, es decir, las mujeres no son mejores tomadoras de decisiones en materia de gestión ambiental porque su condición biológica de ser mujer las acerque más al medio ambiente en comparación con los hombres. En este sentido, Agarwal (2009, 2010) sugiere que una gestión ambiental exitosa se debe a la participación activa de las mujeres en las decisiones claves para cumplir las normas de conservación ambiental. Por ejemplo, ejerciendo mecanismos de control ambiental, difundiendo información sobre las reglas forestales, trabajan la ética de conservación medioambiental desde la niñez con una visión de largo plazo.

En segundo lugar, otro impacto diferenciado debido a la presencia de mujeres en las empresas que siguen los instrumentos de gestión ambiental es en la eficiencia de las empresas. Por ejemplo, estudios como los de Carter et al. (2003), Erhardt et al. (2003), Smith et al. (2006), Christiansen et al. (2016), Flabbi et al. (2016) y Sato y Ando (2016) indican que la presencia de mujeres en altos cargos de las empresas tienden a tener un impacto positivo en el desempeño de la empresa, en términos de productividad y beneficios. Por su parte, Akulava (2015), Davis et al. (2010) y Faccio et al. (2016) indican que las mujeres en puestos directivos de las empresas serían más propensas a aplicar innovaciones en comparación a empresas conducidas por hombres y que, incluso,

³ En los anexos se presenta un breve cuadro de resumen de literatura que lista investigaciones empíricas aplicadas a la eficiencia y variables similares con resultados que son consistentes con la HP, que contradicen la HP y otros que son concluyentes. Lamentablemente, para el resumen no se ha encontrado literatura aplicada para el Perú

⁴ Ver anexos para mayor detalle sobre la revisión a la literatura respecto a la validez empírica de la HP.

pueden tener un mejor desempeño dirigiendo las empresas. Toda esta literatura que sugiere que con una mayor representación femenina en los más altos puestos de las empresas tendría importantes implicancias económicas. Sin embargo, en relación con la HP, si las empresas deciden innovar para adaptarse a las regulaciones medioambientales, ¿se mantendrán estos impactos positivos en las empresas con una mayor presencia de mujeres en altos cargos en el desempeño de las mismas? Al respecto, hay diversas opiniones sobre los canales por los que una mayor presencia de mujeres en altos cargos de las empresas que innovan para adecuarse a las regulaciones medioambientales tendría un impacto positivo en el desempeño de la empresa. Por ejemplo, Daunfeldt (2012) señalan que este efecto se debe a que una mayor igualdad en el número de hombres y mujeres en los altos cargos puede mejorar el entendimiento de los mercados, aumentar la creatividad e innovación, mejorar el proceso de toma de decisiones y mejorar la imagen de la firma.

Por lo tanto, el objetivo general de este estudio es evaluar empíricamente la HP con datos correspondientes a empresas peruanas. Es decir, si la regulación ambiental (en este caso, el cumplimiento de los instrumentos de gestión ambiental) afecta positivamente su productividad. Asimismo, de cumplirse la HP para el caso peruano, el objetivo específico, estrechamente ligado al objetivo general, es verificar, condicionado a que las empresas cumplan con los instrumentos de gestión ambiental, si dicho impacto positivo en la eficiencia es mayor cuanto mayor sea el número de mujeres que ocupen altos cargos en las empresas.

Para lo anterior se utilizará una metodología de frontera estocástica utilizando datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), específicamente, de la nueva Encuesta Nacional de Empresas (ENE) 2015, realizada en el marco del Plan Nacional de Diversificación Productiva (PRODUCE 2014b) y de la Encuesta Económica Anual (EEA) del 2014 y 2015. Aquí, una de las mayores dificultades que se tuvo en la realización de este estudio fue la disponibilidad de data. Por ello, se tuvo que utilizar *proxies* a las variables de regulación ambiental y productividad que fueron la tenencia de instrumentos de gestión ambiental y eficiencia, respectivamente.

Los resultados sugieren que. (i) contar con instrumentos de gestión ambiental aumentan la eficiencia en producción de las empresas, por lo que se estaría probando empíricamente el cumplimiento de la HP; que (ii) la presencia de mujeres en puestos de alta dirección de la empresa también impacta de manera positiva sobre la eficiencia en producción de las empresas, finalmente, que (iii) contar con instrumentos de gestión ambiental potencia el impacto que tiene la presencia de mujeres sobre la eficiencia en producción de las empresas.

Este estudio es relevante para entender el impacto de las políticas regulatorias medioambientales, como los instrumentos de gestión ambiental, en el desempeño de las empresas. Si bien, dichos instrumentos tienen como meta la atenuación de las externalidades negativas debido a la contaminación emitida por la empresa, su adopción puede verse desincentivada porque, desde la perspectiva privada, los costos en los que deben incurrir para cumplirlos no son al menos compensados por los beneficios. En ese sentido, este estudio, probando la HP, busca generar evidencia empírica de que esto no necesariamente es así, con lo que se podría promover la adopción de instrumentos de gestión ambiental como herramienta de promoción de la eficiencia y la productividad de las empresas.

Asimismo, es importante tomar en cuenta el efecto diferenciado positivo que tiene la presencia de mujeres en los altos cargos de las empresas que han adoptado instrumentos de gestión ambiental, puesto que una política pública puede no lograr su objetivo si es que no considera esta diferencia. De esta manera, este estudio también busca generar evidencia con respecto al impacto que tienen las mujeres en la dirección de las empresas sobre la eficiencia y su interacción con la variable medioambiental, con el fin de poder luego generar políticas que sean correctamente focalizadas.

Hasta donde se tiene conocimiento, no se ha realizado alguna investigación similar que aborde tanto el objetivo general como el específico aplicado a las empresas de Perú. Este es un estudio que intenta dar los primeros pasos en la rama de investigación que vincula a las empresas y el medioambiente en el Perú. Además, este sería el primero en medir la relación entre la eficiencia y presencia de mujeres en los altos cargos de las empresas que adoptan instrumentos de gestión ambiental aplicada para Perú. Por último, este trabajo contribuiría a la difusión de la recientemente publicada Empresa Nacional de Empresas y a la promoción de su uso.

El trabajo está organizado en siete secciones. En la sección 2 se introducen los conceptos a usar en el marco teórico. Luego, en la sección 3 se presenta la metodología. Luego, en la sección 4 se presentan la base de datos y las variables a usar, mientras que en la sección 5 se muestran los resultados de las estimaciones. Se termina el estudio con unas breves recomendaciones de política, en la sección 6, y con las conclusiones, en la sección 7.

2. Marco teórico

2.1. Hipótesis de Porter

La hipótesis de Porter (HP) sostiene que una regulación ambiental bien diseñada incentiva a la innovación empresarial mejorando la eficiencia y, por ende, la competitividad de la empresa. Porter y van der Linde (1995) sugieren que la contaminación surge del uso ineficiente de los recursos por parte de las empresas, con lo cual una empresa no llega a alcanzar su máxima producción posible y que la regulación ambiental puede ayudar a las firmas a identificar usos ineficientes y costosos de recursos.

2.2. Mecanismos de transmisión de la hipótesis de Porter

Ambec y Lanoie (2008) y Ambec et al (2013) explican cómo es que las empresas pueden reducir sus impactos ambientales sin afectar su desempeño económico implementando una gran estrategia de innovación. Los estudios señalan que las políticas estatales que se centren en promover el cumplimiento de regulaciones ambientales en las empresas también podrían servir como políticas de impulso a la productividad y eficiencia empresariales. Entonces, una regulación ambiental bien diseñada puede incentivar a las empresas a innovar lo que tendría dos impactos en las empresas que se refuerzan mutuamente: aumentar los ingresos y reducir los costos.

- i. Por un lado las empresas aumentan sus ingresos por tres vías: Mejor acceso a ciertos mercados. Tener un mejor desempeño ambiental puede mejorar la imagen y prestigio de la compañía. Asimismo, hay políticas de compras de

- empresas privadas o del gobierno que favorecen a las compañías amigables con el ambiente.
- ii. Diferenciación de productos. Las empresas pueden diferenciarse usando “tecnología verde” que les permitirá explotar nuevos nichos en segmentos específicos.
 - iii. Vender tecnología para controlar la contaminación. En la búsqueda de cumplir con las regulaciones, ciertas empresas investigan y desarrollan tecnologías que a la vez optimizan sus procesos. Estas empresas pueden gozar de la ventaja del “*first mover*” y podría realizar lobby con el gobierno para hacer más estrictos los requerimientos de las regulaciones⁵.

Por otro lado, la innovación incentivada por la regulación ambiental lleva también a la mejora en la eficiencia del uso de los recursos escasos y, en consecuencia, se reducen los costos de:

- i. Manejo del riesgo y relaciones con actores externos como gobierno, grupos ecológicos, media, entre otros. Se reducen costos de litigios y potenciales costos de multas (Lankoski 2006). Asimismo anticipa y reduce el riesgo de pasar por futuras regulaciones
- ii. Costo de materiales, energía y servicio. Como se mencionó líneas arriba, la contaminación para Porter y van der Linde (1995) proviene del uso ineficiente de los recursos. Porter (1991), sugiere que la regulación ambiental, además de presionar a la innovación, señala las ineficiencias en el uso de los recursos y las posibles mejoras tecnológicas.
- iii. Costo de capital. Mejorar el desempeño ambiental puede estar asociado con menores costos de financiamiento.

En adición, se debe tomar en cuenta que la realización de una buena política regulatoria debe contemplar las diferentes características y respuestas de los hombres y las mujeres ante diversas situaciones (MIMP 2012). Por ello se ha identificado dos grandes canales en los que la presencia de mujeres en una empresa que ha adoptado instrumentos de gestión ambiental podrían tener un impacto diferenciado. En primer lugar, hay estudios que señalan que las mujeres podrían tener una posición distinta a la de los hombres respecto al cuidado del medioambiente (Agarwal 2013, Braun 2010, Galia et al. 2014, Jackson y Pearson 2005, Steger y Witt 1989). Incluso, autores como Jackson y Pearson (2005) señalan que las mujeres son usualmente el vehículo apropiado para tomar medidas sobre el cuidado del medioambiente. Asimismo, hay autores como Faccio et al. (2016) que sostienen que las empresas dirigidas por mayoritariamente por mujeres son más aversas al riesgo que las dirigidas por mayoría masculina. En este sentido, Hawkes et al. (1984) y Steger et al. (1987) concluyen que las mujeres tienden más a percibir mayores riesgos en salud y contaminación ambiental.

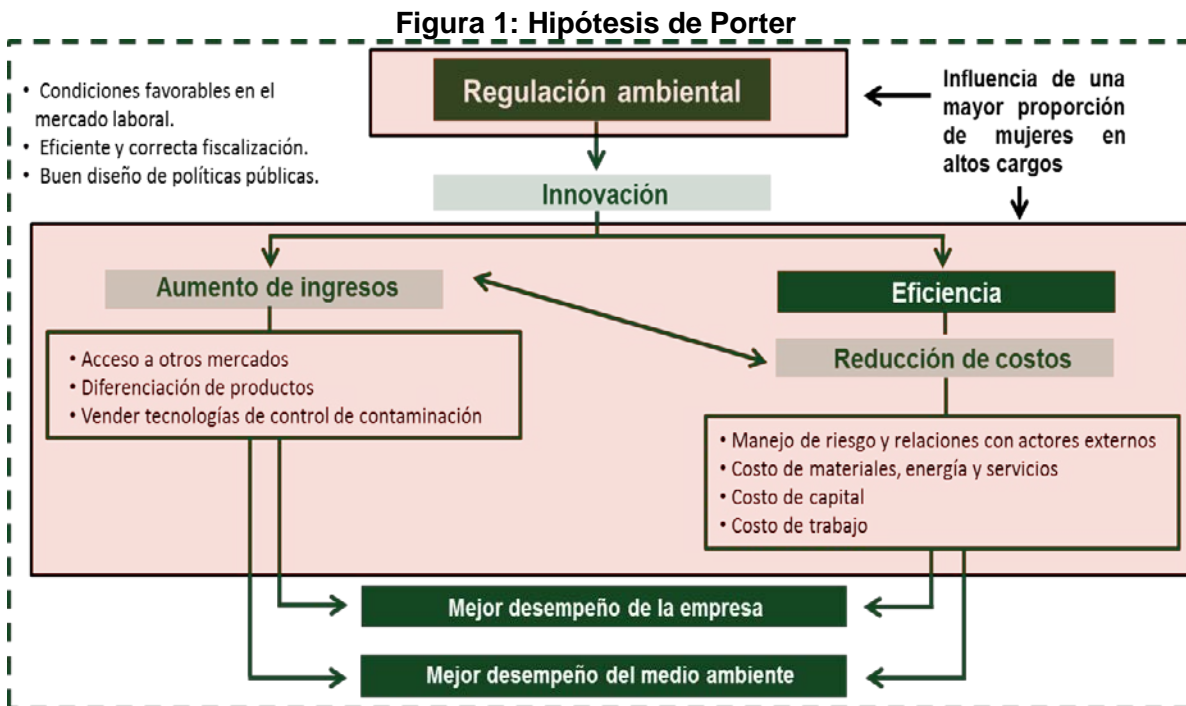
En segundo lugar, otro impacto diferenciado debido a la presencia de mujeres en las empresas que siguen los instrumentos de gestión ambiental es en la eficiencia de las empresas. Por ejemplo, estudios como los de Carter et al. (2003), Erhardt et al. (2003), Smith et al. (2006), Flabbi et al. (2016) y Sato y Ando (2016) indican que la presencia de mujeres en altos cargos de las empresas tienden a tener un impacto positivo en el

⁵ La empresa que innova podría realizar algún lobby con el gobierno para endurecer las políticas regulatorias y así beneficiarse por el gasto en el que incurrió en dicha innovación teniendo cierta ventaja sobre las otras empresas del mismo rubro.

desempeño de la empresa, en términos de productividad y beneficios. Por su parte, Akulava (2015), Davis et al. (2010) y Faccio et al. (2016) indican que las mujeres en puestos directivos de las empresas serían más propensas a aplicar innovaciones en comparación a empresas conducidas por hombres y que, incluso, pueden tener un mejor desempeño dirigiendo las empresas. Toda esta literatura que sugiere que con una mayor representación femenina en los más altos puestos de las empresas tendría importantes implicancias económicas. Sin embargo, en relación con la HP, si las empresas deciden innovar para adaptarse a las regulaciones medioambientales, ¿se mantendrán estos impactos positivos en las empresas con una mayor presencia de mujeres en altos cargos en el desempeño de las mismas? Al respecto, hay diversas opiniones sobre los canales por los que una mayor presencia de mujeres en altos cargos de las empresas que innovan para adecuarse a las regulaciones medioambientales tendría un impacto positivo en el desempeño de la empresa. Por ejemplo, Daunfeldt (2012) señala que este efecto se debe a que una mayor igualdad en el número de hombres y mujeres en los altos cargos puede mejorar el entendimiento de los mercados, aumentar la creatividad e innovación, mejorar el proceso de toma de decisiones y mejorar la imagen de la firma.

En la **Figura 1**, se ha integrado dentro de la proposición original de la HP, los mecanismos de transmisión revisados líneas arriba de la innovación impulsada por la regulación medioambiental hacia un mejor desempeño de la empresa. Es decir, tomando en cuenta, primero, el impacto de la tenencia de la regulación ambiental (instrumentos de gestión ambiental) sobre el desempeño de la empresa; segundo, el impacto diferenciado de la presencia de mujeres en los altos cargos en dichas empresas que han adoptado instrumentos de gestión ambiental en la actitud frente al medioambiente y las políticas regulatorias y, finalmente, el impacto de la presencia de mujeres en los altos cargos de las empresas que adoptaron instrumentos de gestión ambiental en el desempeño de las empresas. Así, las áreas sombreadas de anaranjado son en donde se ha identificado que la presencia de mujeres en los altos cargos de las empresas tiene un impacto diferenciado. Es decir, desde el inicio en la actitud diferenciada frente al medioambiente y las políticas regulatoria, los mecanismos por los que aumentas los ingresos y disminuyen los costos, hasta el resultado final que es el desempeño de la empresa dado que siguió dichas políticas regulatorias medioambientales.

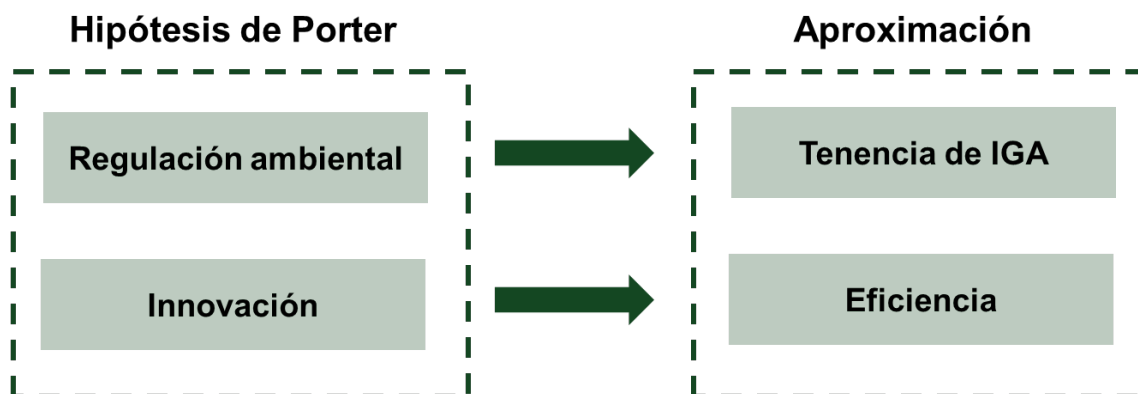
Sin embargo, con los datos disponibles en la ENE no es posible comprobar directamente la HP, ya que no se cuenta directamente con información de regulación ambiental ni de innovación. En ese sentido, se usarán aproximaciones a ambas variables, que permitirán probar, de manera indirecta, la HP. Como aproximación a la regulación ambiental se usará la tenencia de instrumentos de gestión ambiental, mientras que como aproximación a la innovación se usará a la eficiencia de la empresa, con lo que se probará empíricamente cómo lo primero afecta a lo segundo. Esto se explica en la **Figura 2** y en los siguientes párrafos.



2.3. Observaciones sobre la aplicación empírica para el caso de las empresas peruanas

Para la aplicación empírica aplicada a Perú no es posible comprobar directamente la HP que es el objetivo general de este estudio, ya que no se cuenta con data de regulación ambiental ni de innovación. En ese sentido, en este estudio, se utilizarán aproximaciones a ambas variables, que permitirán probar, de manera indirecta, la HP.

Figura 2: Aproximación a la hipótesis de Porter



En primer lugar, como *proxy* de cumplimiento de regulación ambiental por parte de las empresas se utilizará la tenencia de instrumentos de gestión ambiental que son:

“Mecanismos de gestión ambiental orientadores para el cumplimiento de la Política Nacional del Ambiente sobre la base de los principios establecidos en la Ley

General del Ambiente, sus normas complementarias y reglamentarias. Constituyen medios operativos que son diseñados, normados y aplicados con carácter funcional o complementario, para efectivizar el cumplimiento de la Política Nacional Ambiental y las normas ambientales que rigen el país.” (El Peruano 2012)

Aplicados al caso de las empresas, los instrumentos de gestión ambiental representan procesos a través de los cuales las autoridades competentes verifican que las firmas cumplan efectivamente con los lineamientos de la Ley General del Ambiente (MINAM y SPDA 2016). Así, que una empresa cuente con un instrumento de gestión ambiental implica que esta ha tomado acciones que la han llevado a cumplir con lo que la regulación ambiental le exige y que una autoridad competente ha validado dicho cumplimiento con la ley.

Tabla 1: Instrumentos de gestión ambiental

Instrumento	Descripción	Contenido	Resolución
Declaración de Impacto Ambiental (DIA)	Instrumento presentado por los titulares de proyectos, obras o actividades que generan impactos ambientales poco significativos, con el objetivo de informar que sus actividades son de bajo impacto.	Descripción de la actividad, características del entorno, impactos ambientales, medidas de mitigación de daños.	Ley 27446 (año 2001)
Estudio de Impacto Ambiental (EIA)	Estudio multidisciplinario que tiene el objetivo de identificar los impactos ambientales de proyectos de mediano y alto riesgo, así como las medidas a tomar para que el impacto sea eliminado o reducido a niveles adecuados.	Descripción de la actividad, diagnóstico ambiental y social de la actividad, descripción de consultas de poblaciones afectadas, predicción y evaluación de impactos ambientales, reporte sobre planes de prevención, plan de contingencia ante riesgos ambientales.	Ley 27446 (año 2001)
Declaración Ambiental para Actividades en Curso (DAAC)	Instrumento elaborado por titulares de actividades en curso que no generan un impacto ambiental negativo significativo, con el fin de informar las medidas de manejo y adecuación ambiental.	Descripción de la actividad, diagnóstico ambiental y social de la actividad, programa de monitoreo ambiental, identificación y evaluación de impactos ambientales, plan de manejo ambiental, programa de adecuación ambiental, cronograma de inversión e implementación de las medidas de manejo y adecuación ambiental.	DS 019-2012-AG (año 2012)
Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA)	Instrumento que facilita la adecuación de una actividad económica en curso a la legislación ambiental. Se plantean medidas, metas y plazos de cumplimiento para eliminar el impacto de la actividad o reducirlo a niveles adecuados.	Descripción de la actividad, programa de monitoreo, identificación de los impactos y contaminantes, programa de inversiones, cronograma de ejecución, sustento técnico económico, plan de contingencia ante riesgos ambientales, programa de manejo y disposición de residuos, plan de cierre.	Ley 28611 (año 2005)

Fuente: El Peruano (2012), MINAM (2010, 2016).

En el caso de la ENE 2015 los instrumentos de gestión ambiental que se consideran son la Declaración de Impacto Ambiental (DIA), el Estudio de Impacto Ambiental (EIA), la Declaración Ambiental para Actividades en Curso (DAAC) y el Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA).

En este estudio, se asume que los diferentes instrumentos de gestión ambiental contemplados tienen la misma importancia relativa dentro del análisis a realizar. Esto es debido a dos motivos: (i) que son escasos los datos sobre la tenencia de los instrumentos

de gestión ambiental entre las empresas y solamente están disponibles para el año 2015⁶, y (ii) que cada tipo instrumento, como ya se ha visto, aplica para determinadas empresas con determinadas características, por lo que si se diferencia por instrumento se tendría que dividir la muestra por características que las bases de datos no recogen⁷. Un campo interesante de investigación sería ver la evolución de esta variable a lo largo del tiempo y, en base a eso y a la evolución de la política regulatoria medioambiental, poder encontrar si existen diferencias relativas entre los impactos que tienen los diferentes instrumentos de gestión ambiental sobre el desempeño de las empresas.

En segundo lugar, la innovación se aproximará a través de la medición de la eficiencia⁸. Existe evidencia empírica de que las empresas que innovan se vuelven más eficientes en sus procedimientos. Al respecto, existen diversos estudios empíricos que prueban que aquellas empresas que más invierten en innovaciones resultan en procesos de producción más eficientes. Por ejemplo, uno de los primeros trabajos en esta línea es el de Perelman (1995), que encuentra que hay ganancias de eficiencia en las empresas de los países de la OCDE que adoptan las más recientes innovaciones tecnológicas. A este trabajo le siguen estudios con conclusiones similares como el de Alvarez y Crespi (2003) para Chile, que encuentran una relación positiva entre la innovación de productos y la eficiencia de las empresas pequeñas, el de Badunenko et al. (2008) para Alemania, que encuentran que el gasto en investigación y desarrollo se asocia con un crecimiento de la eficiencia a lo largo del tiempo, el de Mekonnen et al. (2015) para el sector agrícola de 85 países en vías de desarrollo, que indica que innovaciones tecnológicas como la introducción de suscripciones de celulares tienen impactos positivos sobre la eficiencia, entre otros. En base a esto, se podría decir que incrementos en innovación se traducen en incrementos de eficiencia, por lo que es válida la aproximación que se realiza entre ambos conceptos.

Los estudios empíricos anteriores tienen sus raíces en los trabajos que vinculan positivamente la inversión investigación y el desarrollo en la que incurren las empresas y la realización de las subsecuentes innovación que estas realizan con su productividad, como los de, por ejemplo, Griliches (1979, 1998), que estudian principalmente el caso de las manufacturas en Estados Unidos y cómo la introducción de innovaciones y el gasto en investigación y desarrollo incrementan la productividad observada de las firmas.

A su vez, estos trabajos basan sus fundamentos teóricos en los modelos de crecimiento neoclásicos y de crecimiento endógeno, en los que el crecimiento económico de largo plazo se logra por incrementos en el nivel tecnológico, que además se traducen en mejoras de productividad (Lucas 1988, Romer 1990, Solow 1956, Swan 1956). Por otro lado, modelos más modernos tratan directamente la relación entre innovación y crecimiento económico, como Aghion y Howitt (1992), en donde el crecimiento de la economía se basa en el proceso schumpeteriano de creación destructiva que realizan las firmas, las cuales constantemente están buscando cómo introducir innovaciones que mejoren su eficiencia productiva, de tal manera que puedan vencer a sus competidores en

⁶ Como se verá más adelante, este dato proviene de la recientemente publicada ENE 2015.

⁷ Como, por ejemplo, en qué proyecto está invirtiendo una empresa.

⁸ En este estudio, debido a la limitación de los datos, no se considera la dimensión temporal de las innovaciones. Es decir, no se toma en cuenta cuándo se realiza la innovación ni cuánto tiempo se demora en llevarse a cabo el proceso de innovación. Solo se considerará si es que la empresa cuenta o no con un instrumento de gestión ambiental, asumiendo que la innovación necesaria para la tenencia de este instrumento de gestión ambiental ya se realizó en algún punto del pasado.

el mercado. Un resumen de estos modelos se puede encontrar en Acemoglu (2009) o en Aghion y Akcigit (2015).

Es importante mencionar que en este estudio se discute sobre eficiencia y no productividad debido a la restricción de datos impuesta por tener solo un único corte de la encuesta que se usará⁹. Sin embargo, los conceptos de eficiencia y productividad son muy cercanos. La productividad se puede definir como el ratio de la producción de una empresa entre sus insumos (Fried et al. 2008, Lovell 1993), y se puede interpretar como la medición de qué tan eficientemente se usan los insumos de una empresa o una economía respecto al proceso productivo (Comin 2010, Grosskopf 1993). Asimismo, queda evidente la relación estrecha entre ambos conceptos cuando se reconoce que las políticas que impulsan la eficiencia de las economías generan también el crecimiento de la productividad total factorial (Easterly y Levine 2001). Finalmente, como se verá adelante, la forma de modelar la ineficiencia en los modelos de frontera estocástica es muy parecida a la forma de modelar la productividad total factorial en los modelos neoclásicos (Kumbhakar et al. 2015).

Entonces, la eficiencia¹⁰ aplicada para la producción de las firmas se define como la relación que existe entre la producción observada y la máxima producción posible que la firma podría alcanzar dada su estructura productiva y sus insumos (Coelli et al. 2005, Greene 2008, Kumbhakar y Wang 2015). Así, cualquier desvío entre la producción observada y la máxima producción posible se debe a la ineficiencia productiva de la firma, ya sea por problemas técnicos o por una mala asignación de insumos (Kumbhakar et al. 2015).

La estimación de la eficiencia se suele trabajar con los modelos de frontera estocástica (Kumbhakar y Lovell 2000, Greene 2008, Forsund et al. 1980), surgidos a partir de las investigaciones publicadas en simultáneo de Meeusen y van den Broeck (1977) y Aigner et al. (1977). Esta familia de modelos no estima directamente la eficiencia, sino que, más bien, estima medidas de ineficiencia. Para esto, los modelos estiman un máximo valor posible de la variable de interés (la frontera), dados los insumos. Luego, comparan este valor óptimo con el valor observado de la misma variable, con lo que se pueden calcular las medidas de ineficiencia. En la siguiente sección se discute más sobre este tipo de modelos.

⁹ Si se usa una base de tipo de corte transversal para estimar la productividad, se genera un problema de simultaneidad entre la producción y los insumos (Olley y Pakes 1996).

¹⁰ Este trabajo se centra en el cálculo de la eficiencia privada. Estudios como el de Aguilar y Clausen (2013) para el caso de las microfinancieras en el Perú o el de Arandia y Aldanondo-Ochoa (2008) para el caso de productores de vino en España definen la eficiencia social como la eficiencia con la cual los agentes productivos generan productos socialmente deseables, tales como créditos para clientes pobres (en el caso de las microfinancieras) o un menor uso de pesticidas (en el caso de productores de vino). La metodología con la que se calcula la eficiencia social es la de *data envelopment analysis* (DEA), que, a diferencia de la metodología de frontera estocástica, sí puede modelar todo tipo de eficiencia, aunque bajo un esquema determinístico (Bogetoft y Otto 2011).

3. Metodología

3.1. Modelo teórico

Antes de pasar a ver la metodología, conviene introducir los conceptos de función de producción y de ineficiencia en producción. En primer lugar, una función de producción, uno de los conceptos más básicos y primordiales de la microeconomía moderna, se define como una representación matemática de un proceso productivo a través del cual una firma transforma *inputs* (como pueden ser el trabajo o el capital) en *outputs* (en los bienes y servicios finales que produce una firma).

Relacionado a lo anterior, matemáticamente, un proceso productivo de una firma se puede representar como la siguiente ecuación:

$$Y = f(X)$$

Donde Y es el *output* y X es un vector de *inputs*. Esta función $f(\cdot)$ ¹¹ representa la tecnología con la que una empresa produce sus bienes y servicios finales luego de introducir los insumos a su proceso productivo. Entonces, $f(\cdot)$ es la función de producción, a partir de la cual se deriva también el concepto de ineficiencia técnica, que se define a continuación.

Según Kumbhakar et al. (2015), un proceso productivo es técnicamente ineficiente¹² en dos situaciones diferentes: (i) cuando tiene un nivel dado de *inputs* y produce un *output* menor al que debería de producir con los *inputs* que cuenta, y (ii) cuando produce un nivel dado de *output* con un determinado nivel de *inputs* y podría producir el mismo nivel de *output* con menos *inputs*. La primera definición corresponde a la ineficiencia técnica orientada a los *outputs* (con *inputs* fijos el *output* podría ser mayor), mientras que la segunda definición corresponde a la ineficiencia técnica orientada a los *inputs* (con un *output* fijo se podrían usar menos *inputs*). En el presente trabajo cuando se discuta sobre ineficiencia o ineficiencia técnica, se hará referencia a la definición orientada a los *outputs*¹³.

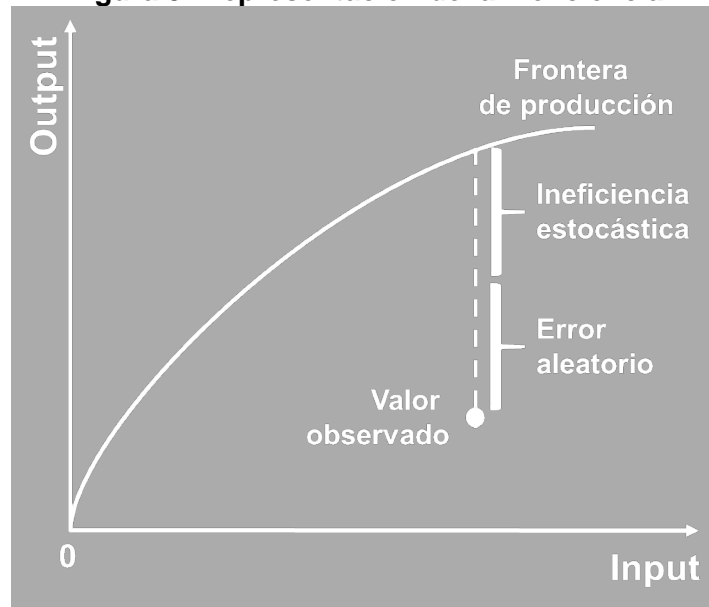
Gráficamente, para el caso de un único *output* y un único *input*, la ineficiencia técnica orientada a los *outputs* se muestra de la siguiente forma:

¹¹ Por otro lado, $f(\cdot)$ es una función continua y diferenciable que cumple una serie de requisitos que pueden ser consultados en cualquier libro de texto de microeconomía básica (Varian 2010).

¹² Si bien se ha hablado sobre eficiencia, la forma de proceder de los modelos de frontera estocástica es a través de la estimación de la ineficiencia, por lo que a continuación es sobre este concepto sobre el que se habla.

¹³ La práctica común en estimaciones de frontera estocástica de producción de una sola ecuación es estimar índices de eficiencia orientados al *output* (Kumbhakar et al. 2015). Así, se ha decidido seguir también esta orientación para los índices de eficiencia que en esta investigación se calculan.

Figura 3: Representación de la ineficiencia



Adaptado de Marmolejo-Saucedo et al. (2015)

Se cuenta con una frontera de producción, que representa el *output* que debería de producir una empresa completamente eficiente (es decir, con total ausencia de ineficiencia) para cada nivel de *input* posible. Luego, se tiene un valor observado de *output* que, para un determinado nivel de *input*, difiere del valor correspondiente a la frontera de producción por dos motivos: un error aleatorio inherente a la frontera de producción y un término de ineficiencia.

Matemáticamente, se define a la frontera de producción como Y_i^* , a la producción observada como Y_i , a los *inputs* como X_i , al error aleatorio como v_i y a la ineficiencia estocástica como $u_i \geq 0$. Los subíndices i identifican a cada empresa. Así, el modelo de frontera estocástica¹⁴ de producción¹⁵ se define con las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} \ln Y_i &= \ln Y_i^* - u_i \\ \ln Y_i^* &= f(X_i) + v_i \end{aligned}$$

Donde el término de ineficiencia $u_i = \ln Y_i^* - \ln Y_i$ indica cuán lejos está, en puntos porcentuales, la producción observada de la máxima producción posible, dado un nivel de *inputs*. Asimismo, como señalan Kumbhakar et al. (2015), la interpretación que se le puede dar a este porcentaje es cuánto de *output* se pierde debido a la ineficiencia del proceso productivo.

¹⁴ En este punto ya es posible aclarar por qué los modelos de frontera estocástica llevan ese nombre. En primer lugar, lleva el nombre de frontera porque se modela una frontera de máxima eficiencia o de ausencia de ineficiencia. Luego, esta frontera es estocástica porque también permite la existencia de un error aleatorio (estocástico).

¹⁵ Es necesario aclarar que es un modelo de frontera estocástica de producción, puesto que también existen modelos de frontera estocástica de costos y de beneficios.

3.2. Modelo econométrico

Para la estimación econométrica del modelo se usarán métodos paramétricos¹⁶ de máxima verosimilitud, en donde se asume una distribución *half-normal* (denotada por N^+) para el término de ineficiencia. Además, el término de error tendrá una distribución normal, como comúnmente se modela. De esta forma, se busca estimar lo siguiente

$$\begin{aligned}\ln Y_i &= \ln Y_i^* - u_i \\ \ln Y_i^* &= f(X_i) + v_i = X_i\beta + v_i \\ v &\sim N(0, \sigma_v^2) \quad u \sim N^+(0, \sigma_u^2)\end{aligned}$$

Finalmente, se tiene una estimación de una única ecuación y un error compuesto:

$$\begin{aligned}\ln Y_i &= X_i\beta + \varepsilon_i \\ \varepsilon_i &= v_i - u_i \\ v &\sim N(0, \sigma_v^2) \quad u \sim N^+(0, \sigma_u^2)\end{aligned}$$

Donde u_i y v_i son independientes entre sí. Por otro lado, β , σ_v^2 y σ_u^2 son los parámetros a estimar.

La función de verosimilitud asociada a las ecuaciones anteriores toma la siguiente forma para cada observación:

$$\begin{aligned}L &= -\ln\left(\frac{1}{2}\right) - \frac{1}{2}\ln(\sigma_v^2 + \sigma_u^2) + \ln\phi\left(\frac{\varepsilon_i}{\sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_u^2}}\right) + \ln\phi\left(\frac{\mu_{*i}}{\sigma_*}\right) \\ \mu_{*i} &= \frac{-\sigma_u^2 \varepsilon_i}{\sigma_v^2 + \sigma_u^2} \quad \sigma_*^2 = \frac{\sigma_v^2 \sigma_u^2}{\sigma_v^2 + \sigma_u^2}\end{aligned}$$

Por otro lado, es posible obtener un índice de eficiencia técnica para cada observación i , mediante su esperanza condicional, siguiendo la metodología propuesta por Battese y Coelli (1988), de la siguiente manera:

$$E[\exp(-u_i) | \varepsilon_i] = \exp\left(-\mu_{*i} + \frac{1}{2}\sigma_*^2\right) \frac{\phi\left(\frac{\mu_{*i}}{\sigma_*} - \sigma_*\right)}{\phi\left(\frac{\mu_{*i}}{\sigma_*}\right)}$$

Este índice de eficiencia técnica toma valores de 0 a 1, donde 0 implica la menor eficiencia posible y 1 significa la mayor eficiencia posible.

¹⁶ También existen métodos no paramétricos de frontera estocástica, que no asumen una distribución específica para el término de ineficiencia. Estos métodos definen a la producción observada de la siguiente forma:

$$\ln Y_i = \ln Y_i^* - u_i = f(X_i) + v_i - u_i = f(X_i) + \varepsilon_i$$

Donde ε_i es un término de error compuesto. Estos modelos estiman directamente ε_i mediante metodologías simples como mínimos cuadrados ordinarios. La ventaja de estos modelos es que logran una rápida y fácil aproximación al término de ineficiencia, pero la desventaja es que no se puede separar completamente el término v_i del término u_i , con lo que no se puede realizar un análisis preciso de la ineficiencia. En ese sentido, se prefiere el uso de los métodos paramétricos.

Para tomar en cuenta la heterocedasticidad que puede existir entre las observaciones, se puede modelar la varianza de los términos u y v para que dependan de variables exógenas.

$$\sigma_u^2 = \exp(Z_{ui}'\theta) \quad \sigma_v^2 = \exp(Z_{vi}'\varphi)$$

Donde Z_{ui} y Z_{vi} son las variables exógenas que afectan a la varianza de u y v respectivamente, mientras que θ y φ son los parámetros correspondientes a dichas variables exógenas.

Lo anterior no solamente es importante para capturar los factores que pueden afectar la varianza de los términos de error y de ineficiencia, sino que, siguiendo la metodología planteada por Wang (2002), se puede calcular el efecto marginal de variables exógenas sobre la esperanza incondicional $E(u)$ y la varianza incondicional $V(u)$ del término de ineficiencia. Con esto se podrá llegar al resultado de interés, que es cuánto varía la ineficiencia en las firmas analizadas por contar con instrumentos de gestión ambiental y con mujeres en cargos altos.

3.3. Especificación del modelo

Para pasar de la metodología a la estimación falta especificar la forma funcional de la función de producción. En este caso, se usará una función de la forma Cobb-Douglas, comúnmente usada en los modelos económicos¹⁷. Así, la función de producción tiene la siguiente forma:

$$Y_i^* = \prod_j X_{ij}^{\alpha_j}$$

Donde X_{ij} denota el j -ésimo insumo de la empresa i y α_j es el coeficiente asociado a dicho insumo dentro de la función de producción.

Si se toman logaritmos, se tiene la siguiente forma funcional lineal que es fácil de estimar mediante métodos econométricos y que es la que se usará en este trabajo:

$$\ln Y_i^* = \sum_j \alpha_j \ln X_{ij}$$

Si $\sum_j \alpha_j = 1$ entonces se tienen rendimientos a escala constantes. Por otro lado, si $\sum_j \alpha_j > 1$ hay rendimientos a escala crecientes y si $\sum_j \alpha_j < 1$ se cuenta con rendimientos a escala decrecientes.

¹⁷ Para la función de producción se prefiere usar una especificación Cobb-Douglas sobre una especificación *translog* por motivos de simpleza en la exposición de los resultados. Una especificación *translog* puede terminar sobredimensionando las estimaciones. No obstante, a manera de comparación, en los anexos se presentan los resultados de eficiencia las estimaciones con una función de producción *translog*. Los resultados son muy parecidos a los que se obtienen con la función de producción Cobb-Douglas.

4. Bases de datos y variables

4.1. Bases de datos

La metodología planteada en las secciones anteriores requiere de información sobre nivel de producción así como de insumos y precios. La especificación que se plantea usar tiene a la producción como variable dependiente y al trabajo, a los bienes intermedios y al capital como insumos. Adicionalmente, para responder a los objetivos planteados en la investigación, se deben de considerar variables que indiquen si es que la empresa cuenta con instrumentos de gestión ambiental y con mujeres ocupando los altos cargos de la empresa.

Para esto se usarán tres encuestas distintas, que recogen información a nivel nacional de empresas peruanas sobre su producción, su uso de insumos y otras variables, con las cuales se formará una base de datos única para las estimaciones. Las encuestas consideradas son la Encuesta Económica Anual (EEA) 2014 y 2015 y la Encuesta Nacional de Empresas (ENE) 2015¹⁸, que fueron obtenidas del repositorio de microdatos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI).

Cabe resaltar que las encuestas de empresas recogen información del año inmediatamente anterior. En ese sentido, la EEA 2014 recoge información del año 2013, mientras que la EEA 2015 y la ENE 2015 lo hacen para los datos del año 2014

En total, la base de datos a usar cuenta con 2205 empresas, resultantes del cruce de las tres encuestas mencionadas anteriormente. De este total de empresas, 99 son del sector agroindustria, 1088 son del sector comercio, 9 son del sector construcción, 634 son del sector manufactura y 375 son del sector servicios. Asimismo, el 97 por ciento de las empresas son consideradas grandes, según la ley 30056, en la cual se definen las reglas que estuvieron vigentes durante el 2014 para clasificar a las empresas por su tamaño¹⁹. El resto de empresas son pequeñas o medianas. Por otro lado, 83 por ciento de las empresas se ubican en Lima Metropolitana y Callao.

4.2. Variables

La variable de *output* corresponde a la producción total de la empresa del año 2014 y proviene de la EEA 2015, mientras que las variables de *inputs* corresponden a información del año 2013 y se obtienen de la EEA 2014. Esto se hace para evitar el problema de simultaneidad entre *output* e *inputs*.

Los objetivos se medirán considerando el impacto que tienen dos variables sobre la ineficiencia: (i) una variable *dummy* que indica si es que la empresa cuenta con algún instrumento de gestión ambiental y (ii) otra variable que señala el número de mujeres que

¹⁸ Esta es una encuesta recientemente publicada que se realizó por encargo del Ministerio de la Producción, en el marco del Plan Nacional de Diversificación Productiva (PRODUCE 2014b), para ser considerada como insumo dentro de las investigaciones que tienen como objeto de estudio a las empresas peruanas. Hasta donde se tiene conocimiento, esta es una de las primeras investigaciones que hacen uso de esta encuesta.

¹⁹ En la ley se establece que las empresas grandes son aquellas firmas que cuentan con ventas netas anuales mayores a 2300 unidades impositivas tributarias (UIT). El valor de una UIT en el 2014, año al cual corresponden los datos de la variable endógena de producción, fue de 3800 soles.

ocupan puestos de alta dirección en la empresa²⁰. La información de (i) se extrae de la ENE 2015, mientras que la variable (ii) se obtiene de la EEA 2015.

Del total, 416 empresas (19 por ciento del total) cuentan con instrumentos de gestión ambiental y que 1173 empresas (53 por ciento del total) cuentan con al menos una mujer ocupando un cargo de alta dirección.

En estimaciones secundarias también se van a considerar variables de control para probar la robustez de los resultados. Primero, se considerará una variable que indica el número de trabajadores calificados con los que cuenta una empresa. Luego, se tomarán en cuenta dos variables *dummy*: una para señalar si la empresa se ubica en Lima o Callao y otra para indicar si la empresa es clasificada como grande.

Tabla 2: Relación de variables

Variable metodología	Símbolo	Periodo	Encuesta	Capítulo / Módulo	Variable encuesta
Producción	<i>Y</i>	2014	EEA 2015	Capítulo 3 (D2/F2), Capítulo 4 (M)	Producción total
Trabajo	<i>L</i>	2013	EEA 2014	Capítulo 11 (D2/F2), Capítulo 6 (M)	Promedio anual de trabajadores totales (remunerados y no remunerados)
Capital	<i>K</i>	2013	EEA 2014	Capítulo 5 (D2/F2), Capítulo 7 (M)	Saldos final anual del activo fijo neto
Insumos	<i>INS</i>	2013	EEA 2014	Capítulo 3 (D2/F2), Capítulo 4 (M)	Consumo (intermedio)
Variable dummy de tenencia de instrumentos de gestión ambiental	<i>AMB</i>	2014	ENE 2015	Módulo VIII	Tenencia de instrumentos de gestión ambiental con los que cuenta la empresa
Número de mujeres en cargos ejecutivos	<i>L^{MUJ}</i>	2014	EEA 2015	Capítulo 11 (D2/F2), Capítulo 6 (M)	Promedio anual de número de mujeres ocupadas en cargos ejecutivos
Variable de control	Símbolo		Encuesta	Capítulo / Módulo	Variable encuesta
Número de trabajadores calificados	<i>L^{CAL}</i>	2014	ENE 2015	Módulo III	Promedio anual de número de trabajadores con estudios técnicos o universitarios completos
Variable dummy de ubicación en Lima y Callao	<i>REG</i>	2014	EEA 2015	Capítulo 1	Departamento en el que se ubica la empresa
Variable dummy de empresa grande	<i>GRA</i>	2014	EEA 2015	Capítulo 3 (D2/F2), Capítulo 4 (M)	Ventas netas de mercadería, de productos terminados, subproductos, desechos, desperdicios, productos en proceso, envases, embalajes y servicios netos

* D2, F2 y M se refieren a los distintos formatos de cuestionarios de la Encuesta Económica Anual.

A continuación se presentan algunas estadísticas descriptivas de las variables a considerar en las estimaciones:

²⁰ Esto se define como número de mujeres que ocupan cargos de miembro de directorio, gerente, subgerente, entre otros.

Tabla 3: Estadísticas descriptivas de variables

Variable	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Mediana	Máximo
<i>Y</i>	36917	47732	1	19794	305346
<i>L</i>	218	495	1	93	7734
<i>K</i>	22359	32872	7	8894	193671
<i>INS</i>	20191	28229	5	9010	172895
<i>L^{MUJ}</i>	1	3	0	1	72

* Las variables *Y*, *K* e *INS* se muestran en miles de soles.

De las estadísticas de la

Tabla 3 se puede ver que los promedios de producción, trabajo, capital e insumos corresponden a lo que vendrían a ser empresas grandes. Por ejemplo, el promedio de producción en el año 2014 es de casi 37 millones de soles, lo que equivale a, aproximadamente, una producción de 3 millones de soles mensuales, y la mediana es de casi 20 millones de soles anuales.

Resalta que el promedio de mujeres ocupando cargos de alta dirección sea bajo, de sólo 1 mujer en cargos altos por empresa. Esto se debería a que, según el INEI (2016b), en el año 2014, el 76 por ciento de las mujeres que trabajan en el Perú lo hacen en el sector informal y el 36 por ciento trabajan de manera independiente (en su propia empresa, vendedoras ambulantes, puestos de comida, entre otros). Es decir, la mayoría de mujeres del país se encuentra trabajando fuera de la muestra de empresas grandes que se tiene en la base de datos.

Por otro lado, se pueden analizar los datos separándolos entre aquellas empresas que cuentan y que no cuentan con instrumentos de gestión ambiental, así como entre empresas que tienen al menos una mujer ocupando un cargo de alta dirección y empresas que no. Con esto, se pueden obtener algunos indicios, previos a las estimaciones, que muestren si es que estas características son importantes para la producción y la eficiencia de las firmas.

Tabla 4: Estadísticas descriptivas de variables de firmas sin y con instrumentos de gestión ambiental

Empresas sin instrumentos de gestión ambiental (N=1789)					
Variable	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Mediana	Máximo
<i>Y</i>	34246	45173	1	18905	305346
<i>L</i>	207	467	1	90	7734
<i>K</i>	19982	30592	7	7754	193671
<i>INS</i>	18503	26834	5	8135	172895
<i>L^{MUJ}</i>	1	4	0	1	72
Empresas con instrumentos de gestión ambiental (N=416)					
Variable	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Mediana	Máximo
<i>Y</i>	48404	56079	835	25623	287182
<i>L</i>	264	600	3	116	7193
<i>K</i>	32580	39717	81	16871	192819
<i>INS</i>	27452	32628	48	15278	168445
<i>L^{MUJ}</i>	1	2	0	0	20

* Las variables *Y*, *K* e *INS* se muestran en miles de soles.

Tabla 5: Estadísticas descriptivas de variables de firmas sin y con mujeres ocupando cargos de alta dirección

Empresas sin mujeres ocupando cargos de alta dirección (N=1032)					
Variable	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Mediana	Máximo
Y	30824	40463	116	17595	287182
L	190	480	2	75	7214
K	20277	31422	8	7686	192471
INS	17992	25415	48	7458	166992
Empresas con mujeres ocupando cargos de alta dirección (N=1173)					
Variable	Promedio	Desviación estándar	Mínimo	Mediana	Máximo
Y	42277	52752	1	21291	305346
L	243	507	1	113	7734
K	24190	34005	7	10615	193671
INS	22125	30370	5	10355	172895

* Las variables *Y*, *K* e *INS* se muestran en miles de soles.

Se tiene en la **Tabla 4** y en la **Tabla 5** que las empresas que cuentan con instrumentos de gestión ambiental o cuentan con al menos una mujer ocupando un cargo en la alta dirección cuentan con promedios y medianas superiores de las variables de interés en comparación con aquellas empresas que no cuentan con estas características. Esto ya es un indicio de que tener instrumentos de gestión ambiental y/o mujeres en la dirección de la empresa se asocian con una producción, un número de trabajadores, un capital y un consumo intermedio de insumos mayores.

Tabla 6: Número de empresas según tenencia de instrumentos de gestión ambiental y mujeres ocupando cargos de alta dirección

	Sin instrumentos de gestión ambiental	Con instrumentos de gestión ambiental
Sin mujeres ocupando cargos altos	819	213
Con mujeres ocupando cargos altos	970	203

Tabla 7: Promedio de producción en miles de soles según tenencia de instrumentos de gestión ambiental y mujeres ocupando cargos de alta dirección

	Sin instrumentos de gestión ambiental	Con instrumentos de gestión ambiental
Sin mujeres ocupando cargos altos	28462	39905
Con mujeres ocupando cargos altos	39129	57322

En cuanto lo que concierne a la interacción de las variables de tenencia de instrumentos de gestión ambiental y de contar con mujeres en la alta dirección de la empresa, en la **Tabla 6** resalta que las firmas sin instrumentos de gestión ambiental pueden tener una cantidad mayor mujeres ocupando cargos altos.

Asimismo, si se observa el promedio de la producción de las empresas en la **Tabla 7**, las que no cuentan con instrumentos de gestión ambiental ni mujeres ocupando cargos altos son las que presentan el menor promedio, mientras que las firmas que sí cuentan con instrumentos de gestión ambiental y que mujeres ocupando cargos altos poseen el mayor promedio.

Habiendo visto previamente en la **Tabla 4** y en la **Tabla 5** que, por separado, la tenencia de instrumentos de gestión ambiental y el contar con mujeres en cargos de alta dirección se asocian a niveles de producción más altos, también se tiene que la interacción de ambos hechos sigue mostrando la misma relación con los niveles de producción. Queda por ver en la siguiente sección cómo esta interacción afecta a la eficiencia de las firmas.

5. Resultados

5.1. Preliminares

Siguiendo la metodología presentada en las secciones anteriores, se estima, mediante máxima verosimilitud, la siguiente ecuación:

$$\ln Y_{i,2014} = \alpha_1 \ln L_{i,2013} + \alpha_2 \ln K_{i,2013} + \alpha_3 \ln INS_{i,2013} + \sum_j \gamma_j d_j + \varepsilon_{i,2014}$$

Donde:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{i,2014} &= v_{i,2014} - u_{i,2014} \\ v &\sim N(0, \sigma_v^2) \quad u \sim N^+(0, \sigma_u^2) \end{aligned}$$

La primera ecuación representa a la frontera de producción, que además considera variables *dummy* para cada uno de los $j = 1, \dots, 5$ sectores productivos a los cuales

pertenecen las firmas que componen la base. Por otro lado, la segunda ecuación hace referencia al término de error compuesto.

Asimismo, se recuerda que la variable endógena se obtiene de la EEA 2015, mientras que las variables exógenas se extraen de la EEA 2014. Esto se hace de esta forma para evitar que surjan problemas de simultaneidad entre las variables²¹.

Como se mencionó en la sección de metodología, es posible modelar la varianza de los términos u y v a partir del efecto que tienen sobre ellas determinadas variables exógenas. Asimismo, la metodología permite saber finalmente cuál es el efecto marginal de estas variables exógenas sobre la media del término de ineficiencia, $E(u)$ y su varianza $V(u)$.

La estrategia a seguir es realizar diversas estimaciones de máxima verosimilitud según la metodología antes planteada, con la misma ecuación principal para la frontera de producción, pero se considerarán distintas combinaciones de variables en las ecuaciones de varianza, lo que permitirá ver distintos efectos marginales sobre la ineficiencia. A cada especificación se le denomina Modelo.

Para probar el objetivo general, es decir, el cumplimiento de la HP en las empresas peruanas contempladas en la muestra, se propone el Modelo 1, en donde se considera como variable explicativa solamente a la tenencia de instrumentos de gestión ambiental (AMB).

Luego, para analizar el objetivo específico, es decir, el impacto la presencia de mujeres en la alta dirección de la empresa y cómo esto se relaciona con la tenencia de instrumentos de gestión ambiental se proponen el Modelo 2 (que incluye el número de mujeres ocupando cargos en la alta dirección L^{MUJ}), el Modelo 3 (que incluye las variables del Modelo 1 y el Modelo 2 a la vez) y el Modelo 4 (que incluye una variable multiplicativa $MULT$ que resulta de multiplicar AMB y L^{MUJ}).

Así, en el Modelo 1, la varianza de los términos u y v se modela de la siguiente forma:

$$\sigma_u^2 = \exp(\theta_0 + \theta_1 AMB_i) \quad \sigma_v^2 = \exp(\varphi_0 + \varphi_1 AMB_i)$$

Por su parte, el Modelo 2 cuenta con las siguientes ecuaciones para la varianza de los términos v y u :

$$\sigma_u^2 = \exp(\theta_0 + \theta_1 L_i^{MUJ}) \quad \sigma_v^2 = \exp(\varphi_0 + \varphi_1 L_i^{MUJ})$$

En el caso del Modelo 3 se tiene lo siguiente:

$$\sigma_u^2 = \exp(\theta_0 + \theta_1 AMB_i + \theta_2 L_i^{MUJ}) \quad \sigma_v^2 = \exp(\varphi_0 + \varphi_1 AMB_i + \varphi_2 L_i^{MUJ})$$

Finalmente, el Modelo 4 tiene las siguientes ecuaciones de varianza a estimar:

$$\sigma_u^2 = \exp(\theta_0 + \theta_1 MULT_i) \quad \sigma_v^2 = \exp(\varphi_0 + \varphi_1 MULT_i)$$

En todos los casos θ_0 y φ_0 son constantes.

²¹ Por una cuestión temporal, las variables de la EEA 2014 (correspondientes al año 2013) pueden afectar a las de la EEA 2015 (correspondientes al año 2014), pero no puede ocurrir lo contrario.

Específicamente, los últimos dos modelos permiten ver la interacción entre la existencia de mujeres dirigiendo una empresa y la tenencia de instrumentos de gestión ambiental. En el caso del Modelo 3 se puede ver si la presencia de una variable reduce la importancia de la otra, mientras que con el Modelo 4 se puede ver si es que la tenencia de instrumentos de gestión ambiental en la empresa potencia del efecto que tienen la presencia de mujeres en la alta dirección de la empresa sobre la ineficiencia.

De cada una de estas estimaciones se puede obtener también el índice de eficiencia técnica de Battese y Coelli (1988).

Posteriormente, se realizarán pruebas de robustez mediante la inclusión de distintas variables de control en las ecuaciones que modelan la varianza, para ver si dichas variables de control modifican el impacto que tienen las variables AMB , L^{MUJ} y $MULT$ sobre la ineficiencia. Estas estimaciones también permiten ver qué otras variables afectan a la ineficiencia y en qué medida. En la primera prueba de robustez se incluirá a la variable de número de trabajadores calificados L^{CAL} . En la segunda se considerará la ubicación de la empresa agregando a la variable *dummy* REG de ubicación en Lima Metropolitana y Callao. La tercera prueba toma en cuenta a la variable *dummy* de tamaño grande de empresa.

Finalmente, siguiendo con las pruebas de robustez, adicionalmente se hará una estimación asumiendo una distribución exponencial para el término de ineficiencia u , en vez de una distribución *half-normal*.

5.2. Estimaciones

5.2.1. Estimación de mínimos cuadrados ordinarios

En primer lugar, se realiza una estimación simple de mínimos cuadrados ordinarios para analizar la relación existente entre la variable dependiente y las variables independientes exógenas.

Tabla 8: Resultados de estimación por mínimos cuadrados ordinarios

	Coefficiente	Desviación estándar	p-value
ln L	0.225	0.015	0.000
ln K	0.066	0.012	0.000
ln INS	0.508	0.013	0.000
d_{agro}	0.037	0.073	0.615
d_{comer}	0.190	0.039	0.000
d_{const}	0.518	0.228	0.023
d_{serv}	0.283	0.047	0.000
constante	6.489	0.209	0.000
N	2205		
R²	0.710		
R² ajustado	0.709		

* Para evitar el problema de multicolinealidad se ha omitido la variable *dummy* del sector manufactura.

La interpretación de los coeficientes es una de elasticidad, dado que tanto la variable dependiente como las variables explicativas están expresadas en logaritmos. Un coeficiente positivo implica que dicha variable eleva la frontera de producción (incrementa la producción, dados los insumos), mientras que un coeficiente negativo implica lo contrario. Se observa en la **Tabla 8** que las variables exógenas principales ($\ln L$, $\ln K$, $\ln INS$) tienen coeficientes asociados positivos y estadísticamente significativos. También se tiene que dichos coeficientes suman menos que la unidad, por lo que se tendrían rendimientos a escala decrecientes. Este resultado indicaría que las firmas consideradas no ven correspondidos los aumentos en la cantidad de sus insumos con aumentos en producción. Esto se podría entender como un indicio de que, en promedio, las firmas de la muestra son ineficientes en el uso de sus insumos, lo cual se relaciona directamente con las estimaciones de frontera estocástica de la siguiente sección.

En cuanto al análisis de las variables *dummy*, todos los efectos se interpretan en relación al sector manufactura, cuya variable *dummy* se ha omitido para evitar el problema de multicolinealidad. Lo que se encuentra es que el sector construcción es el que presenta un coeficiente más alto y, por lo tanto, una frontera de producción mayor (aunque se debe de recordar que en la muestra solo se tiene a 9 empresas de este sector), mientras que el sector que tendría una menor frontera de producción es el propio sector manufactura (dado que los coeficientes de las variables *dummy* indican que el resto de sectores tienen una frontera de producción por encima del sector de referencia).

5.2.2. Estimación de frontera estocástica

Luego de ver que existe evidencia de ineficiencia en los datos, se procede a la estimación mediante máxima verosimilitud, asumiendo que el término de ineficiencia sigue una distribución *half-normal*. En la

Tabla 9 se presentan los resultados de las cuatro especificaciones distintas para las ecuaciones de varianzas (Modelos 1, 2, 3 y 4), a partir de las cuales luego se hallarán los efectos marginales de las variables de interés sobre la ineficiencia. A manera de comparación, también se presentan los resultados de un Modelo 0 donde se asume homocedasticidad, con lo cual corresponden unas ecuaciones de varianza que solo dependen de una constante.

Tabla 9: Resultados de estimación por máxima verosimilitud

	Modelo 0			Modelo 1			Modelo 2			Modelo 3			Modelo 4		
	Frontera														
	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value
ln L	0.214	0.015	0.000	0.217	0.015	0.000	0.208	0.015	0.000	0.211	0.015	0.000	0.215	0.015	0.000
ln K	0.066	0.012	0.000	0.062	0.012	0.000	0.064	0.012	0.000	0.060	0.012	0.000	0.062	0.012	0.000
ln INS	0.510	0.013	0.000	0.511	0.013	0.000	0.505	0.013	0.000	0.506	0.013	0.000	0.510	0.012	0.000
d_{agro}	0.039	0.072	0.587	0.032	0.071	0.656	0.045	0.072	0.533	0.038	0.071	0.597	0.034	0.071	0.637
d_{comer}	0.194	0.038	0.000	0.207	0.039	0.000	0.178	0.039	0.000	0.191	0.039	0.000	0.199	0.038	0.000
d_{const}	0.505	0.226	0.025	0.528	0.224	0.019	0.505	0.227	0.026	0.528	0.226	0.020	0.520	0.226	0.022
d_{serv}	0.314	0.047	0.000	0.325	0.048	0.000	0.281	0.047	0.000	0.293	0.048	0.000	0.308	0.047	0.000
constante	6.944	0.209	0.000	6.964	0.209	0.000	7.078	0.210	0.000	7.104	0.210	0.000	6.979	0.209	0.000
	σ_u^2														
	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value
AMB				-0.651	0.205	0.002				-0.677	0.201	0.001			
L^{MUJ}							-0.178	0.051	0.000	-0.189	0.053	0.000			
MULT													-0.418	0.176	0.018
constante	-1.217	0.166	0.000	-1.158	0.168	0.000	-1.043	0.154	0.000	-0.963	0.154	0.000	-1.192	0.165	0.000
	σ_v^2														
	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value
AMB				-0.120	0.099	0.223				-0.114	0.099	0.249			
L^{MUJ}							0.008	0.010	0.438	0.007	0.010	0.511			
MULT													-0.115	0.051	0.025
constante	-1.068	0.056	0.000	-1.043	0.062	0.000	-1.090	0.058	0.000	-1.066	0.064	0.000	-1.048	0.056	0.000
	Otros														
Estadístico LR 1/	29.764			47.789			49.026			68.474			48.926		
Eficiencia técnica 2/	0.682			0.689			0.685			0.691			0.687		

1/ Este estadístico se compara con una tabla chi-cuadrado de un grado de libertad. El valor crítico al 0.1 es 5.412, el valor crítico al 0.05 es 6.635 y el valor crítico al 0.01 es 9.5 (Kodde y Palm 1986).

2/ Se muestra el promedio de los índices de eficiencia técnica de cada empresa, calculados según Battese y Coelli (1988).

* Para evitar el problema de multicolinealidad se ha omitido la variable *dummy* del sector manufactura.

Antes de discutir sobre los resultados conviene ver la validez de las estimaciones. Para esto se usa un *test* de ratio de verosimilitud (conocido como *test* LR por su nombre en inglés de *likelihood ratio test*)²², con el cual se comparan los resultados de las estimaciones de frontera estocástica con los de una regresión simple por mínimos cuadrados ordinarios que considera las mismas variables. Los valores del *test* LR se comparan contra valores críticos de una tabla chi-cuadrado de un grado de libertad de Kodde y Palm (1986), puesto que se asume una hipótesis nula de que un parámetro es igual a cero ($\sigma_u^2 = 0$). Si el estadístico no supera los valores críticos, se prefiere el modelo

²² El *test* LR tiene la forma $-2[L(H_0) - L(H_1)]$, donde $L(H_0)$ es la verosimilitud del modelo restringido (mínimos cuadrados ordinarios, que asume $\sigma_u^2 = 0$) y $L(H_1)$ es la verosimilitud del modelo irrestricto (frontera estocástica) (Kumbhakar et al. 2015).

restringido al modelo irrestringido. En ese sentido, en lo referido a la validez de las estimaciones realizadas, los valores de los respectivos del *test* LR superan los valores críticos, por lo que se procederá al análisis de los resultados.

Al igual que con el resultado de mínimos cuadrados ordinarios, en este caso los coeficientes cuentan con una interpretación de elasticidad. Los coeficientes encontrados son muy parecidos entre sí y también con los hallados en los resultados de mínimos cuadrados ordinarios. Esto es de esperarse porque los cambios entre modelos se dan en la modelación de las varianzas σ_u^2 y σ_v^2 , pero no en la ecuación principal de frontera. Como se tenía en el caso anterior, los coeficientes son positivos y significativos. Asimismo, aún se cuenta con rendimientos a escala decrecientes. Por otro lado, el análisis de las variables *dummy* es también similar al caso anterior.

5.2.3. Índice de eficiencia técnica

Lo que sigue es calcular el índice de eficiencia técnica para cada firma de la base de datos, siguiendo a Battese y Coelli (1988). Cuanto más alto sea este índice, mayor es la eficiencia presentada por la empresa analizada. Los estadísticos de estos índices se pueden ver en la **Tabla 10**.

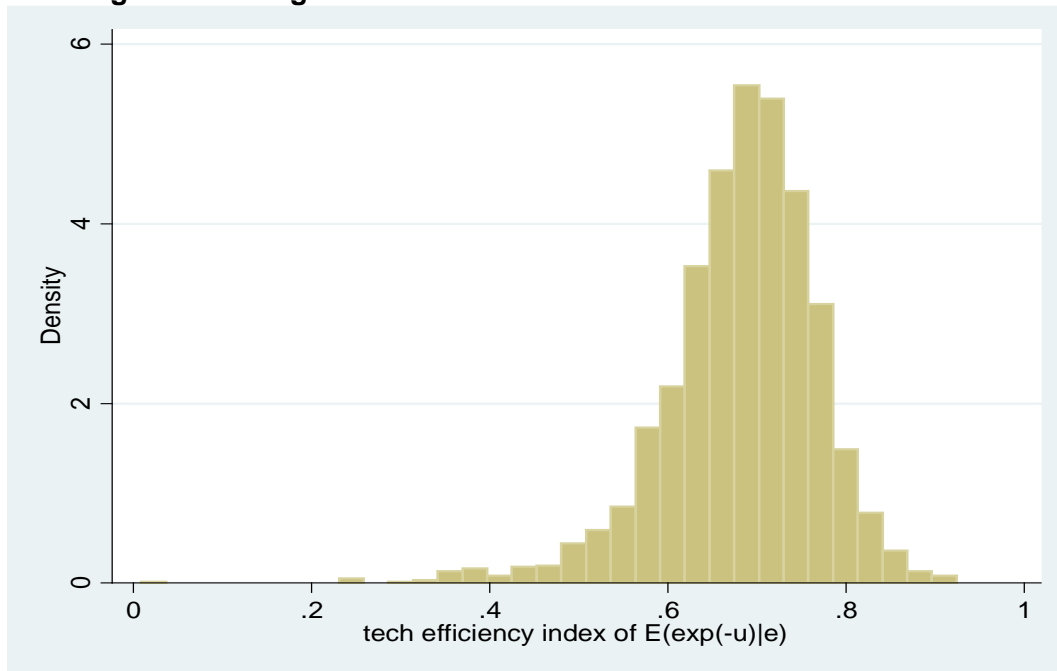
Tabla 10: Índice de eficiencia técnica

	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Modelo 0	0.682	0.087	0.009	0.924
Modelo 1	0.689	0.088	0.008	0.923
Modelo 2	0.685	0.095	0.009	0.999
Modelo 3	0.691	0.097	0.008	0.999
Modelo 4	0.687	0.089	0.009	0.993

De los índices de eficiencia técnica se ve que, en cuanto estadísticos, los resultados son muy parecidos. Según estas estimaciones, las empresas cuentan con un nivel de eficiencia alrededor de 69 por ciento, que señala que, en promedio, producen al 69 por ciento de su máximo producto potencial. Así, se tendría una pérdida de producción por culpa de la ineficiencia de alrededor del 31 por ciento.

A manera de ejemplo, dado que las distribuciones entre modelos son muy parecidas, se presenta a continuación el histograma del índice de eficiencia técnica del Modelo 0. El resto de histogramas se pueden ver en los anexos.

Figura 3: Histograma de índice de eficiencia técnica del Modelo 0



Conviene ver, también, la consistencia entre los índices de eficiencia resultantes de los distintos modelos de frontera estocástica estimados hasta este punto. Es así que en la **Tabla 11** y en la **Tabla 12** se muestran los coeficientes de correlación ordinal τ de Kendall y ρ de Spearman para los índices de eficiencia técnica obtenidos hasta el momento.

Tabla 11: Coeficientes de correlación de rango de índices de eficiencia técnica (τ de Kendall)

	Modelo 0	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Modelo 0	1.000				
Modelo 1	0.869	1.000			
Modelo 2	0.848	0.753	1.000		
Modelo 3	0.770	0.841	0.875	1.000	
Modelo 4	0.927	0.895	0.823	0.819	1.000

Tabla 12: Coeficientes de correlación de rango de índices de eficiencia técnica (ρ de Spearman)

	Modelo 0	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Modelo 0	1.000				
Modelo 1	0.953	1.000			
Modelo 2	0.950	0.897	1.000		
Modelo 3	0.911	0.945	0.959	1.000	
Modelo 4	0.969	0.965	0.937	0.941	1.000

Mientras más altos sean estos índices, mayor correlación habrá en *ranking* de ordenamiento, de menor a mayor, de las empresas por su eficiencia técnica. Se tiene una correlación ordinal alta y positiva, por lo que empresas que aparecen en los primeros puestos de eficiencia en un modelo también lo hacen, en su mayoría, para los otros modelos y viceversa. Esto es una señal de que sí se cuenta con consistencia entre los resultados vistos hasta ahora.

Por otro lado, en la **Tabla 13** se puede ver cómo varían los índices de eficiencia ante la interacción de la tenencia de instrumentos de gestión ambiental y del contar con mujeres ocupando cargos de alta dirección.

Tabla 13: Promedios de índices de eficiencia según tenencia de instrumentos de gestión ambiental y mujeres ocupando cargos de alta dirección

	No instrumentos de gestión ambiental, no mujeres en cargos altos	No instrumentos de gestión ambiental, sí mujeres en cargos altos	Sí instrumentos de gestión ambiental, no mujeres en cargos altos	Sí instrumentos de gestión ambiental, Sí mujeres en cargos altos
Modelo 0	0.677	0.682	0.687	0.701
Modelo 1	0.674	0.679	0.738	0.749
Modelo 2	0.662	0.701	0.673	0.713
Modelo 3	0.657	0.697	0.723	0.763
Modelo 4	0.676	0.681	0.686	0.758

Los resultados muestran que, en promedio, los niveles de eficiencia más bajos se alcanzan siempre cuando las empresas no cuentan con instrumentos de gestión ambiental ni mujeres ocupando cargos altos. Por el contrario, los promedios más altos de eficiencia los obtienen las firmas que sí poseen instrumentos de gestión ambiental y cuentan con mujeres en cargos de alta dirección. Estos números sirven como primer indicio de que, a nivel agregado, sí se cumpliría la HP y que la presencia de mujeres en las empresas sí importan para la obtención de una mayor eficiencia en las empresas. En la siguiente sección se estudia el impacto específico de ambos hechos sobre la ineficiencia.

5.2.4. Efectos marginales sobre la ineficiencia

Siguiendo la metodología de Wang (2002), se puede calcular el efecto marginal de las variables de interés sobre la esperanza y la varianza incondicionales de la ineficiencia²³ para los modelos que cuentan con variables explicativas en las ecuaciones de varianza (Modelos 1, 2, 3 y 4).

²³ Se debe de notar que estos resultados no necesariamente están en la misma escala que los del índice de ineficiencia de Battese y Coelli (1988), que son, en el fondo, una esperanza condicional. La metodología de Wang (2002) calcula efectos marginales sobre la esperanza y la varianza incondicionales del término de ineficiencia.

Tabla 14: Efectos marginales sobre la ineficiencia

	Modelo 1				Modelo 2				Modelo 3				Modelo 4			
	Efecto marginal sobre $E(u)$															
	Media	Desv. est.	Mín.	Máx.	Media	Desv. est.	Mín.	Máx.	Media	Desv. est.	Mín.	Máx.	Media	Desv. est.	Mín.	Máx.
AMB	-0.138	0.016	-0.145	-0.105					-0.143	0.027	-0.167	0.000				
L^{MUJ}					-0.038	0.005	-0.042	0.000	-0.040	0.008	-0.047	0.000				
MULT													-0.089	0.009	-0.092	-0.001
	Efecto marginal sobre $V(u)$															
	Media	Desv. est.	Mín.	Máx.	Media	Desv. est.	Mín.	Máx.	Media	Desv. est.	Mín.	Máx.	Media	Desv. est.	Mín.	Máx.
AMB	-0.068	0.014	-0.074	-0.039					-0.071	0.023	-0.094	0.000				
L^{MUJ}					-0.019	0.004	-0.023	0.000	-0.020	0.006	-0.026	0.000				
MULT													-0.044	0.007	-0.046	0.000

Los coeficientes de los efectos marginales sobre la esperanza incondicional del término de ineficiencia $E(u)$ se interpretan como el impacto que tienen las variables de interés sobre dicho término de ineficiencia. Así, un efecto marginal con signo negativo de X unidades sobre la ineficiencia se relaciona con un incremento de X puntos porcentuales de la producción observada en relación a la frontera de producción. Por el lado de la varianza incondicional del término de ineficiencia $V(u)$, un signo negativo en el efecto marginal implica que la variable explicativa reduce la incertidumbre de la ineficiencia sobre la producción observada. Estos efectos marginales heredan la significancia estadística y el signo de las variables exógenas que aparecen en la ecuación que modela la varianza del término de ineficiencia σ_u^2 .

Del Modelo 1 se tiene que el contar con instrumentos de gestión ambiental, en promedio, reducen la ineficiencia en 0.138 unidades de ineficiencia, lo que análogamente implica un incremento de aproximadamente 14 puntos porcentuales en la producción observada con respecto a la frontera de producción. Este resultado sugiere que la HP se cumpliría para las empresas peruanas consideradas en la muestra²⁴.

Luego, del Modelo 2 se tiene que cada mujer adicional que ocupe un cargo de alta dirección en la empresa se relaciona con una caída, en promedio, de la ineficiencia equivalente a 0.038 unidades de ineficiencia. Este resultado se asocia con un incremento de la producción observada de aproximadamente 4 puntos porcentuales en relación a la frontera de producción. Asimismo, este resultado es consistente con estudios como los de Carter et al. (2003), Erhardt et al. (2003), Smith et al. (2006), Flabbi et al. (2016) y Sato y Ando (2016) indican que la presencia de mujeres en altos cargos de las empresas tienden a tener un impacto positivo en el desempeño de la empresa, en términos de productividad y beneficios.

El Modelo 3 y Modelo 4 contempla la interacción de ambas variables. En primer lugar, en el Modelo 3, cuando se considera a ambas variables en simultáneo pero por separado, se

²⁴ Sin embargo, se debe de resaltar esta relación positiva entre la tenencia de instrumentos de gestión ambiental y la eficiencia de las empresas podría estar influenciada por otros factores que no se están tomando en cuenta en esta regresión. En la siguiente sección, se toma en cuenta esto y se agregan variables controles.

obtienen los mismos resultados para ambas variables. Esto quiere decir que la presencia de una variable en el modelo no afecta a la otra.

En segundo lugar, en el Modelo 4, en donde se toma en cuenta a la variable multiplicativa de la tenencia de instrumentos de gestión ambiental y presencia de mujeres en las empresas. La interpretación del resultado señala que en aquellas empresas que ya cuentan con instrumentos de gestión ambiental, cada mujer adicional que ocupe un cargo de alta dirección reduce la ineficiencia con un promedio de 0.089 unidades de ineficiencia, relacionado con una mejora de aproximadamente 9 puntos porcentuales de la producción observada con respecto a la frontera de producción.

Si se compara el efecto marginal del Modelo 4 con el efecto marginal del Modelo 2, que solo considera el número de mujeres en cargos altos, se puede decir que el contar con un instrumento de gestión ambiental potencia el efecto que tiene el número de mujeres que ocupan dichos cargos sobre la ineficiencia. De esta forma, la interacción de ambas variables resulta en una mejora en los niveles de eficiencia de las empresas.

Asimismo, de los resultados de la ecuación que modela la varianza del término de ineficiencia en la

Tabla 9 se sabe que todos estos efectos marginales sobre los que se ha discutido son estadísticamente significativos.

Por el lado de la varianza incondicional del término de ineficiencia, del Modelo 1 se obtiene que contar con instrumentos de gestión ambiental reduce la varianza en 0.068 unidades en la varianza, como promedio. Del Modelo 2 se tiene que una mujer adicional ocupando un cargo de alta dirección se relaciona con una caída de 0.019 unidades en la varianza, en promedio. El Modelo 3 brinda resultados similares a los dos primeros. Finalmente, del Modelo 4 se tiene que, para aquellas empresas que poseen un instrumento de gestión ambiental, aumentar una mujer a cargos de alta dirección se relaciona con una reducción de 0.044 unidades sobre la varianza. Al igual que con la esperanza incondicional, estos efectos marginales resultan estadísticamente significativos, puesto que heredan la significancia estadística de los coeficientes de la ecuación que modela la varianza del término de ineficiencia y cuyos resultados se ven en la

Tabla 9.

5.3. Pruebas de robustez

Para corroborar los resultados obtenidos anteriormente, que ahora se denominarán como casos base, se realizarán distintas pruebas de robustez. Las pruebas de robustez consisten en agregar distintas variables de control a las ecuaciones de varianza, para ver si es que modifican o no el efecto que tienen las variables de interés sobre la ineficiencia. Asimismo, estas pruebas brindarán luces sobre qué otras variables impactan sobre la ineficiencia de las empresas.

Cabe resaltar que en esta sección solo se muestran los resultados de los efectos marginales. Los resultados completos y la significancia estadística de estos efectos marginales se pueden ver en los anexos.

5.3.1. Número de trabajadores calificados

En la primera prueba de robustez se incluye la variable de número de trabajadores calificados, definidos como aquellos trabajadores con educación superior técnica o universitaria completa, dentro de las ecuaciones que modelan las varianzas.

En la **Tabla 15**²⁵ se aprecia que en todos los casos, esta variable tiene un efecto marginal de -0.001 sobre la ineficiencia por cada trabajador calificado adicional. Como es de esperarse, contar con más trabajadores calificados lleva a una reducción de la ineficiencia, por la mayor habilidad con la que estos cuentan.

La inclusión de esta variable no cambia de manera importante el impacto de las variables *AMB* y *MULT* sobre el promedio de la ineficiencia en comparación al caso base. Sin embargo, sí reduce ligeramente el efecto marginal de L^{MUJ} con respecto al caso base, haciendo que, sobre la ineficiencia promedio, el efecto marginal de una mujer ocupando un puesto de alta dirección en la empresa pase de -0.04 a -0.02, aproximadamente. Esto podría ser porque entre los trabajadores calificados, posiblemente ya se esté contando a parte de las mujeres que ocupan cargos de alta dirección, por lo que el efecto que estas tienen se divide entre ambas variables. Lamentablemente, las encuestas utilizadas no hacen distinción de sexo entre los trabajadores calificados.

No obstante, la variación no es tan grande y el sentido del efecto sigue siendo el mismo. En cuanto a las varianzas, los valores son similares a los del caso base. En ese sentido, los resultados son robustos ante la inclusión de la variable de número de trabajadores calificados.

Tabla 15: Efectos marginales sobre ineficiencia con variable de número de trabajadores calificados

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Efecto marginal sobre $E(u)$				
	Media	Media	Media	Media
<i>AMB</i>	-0.129		-0.130	
L^{MUJ}		-0.019	-0.021	
<i>MULT</i>				-0.088
L^{CAL}	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002
Efecto marginal sobre $V(u)$				
	Media	Media	Media	Media
<i>AMB</i>	-0.073		-0.074	
L^{MUJ}		-0.011	-0.012	
<i>MULT</i>				-0.050
L^{CAL}	-0.001	-0.001	-0.001	-0.001

5.3.2. Ubicación de la empresa

Como parte de la segunda prueba de robustez se considera una variable *dummy* de ubicación de la empresa en las ecuaciones que modelan las varianzas. Dicha variable toma el valor de 1 cuando la empresa se ubica en Lima Metropolitana o el Callao y toma

²⁵ Los resultados completos se encuentran en la **Tabla 23** de los anexos.

el valor de 0 si se ubica fuera de las mencionadas ubicaciones. Los efectos marginales se presentan en la **Tabla 16**²⁶.

Los resultados muestran que ubicarse en Lima Metropolitana o el Callao tiene un efecto marginal sobre la ineficiencia de entre -0.131 y -0.147. Es decir, una empresa ubicada en la capital cuenta con una eficiencia mayor que la de sus pares fuera de la capital en una magnitud de alrededor de 13 y 15 puntos porcentuales con respecto a la frontera de producción, aproximadamente. Esto podría ser porque las empresas de la capital cuentan con mejores y mayores recursos (infraestructura, capital humano, conocimiento, financiamiento, entre otros) que aquellas empresas fuera de la capital.

No se observa mayor variación en los efectos marginales sobre la media de la ineficiencia y sobre la varianza de la ineficiencia de las variables *AMB*, *L^{MUJ}* y *MULT* en referencia al caso base. Por esto, es posible señalar que los resultados son robustos al hecho de considerar una variable de ubicación de la empresa.

Tabla 16: Efectos marginales sobre ineficiencia con variable *dummy* de ubicación en Lima Metropolitana y Callao

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Efecto marginal sobre $E(u)$				
	Media	Media	Media	Media
<i>AMB</i>	-0.133		-0.137	
<i>L^{MUJ}</i>		-0.036	-0.037	
<i>MULT</i>				-0.081
<i>REG</i>	-0.147	-0.131	-0.137	-0.144
Efecto marginal sobre $V(u)$				
	Media	Media	Media	Media
<i>AMB</i>	-0.065		-0.068	
<i>L^{MUJ}</i>		-0.018	-0.019	
<i>MULT</i>				-0.040
<i>REG</i>	-0.071	-0.064	-0.069	-0.071

5.3.3. Tamaño de la empresa

Para la tercera prueba de robustez se añade a las ecuaciones de varianza una variable *dummy* que tiene el valor de 1 cuando la empresa es de tamaño grande, según la clasificación de la ley 30056²⁷, y que cuenta con el valor de 0 en caso contrario (empresas pequeñas y empresas medianas). Los resultados de los efectos marginales se encuentran en la **Tabla 17**²⁸.

En primer lugar, el ser una empresa grande puede reducir la ineficiencia entre 32 y 45 puntos porcentuales, en promedio. El impacto de ser una empresa grande sobre la ineficiencia es importante y se debería a que estas empresas pueden aprovechar economías de escala en su producción, así como que cuentan con mayores y mejores

²⁶ Los resultados completos se encuentran en la **Tabla 24** de los anexos.

²⁷ Se recuerda que esta es la ley MYPE que regía en el año 2014, que es la fecha de donde provienen los datos de producción. En esta se especifican los parámetros de venta por los cuales se clasifican a las empresas en microempresas, pequeñas empresas, medianas empresas y grandes empresas.

²⁸ Los resultados completos se encuentran en la **Tabla 25** de los anexos.

recursos, lo cual las acerca a su frontera de producción. Esto muestra la gran diferencia de eficiencia que existe entre las empresas grandes y el resto.

Sobre el cambio en los efectos marginales de las variables de interés, potencia el efecto marginal, sobre el promedio de la ineficiencia, que la variable *AMB* en el Modelo 1. Se pasa de -0.138 en el caso base a -0.175 en esta prueba de robustez. Esto podría darse porque son las empresas grandes las que son más reguladas, por lo cual deben de adecuar más sus procesos a los estándares medioambientales y, por ende, ganan más en eficiencia por contar con procesos que respetan estos estándares. Sin embargo, en el Modelo 3 la variable *AMB* regresa a tener valores similares a los del caso base.

No se observa mayor cambio sobre el efecto marginal de L^{MUJ} sobre el promedio de la ineficiencia. Por otro lado, al contemplar el tamaño de la empresa, se pierde la significancia estadística de la variable *MULT*. Finalmente, no hay cambios significativos en la varianza de la ineficiencia. Es así que, ante la inclusión de una variable de tamaño de empresa en el modelo, sigue habiendo robustez en los signos de los efectos marginales y en varias de las magnitudes.

Tabla 17: Efectos marginales sobre ineficiencia con variable *dummy* de empresa grande

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Efecto marginal sobre $E(u)$				
	Media	Media	Media	Media
<i>AMB</i>	-0.175		-0.154	
L^{MUJ}		-0.034	-0.032	
<i>MULT</i>				-0.143 §
<i>GRA</i>	-0.325	-0.451	-0.419	-0.396
Efecto marginal sobre $V(u)$				
	Media	Media	Media	Media
<i>AMB</i>	-0.076		-0.070	
L^{MUJ}		-0.016	-0.015	
<i>MULT</i>				-0.060 §
<i>GRA</i>	-0.141	-0.210	-0.190	-0.165

§ Estadísticamente no significativo.

5.3.4. Distribución exponencial para el término de ineficiencia

En la última prueba de robustez, se asume que el término de ineficiencia ya no sigue una distribución *half-normal*, sino que sigue una distribución exponencial. Las ecuaciones que modelan la frontera y la varianza del término de error v siguen siendo las mismas. Sin embargo, para el término de ineficiencia se tiene lo siguiente:

$$f(u_i) = \frac{1}{\eta} \exp\left(-\frac{u_i}{\eta}\right)$$

η es un parámetro a estimar, tal que se cumple lo siguiente:

$$\eta^2 = \exp(Z_{\eta i}' \mu)$$

Donde Z_{η_i} son variables exógenas que afectan dicho parámetro. Aquí se introducirán las variables AMB , L^{MUJ} y $MULT$, sobre las cuales luego es posible hallar, como en los casos anteriores, efectos marginales.

Los resultados de los efectos marginales se aprecian en la **Tabla 18**²⁹. Estos resultan muy similares a los de caso base, excepto para el Modelo 4, que no converge. Por este lado, también se muestra robustez si es que se considera un supuesto de distribución distinto para el término de ineficiencia.

Tabla 18: Efectos marginales sobre ineficiencia con distribución exponencial para término de ineficiencia

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Efecto marginal sobre $E(u)$			
	Media	Media	Media
<i>AMB</i>	-0.130		-0.132
<i>L^{MUJ}</i>		-0.038	-0.039
Efecto marginal sobre $V(u)$			
	Media	Media	Media
<i>AMB</i>	-0.075		-0.078
<i>L^{MUJ}</i>		-0.023	-0.023

* Modelo 4 no converge.

6. Conclusiones

El objetivo general de este estudio fue probar la HP para el caso de las empresas peruanas, es decir, analizar el impacto de las políticas de regulación medioambiental en el desempeño de las empresas. Asimismo, el objetivo específico es estudiar si existe un impacto diferenciado en las empresas que han adoptado instrumentos de gestión ambiental debido a la presencia de mujeres en los altos cargos de la empresa. Para ello se utilizó una metodología de frontera estocástica a partir de la cual se pudo analizar el efecto marginal de las variables de interés sobre la ineficiencia de las empresas y los datos fueron obtenidos de un cruce de tres bases de datos: Encuesta Nacional de Empresas (ENE) 2015 y Encuesta Económica Anual (EEA) 2014 y 2015.

Los resultados sugieren que (i) contar con instrumentos de gestión ambiental aumentan la eficiencia en producción de las empresas, por lo que se estaría probando empíricamente el cumplimiento de la HP; que (ii) la presencia de mujeres en puestos de alta dirección de la empresa también impacta de manera positiva sobre la eficiencia en producción de las empresas, finalmente, que (iii) contar con instrumentos de gestión ambiental potencia el impacto que la presencia de mujeres tienen sobre la eficiencia en producción de las empresas.

Asimismo, se debe de resaltar que los resultados deben de ser tomados con cautela, dado que, por las limitaciones impuestas por los datos, corresponden a un único corte que considera un número reducido de empresas. Así, se está obviando la dimensión temporal del problema y se podrían estar omitiendo variables importantes que no se encuentran entre las bases de datos actualmente disponibles. Esta falta de datos lleva al surgimiento de ciertos tópicos por investigar posteriormente.

²⁹ Los resultados completos se encuentran en la **Tabla 26** de los anexos.

Primero, se analizaron empresas grandes y no MYPE porque en el cruce de bases de datos que se realizó no se encontró con gran cantidad de datos correspondientes a las MYPE. En este sentido, sabiendo que las MYPE representan la mayoría de empresas del país, se espera que bases de datos futuras capturen mayor y mejor información de las MYPE que se pueda usar para análisis similares.

Segundo, un campo interesante de investigación sería ver la evolución de la tenencia de instrumentos de gestión ambiental a lo largo del tiempo y, en base a eso, poder encontrar si existen diferencias relativas entre los impactos que tienen los diferentes instrumentos de gestión ambiental sobre el desempeño de las empresas. Esto último se podrá realizar cuando se publiquen nuevas ediciones de la ENE con información sobre variables medioambientales.

Tercero, en este estudio solo se analizaron firmas de 5 sectores (agroindustria, comercio, construcción, manufactura y servicios) y se trabajó con regiones a nivel agregado (capital y no capital). Con bases de datos que incluyan un mayor número de observaciones para sectores aparte de los considerados y para empresas fuera de la capital se podrían realizar estimaciones específicas por sector y por región, que podrían ayudar a generar políticas focalizadas.

Cuarto, dado que el enfoque de esta investigación ha estado enfocado sobre la eficiencia de las empresas y dada la falta de datos, no se ha estudiado cuál es el impacto que tiene sobre el medioambiente el hecho de que las empresas cuenten con instrumentos de gestión ambiental. Para esto se podrían usar evaluaciones de impacto de la adecuación de los procesos medioambientales de las empresas.

Quinto, no se puede distinguir en la base a aquellas empresas que no necesitan tener un instrumento de gestión ambiental por no presentar riesgos ambientales. Esta también es una restricción impuesta por los datos disponibles. Una mejor estimación se podría hacer con una evaluación de impacto, que compare, sobre un universo de empresas que presentan riesgos ambientales, la eficiencia de aquellas que realizan los procesos necesarios para obtener el instrumento de gestión ambiental y aquellas que no (que, aunque no cumplen con la ley, siguen operando).

Finalmente, la relevancia de este estudio está en ser un primer intento por generar evidencia entre la tenencia de instrumentos de gestión ambiental y la eficiencia de las empresas, con el objetivo de mejorar el diseño de las políticas públicas que promuevan justamente la eficiencia empresarial y la adaptación de los procesos productivos a la regulación medioambiental.

7. Recomendaciones de política

Antes de proceder con las recomendaciones de política, es importante resaltar que los resultados obtenidos provienen de una primera aproximación al tema y se alcanzaron a través de estimaciones realizadas con una base de datos que considera un único periodo 2014-2015 y un número reducido de sectores. En ese sentido, los resultados deben de ser considerados como referenciales y no definitivos, ya que aún hay espacio para que estos puedan ser mejorados en estudios posteriores, y, por ende, las recomendaciones de política deben de ser tomadas con cautela.

Considerando el tema desarrollado en este estudio, los principales actores públicos de interés serían el Ministerio de la Producción (PRODUCE), por el lado de la eficiencia en producción de las empresas, y el Ministerio del Ambiente (MINAM), por el lado del cuidado del medioambiente que surge a partir de la adopción de las empresas de los instrumentos de gestión medioambiental.

Asimismo, tomar en cuenta el impacto diferenciado de la presencia de mujeres en la eficiencia de las empresas va de acuerdo con los lineamientos del Ministerio de la Mujer y Poblaciones Vulnerables (MIMP) que, en su Plan Nacional de Igualdad de Género 2012-2017 (MIMP 2012), establecen como obligatorio considerar las diferencias entre hombres y mujeres para una correcta realización de políticas públicas. La inclusión del enfoque de estudio de género es relevante en un contexto en el que la brecha de género se redujo, reflejado en la disminución del índice de desigualdad de género elaborado por el INEI (2016b) (pasó de ser, en el 2000, 0,526 a 0,420 en el 2015). Además, ha habido un aumento en la participación de la mujer en el mercado laboral (en el 2000 fue 28,9% y aumento, en el 2015, a 63,4%) y en el porcentaje de mujeres que cuentan con educación secundaria o más (pasó de 44%, en el 2000, a 62,5% en el 2015), así como un reconocimiento de derechos y roles en diferentes frentes de la vida. Esto permite a la mujer ir más allá del rol tradicional en el hogar a tener una participación más activa en el ámbito laboral, social y político. A pesar de que en cada vez más empresas celebran la igualdad de género, existe todavía la idea de que contratar a una mujer es más costoso debido a rol de madre y cuidadora de la familia (Sato y Ando 2016). Finalmente, como se ha comprobado en este estudio, los cargos más altos de las empresas están ocupados en mayor proporción por hombres.

A la luz de los resultados obtenidos, se ha visto que estos instrumentos de gestión ambiental aumentarían la eficiencia de las empresas. Este resultado empírico rompe con la creencia de que las regulaciones medioambientales generan costos excesivos que no logran ser compensados por los beneficios de las empresas. Asimismo, se obtuvo que en las empresas que ya han adoptado instrumento de gestión ambiental, la presencia de las mujeres en la alta dirección tiene un impacto positivo.

Entonces, las recomendaciones de política de este estudio serían las siguientes:

- Dado que la relación entre tenencia de instrumentos de gestión ambiental y eficiencia de las empresas es positiva, PRODUCE, dentro de sus Centros de Innovación Productiva y Transferencia Tecnológica (CITE), podría incluir programas y capacitaciones para la transferencia de conocimientos que lleven a la adecuación de las empresas a la regulación ambiental. Con esto las empresas podrían proteger el medioambiente y ganar eficiencia y productividad en el proceso, lo cual se alinea con el tercer eje del Plan Nacional de Diversificación Productiva (PRODUCE 2014b) que hace referencia a la expansión de la productividad.
- Siguiendo por el lado del PRODUCE, dentro de las discusiones que esta entidad mantiene con el sector privado en el programa de Mesas Ejecutivas, dentro de la agenda se podría introducir el tema de regulaciones ambientales como medida de promoción de la eficiencia y la productividad de las empresas. Con esto se ganaría un espacio de difusión de los instrumentos de gestión ambiental como vehículo de incremento de eficiencia y se promovería la adecuación a estándares medioambientales con jugadores clave del sector privado. Como el punto anterior,

esto se alinea con el tercer eje del Plan Nacional de Diversificación Productiva de expansión de la productividad.

- Por su parte, el MINAM podría elaborar un programa de comunicación en donde se difunda al sector privado que la adopción de los procesos productivos a los estándares y regulaciones ambientales podría generar ganancias en eficiencia y productividad para las empresas. Así, iría eliminando la creencia de que las regulaciones medioambientales son perjudiciales para las empresas.
- Como hay un efecto diferenciado en la eficiencia por la presencia de mujeres en la alta dirección de las empresas, se podrían diseñar programas transversales por parte del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (MTPE), que se enfoquen, por un lado, en los sectores en los que hay mayor presencia de mujeres en la alta dirección y, por otro lado, en promover la inclusión de mujeres en la alta dirección de las empresas. Estas acciones se enmarcarían dentro de las cuarta y quinta Políticas Nacionales de Empleo (MTPE 2012), que rigen las acciones del MTPE y que hacen referencia al incremento de las capacidades emprendedoras y a la no discriminación en el mercado de trabajo, respectivamente. Este objetivo podría apoyarse en acciones como:
 - Programas de educación que promuevan igualdad de roles del hombre y la mujer en colegios públicos y privados, institutos superiores y universidades con el objetivo de que las nuevas generaciones comprendan la importancia y los beneficios de la igualdad de derechos y deberes en el ámbito social (familia y amigos) y en el ámbito laboral.
 - Programas de sensibilización sobre la evolución de las brechas de género y las acciones que cada uno, desde su puesto de trabajo, puede hacer para que esta situación mejore en un futuro cercano.

En un tema secundario para esta investigación, como se vio en la sección de pruebas de robustez, las empresas grandes tienen una mayor eficiencia que las más pequeñas, mientras que las empresas ubicadas en la capital presentan mayor eficiencia que las que se ubican en el resto del país. Esto es evidencia de las grandes diferencias existentes entre empresas y muestra la necesidad de actuar mediante políticas públicas para elevar la eficiencia y la productividad de las empresas rezagadas, que son la mayoría, cuando se considera su cantidad. En ese sentido, urge seguir con políticas como las propuestas en el Plan Nacional de Diversificación Productiva, con un enfoque en empresas pequeñas y fuera de la capital.

Asimismo, investigaciones como esta muestran la relevancia de contar con encuestas de empresas bien diseñadas, que es algo con lo que en el Perú no se ha contado consistentemente a lo largo del tiempo. Se espera que esta investigación, al ser uno de los primeros trabajos que usa la Encuesta Nacional de Empresas, difunda el uso de esta.

Finalmente, a partir del uso de la mencionada encuesta, se pueden proponer recomendaciones para ampliarla y mejorarla. En la encuesta se podrían incluir más variables que, por ejemplo, pregunten directamente por la inversión realizada para la obtención de los instrumentos de gestión ambiental o que cuantifiquen las emisiones de contaminantes de las empresas, con lo que se podría poner a prueba cuáles son los canales por los cuales se cumple la HP (se recuerda que en este estudio solo estudia la hipótesis de forma indirecta) o cuál es el efecto final de las innovaciones sobre el medioambiente y la sociedad.

8. Bibliografía

- Acemoglu, D. (2009). *Introduction to Modern Economic Growth*. MIT Press.
- Agarwal, B. (2009). Gender and forest conservation: The impact of women's participation in community forest governance. *Ecological Economics*, 68(11), 2785-2799.
- Agarwal, B. (2010). *Gender and green governance: the political economy of women's presence within and beyond community forestry*. Oxford University Press.
- Aguilar, G. & Clausen, J. (2013). Social Efficiency in Peruvian Microfinance Institutions: a Semi-Parametric Approach. *Documento de Trabajo 358. Departamento de Economía PUCP*.
- Aigner, D., Lovell, C. K., & Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6(1), 21-37.
- Aghion, P & Akcigit, U. (2015). *Innovation and Growth: The Schumpeterian Perspective*.
- Aghion, P., & Howitt, P. (1992). A model of growth through creative destruction. *Econometrica*, 60(2), 323-351.
- Akulava, M. (2015). Gender and innovativeness of the enterprise: The case of transition countries. *BEROC WP 31*.
- Albrizio, S., Kozluk, T., & Zipperer, V. (2017). Environmental policies and productivity growth: Evidence across industries and firms. *Journal of Environmental Economics and Management*, 81, 209-226.
- Alpay, E., Kerkvliet, J., & Buccola, S. (2002). Productivity growth and environmental regulation in Mexican and US food manufacturing. *American Journal of Agricultural Economics*, 84(4), 887-901.
- Alsos, G., Ljunggren, E., & Hytti, U. (2013). Gender and innovation: state of the art and a research agenda. *International Journal of gender and Entrepreneurship*, 5(3), 236-256.
- Alvarez, R., & Crespi, G. (2003). Determinants of technical efficiency in small firms. *Small Business Economics*, 20(3), 233-244.
- Ambec S. & Lanoie P. (2008). Does it pay to be green? A systematic overview. *The Academy of Management Perspectives*, 22(4), 45-62
- Ambec, S., Cohen, M. A., Elgie, S., & Lanoie, P. (2013). The Porter hypothesis at 20: can environmental regulation enhance innovation and competitiveness? *Review of Environmental Economics and Policy*, 7(1), 2-22.
- Arandia Miura, A., & Aldanondo-Ochoa, A. (2008). Social Versus Private Efficiency: A Comparison of Conventional and Organic Farming Systems in Vineyard Production. In 2008 International Congress, August 26-29, 2008, Ghent, Belgium (No. 44416). European Association of Agricultural Economists.

Badunenko, O., Fritsch, M., & Stephan, A. (2008). *What drives the productive efficiency of a firm? The importance of industry, location, R&D, and size* (No. 775). DIW Discussion Papers.

Banco Mundial (2017). Strategic Environmental Assessment. <<http://www.worldbank.org/en/topic/environment/brief/strategic-environmental-assessment>>. Consultado el 7 de febrero del 2017.

Battese, G. E., & Coelli, T. J. (1988). Prediction of firm-level technical efficiencies with a generalized frontier production function and panel data. *Journal of Econometrics*, 38(3), 387-399.

Belghiti-Mahut, S., Lafont, A. L., & Yousfi, O. (2016). Gender gap in innovation: a confused link?. *Journal of Innovation Economics & Management*, (1), 159-177.

Berman, E., & Bui, L. T. (2001). Environmental regulation and productivity: evidence from oil refineries. *Review of Economics and Statistics*, 83(3), 498-510.

Bogetoft, P., & Otto, L. (2010). *Benchmarking with DEA, SFA, and R*. Springer Science & Business Media.

Braun, P. (2010). Going green: women entrepreneurs and the environment. *International Journal of Gender and Entrepreneurship*, 2(3), 245-259.

Campbell, K., and A. Minguez-Vera (2008), "Gender Diversity in the Boardroom and Firm Financial Performance", *Journal of Business Ethics*, 83, 435-451.

Carter, D.A., B.J. Simkins., and W.G. Simpson (2003), "Corporate Governance, Board Diversity, and Firm Value", *Financial Review*, 38, 33-53.

Cheng, C. C., Yang, C. L., & Sheu, C. (2014). The link between eco-innovation and business performance: a Taiwanese industry context. *Journal of Cleaner Production*, 64, 81-90.

Christiansen, L., Lin, H., Pereira, J., Topalova, P. B., & Turk, R. (2016). Gender diversity in senior positions and firm performance: Evidence from Europe. *IMF Working Paper 16/50*.

Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., & Battese, G. E. (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. Springer Science & Business Media.

Cohen, M. A., & Tubb, A. (2016). *The Impact of Environmental Regulation on Firm and Country Competitiveness: A Meta-Analysis of the Porter Hypothesis*

Comin, D. (2010). Total factor productivity. En Durlauf, S., & Blume, L. (editores). *Economic Growth*, 260-263. Palgrave Macmillan UK.

Darnall, N., Jolley, G. J., & Handfield, R. (2008). Environmental management systems and green supply chain management: complements for sustainability? *Business Strategy and the Environment*, 17(1), 30-45.

Daunfeldt, S. O., & Rudholm, N. (2012). Does gender diversity in the boardroom improve firm performance?. Departamento de Economía de la Universidad de Dalarna.

Davis, P. S., Babakus, E., Englis, P. D., & Pett, T. (2010). The influence of CEO gender on market orientation and performance in service small and medium -sized service businesses. *Journal of Small Business Management*, 48(4), 475-496.

Defensoría del Pueblo (2016). Reporte de Conflictos Sociales 148, Junio 2016.

Erhardt, N.L., J.D. Werbel., and C.B. Schrader (2003), "Board of Directors Diversity and Firm Financial Performance", *Corporate Governance: An International Review*, 11, 102-111.

Easterly, W., & Levine, R. (2001). What have we learned from a decade of empirical research on growth? It's Not Factor Accumulation: Stylized Facts and Growth Models. *The World Bank Economic Review*, 15(2), 177-219.

El Peruano (2012). Decreto Supremo 019-2012-AG. El Peruano.

Faccio, M., Marchica, M., & Mura, R (2016). "CEO gender, corporate risk-taking, and the efficiency of capital allocation." *Journal of Corporate Finance*.

Faucheux, S., & Nicolai, I. (1998). Environmental technological change and governance in sustainable development policy. *Ecological economics*, 27(3), 243-256.

Figge, F., & Hahn, T. (2012). Is green and profitable sustainable? Assessing the trade-off between economic and environmental aspects. *International Journal of Production Economics*, 140(1), 92-102.

Flabbi, L., Macis, M., Moro, A., & Schivardi, F. (2016). Do female executives make a difference? The impact of female leadership on gender gaps and firm performance (No. w22877). National Bureau of Economic Research.

Forsund, F. R., Lovell, C. K., & Schmidt, P. (1980). A survey of frontier production functions and of their relationship to efficiency measurement. *Journal of econometrics*, 13(1), 5-25.

Fried, H., Lovell, C. K., & Schmidt, S. (2008). Efficiency and productivity. En Fried, H., Lovell, C. K., & Schmidt, S. (editores). *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth*, 3-91. Oxford University Press.

Galia, F., Zenou, E., & Ingham, M. (2014). Board composition and environmental innovation: does gender diversity matter?. *International Journal of Entrepreneurship and Small Business*, 24(1), 117-141.

Greene, W. H. (2008). The econometric approach to efficiency analysis. En Fried, H., Lovell, C. K., & Schmidt, S. (editores). *The Measurement of Productive Efficiency and Productivity Growth*, 92-250. Oxford University Press.

Grosskopf, S. (1993). Efficiency and productivity. En Fried, H., Lovell, C. K., & Schmidt, S. (editores). *The Measurement of Productive Efficiency*, 160-196. Oxford University Press.

Ghisetti, C., & Rennings, K. (2014). Environmental innovations and profitability: How does it pay to be green? An empirical analysis on the German Innovation survey. *Journal of Cleaner production*, 75, 106-117.

Ghosal, V., Stephan, A., & Weiss, J. (2014). Decentralized Regulation, Environmental Efficiency and Productivity (No. 342). Royal Institute of Technology, CESIS-Centre of Excellence for Science and Innovation Studies.

Gollop, F.M. and M.J. Roberts (1983) 'Environmental Regulations and Productivity Growth: The Case of Fossil-fuelled Electric Power Generation', *Journal of Political Economy* 91(4):654-674.

Griliches, Z. (1979). Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth. *Bell Journal of Economics*, 10(1), 92-116.

Griliches, Z. (1998). R&D and productivity. *National Bureau of Economic Research Books*.

Hamamoto, M. (2006). Environmental regulation and the productivity of Japanese manufacturing industries. *Resource and energy economics*, 28(4), 299-312.

Hawkes, G. R., Pilisuk, M., Stiles, M. C., & Acredolo, C. (1984). Assessing risk: A public analysis of the medfly eradication program. *Public Opinion Quarterly*, 48(2), 443-451.

Hernandez-Sancho, F., Picazo-Tadeo, A., & Reig-Martinez, E. (2000). Efficiency and environmental regulation. *Environmental and Resource Economics*, 15(4), 365-378.

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) (2014). Resultados de la Encuesta de la Micro y Pequeña Empresa 2013. INEI

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) (2016a). Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2015. INEI

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) (2016b). Perú: Brechas de Género 2016. INEI

Jackson, C., & Pearson, R. (Eds.). (2005). *Feminist visions of development: gender analysis and policy*. Routledge.

Jaffe, A. B., & Palmer, K. (1997). Environmental regulation and innovation: a panel data study. *Review of Economics and Statistics*, 79(4), 610-619.

Jaffe, A. B., Peterson, S. R., Portney, P. R., & Stavins, R. N. (1995). Environmental regulation and the competitiveness of US manufacturing: what does the evidence tell us? *Journal of Economic literature*, 33(1), 132-163.

Jondrow, J., Lovell, C. K., Materov, I. S., & Schmidt, P. (1982). On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model. *Journal of econometrics*, 19(2-3), 233-238.

Kodde, D. A., & Palm, F. C. (1986). Wald Criteria for Jointly Testing Equality and Inequality Restrictions. *Econometrica*, 54(5), 1243-1248.

Kozluk, T. and V. Zipperer (2014), Environmental Policies and Productivity Growth: A Critical Review of Empirical Finding, *OECD Journal: Economic Studies*, Vol. 2014(1), pp. 155-185.

Kumar, S. (2009). Environmental regulation and production efficiency. En Kumar, S., & Managi, S. (editores). *The Economics of Sustainable Development: The Case of India*, 127-138. Springer.

Kumbhakar, S. C., & Lovell, C. K. (2003). *Stochastic frontier analysis*. Cambridge University Press.

Kumbhakar, S. C., & Wang, H. (2015). Estimation of technical inefficiency in production frontier models using cross-sectional data. En Ray, S., Kumbhakar, S.C., & Dua, P. (editores). *Benchmarking for Performance Evaluation*, 1-74. Springer.

Kumbhakar, S. C., Wang, H., & Horncastle, A. P. (2015). *A Practitioner's Guide to Stochastic Frontier Analysis Using Stata*. Cambridge University Press.

Lanjouw, J. O., and A. Mody, "Stimulating Innovation and the International Diffusion of Environmentally Responsive Technology: The Role of Expenditures and Institutions," mimeo (1993).

Lankoski, L. (2006). Environmental and economic performance: The basic links. En S. Schaltegger, & M. Wagner (Eds.), *Managing the business case for sustainability*

Lanoie, P., Patry, M., & Lajeunesse, R. (2008). Environmental regulation and productivity: testing the Porter hypothesis. *Journal of Productivity Analysis*, 30(2), 121-128

Lanoie, P., Laurent
policy, innovation and performance: new insights on the Porter hypothesis. *Journal of Economics & Management Strategy*, 20(3), 803-842.

-Lucchetti, J., J

León, J. (1989). Microempresas urbanas: el caso de Lima Metropolitana. *Economía*, 12(23), 103-122.

Lovell, C. K. (1993). Production frontiers and productive efficiency. En Fried, H., Lovell, C. K., & Schmidt, S. (editores). *The Measurement of Productive Efficiency*, 3-67. Oxford University Press.

Lucas, R. E. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3-42.

Managi, S., Opaluch, J. J., Jin, D., & Grigalunas, T. A. (2005). Environmental regulations and technological change in the offshore oil and gas industry. *Land Economics*, 81(2), 303-319.

Marmolejo-Saucedo, J., Rodríguez-Aguilar, R., Cedillo-Campos, M. & Salazar-Martínez, M. (2015). "Technical efficiency of thermal power units through a stochastic frontier". *Revista DYNA*, 82(191), pp. 63-68.

Marklund, P. O. (2003). Environmental regulation and firm efficiency: Studying the Porter hypothesis using a directional output distance function.

Mazzanti, M., & Zoboli, R. (2009). Environmental efficiency and labour productivity: Trade-off or joint dynamics? A theoretical investigation and empirical evidence from Italy using NAMEA. *Ecological Economics*, 68(4), 1182-1194.

Meeusen, W., & Van den Broeck, J. (1977). Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. *International Economic Review*, 18(2), 435-444.

Mekonnen, D. K., Spielman, D. J., Fonsah, E. G., & Dorfman, J. H. (2015). Innovation systems and technical efficiency in developing-country agriculture. *Agricultural Economics*, 46(5), 689-702.

Ministerio del Ambiente (MINAM) (2011a). *Compendio de la Legislación Ambiental Peruana. Volumen VI*. Ministerio del Ambiente.

Ministerio del Ambiente (MINAM) (2011b). *Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental y su Reglamento*. Ministerio del Ambiente.

Ministerio del Ambiente (MINAM) y Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA) (2016). *Manual de Legislación Ambiental*. <<http://www.legislacionambientalspda.org.pe>> Consulta: 22 de noviembre del 2016.

Ministerio de la Mujer y Poblaciones Vulnerables (MIMP) (2012). *Plan Nacional de Igualdad de Género 2012-2017*.

Ministerio de la Producción (PRODUCE) (2014a). *Las MIPYMES en cifras 2013*. PRODUCE.

Ministerio de la Producción (PRODUCE) (2014b). *Plan Nacional de Diversificación Productiva*. PRODUCE.

Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (MTPE) (2012). *Políticas Nacionales de Empleo*. MTPE.

Mollenkopf, D., Stolze, H., Tate, W. L., & Ueltschy, M. (2010). Green, lean, and global supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 40(1/2), 14-41.

Murty, M. N., Kumar, S., & Paul, M. (2006). Environmental regulation, productive efficiency and cost of pollution abatement: a case study of the sugar industry in India. *Journal of Environmental Management*, 79(1), 1-9.

National Environment Commission Secretariat (NEC) (2011). Environmental management tools & techniques – National Capacity Self Assessment Project. Royal Government of Bhutan.

Nishitani, K., & Itoh, M. (2016). Product innovation in response to environmental standards and competitive advantage: a hedonic analysis of refrigerators in the Japanese retail market. *Journal of Cleaner Production*, 113, 873-883.

Olley, G. S., & Pakes, A. (1996). The dynamics of productivity in the telecommunications equipment industry. *Econometrica*, 64(6), 1263-1297.

Palmer, K., Oates, W. E., & Portney, P. R. (1995). Tightening environmental standards: The benefit-cost or the no-cost paradigm? *The Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 119-132.

Pejić Bach, M., Sasvári, P. L., Merkač Skok, M., Dwivedi, R., Wai Yee, L., Šimičević, V., & Abramović, K. (2012). Gender perspective on entrepreneurial intentions and innovation cognitive style: cross-country study.

Perelman, S. (1995). R&D, technological progress and efficiency change in industrial activities. *Review of Income and Wealth*, 41(3), 349-366.

Porter, M., 1991. America's green strategy. *Sci. Am.* 264 (4), 168.

Porter, M. E., & Van der Linde, C. (1995). Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. *The Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 97-118.

Requate, T. (2005). Dynamic incentives by environmental policy instruments—a survey. *Ecological economics*, 54(2), 175-195.

Ricci, F. (2007). Channels of transmission of environmental policy to economic growth: A survey of the theory. *Ecological Economics*, 60(4), 688-699.

Rubashkina, Y., Galeotti, M., & Verdolini, E. (2015). Environmental regulation and competitiveness: Empirical evidence on the Porter Hypothesis from European manufacturing sectors. *Energy Policy*, 83, 288-300.

Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*, 98(5), S71-S102.

Sato, Y., & Ando, M. (2016). Does Assigning More Women to Managerial Positions Enhance Firm Productivity? Evidence from Sweden.

Simpson, R. D., & Bradford III, R. L. (1996). Taxing variable cost: environmental regulation as industrial policy. *Journal of Environmental Economics and Management*, 30(3), 282-300.

Smith, N., Smith, V., & Verner, M. (2006). Do women in top management affect firm performance? A panel study of 2,500 Danish firms. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 55(7), 569-593.

Smith, J. B. and W. A. Sims (1985), "The impact of pollution charges on productivity growth in Canadian brewing", *The RAND Journal of Economics*, Vol. 16(3), pp. 410-423

Solow, R. M. (1956). A contribution to the theory of economic growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65-94.

Steger, M., Steel, B., Pierce, J. and Lovrich, N. (1987). "Public Perceptions of Risk Resulting from Acid Rain: A Comparison of the Origin of Perceptions in Canada and the US". Paper delivered at the Annual Meeting of the Western Political Science Association, Anaheim, California, March 26-28.

Steger, M. A. E., & Witt, S. L. (1989). Gender differences in environmental orientations: a comparison of publics and activists in Canada and the US. *The Eastern Political Quarterly*, 42(4), 627-649.

Swan, T. W. (1956). Economic growth and capital accumulation. *Economic Record*, 32(2), 334-361.

Tello, M. Indicadores del sector MYPE informal en el Perú: Valor agregado, potencial exportador, capacidad de formalizarse y requerimientos de normas técnicas de sus productos. *Documento de Trabajo 310, Departamento de Economía, Pontificia Universidad Católica del Perú.*

UNEP (2005), Millenium Ecosystem Assesment, Washington D.C. Island Press, 2005.

Valenzuela, M. E. (2005). *Nuevo sendero para las mujeres?: microempresa y género en América Latina en el umbral del siglo XXI.* Lom Ediciones.

Varian, H. R. (2010). *Intermediate Microeconomics: A Modern Approach*. WW Norton & Company.

Vatn, A. (2009). Sustainability, institutions and behavior. In *Institutions and Sustainability* (pp. 293-314). Springer Netherlands.

Villarán, F. (2007). *El mundo de la pequeña empresa.* COPEME, CONFIEP, MINCETUR.

Vollebergh, H. R. (2007). Differential impact of environmental policy instruments on technological change: a review of the empirical literature. *SSRN 991612.*

Wang, H. J. (2002). Heteroscedasticity and non-monotonic efficiency effects of a stochastic frontier model. *Journal of Productivity Analysis*, 18(3), 241-253.

Whittington, K. B. (2011). Mothers of invention? Gender, motherhood, and new dimensions of productivity in the science profession. *Work and Occupations*, 38(3), 417-456.

Anexos

8.1. Resumen de estudios relevantes

Tabla 19: Estudios a favor de la hipótesis de Porter

Estudio	Año	País	Conclusión
Berman y Bui	2001	EEUU	En un periodo en donde se incrementó la regulación ambiental para las refinerías, estas lograron elevar su productividad por los cambios introducidos. Empresas no estadounidenses no vieron su productividad crecer.
Alpay et al.	2002	México	La introducción de nuevos estándares ambientales por la firma del NAFTA mejoró los niveles de eficiencia de las empresas mexicanas de procesamiento de comida. Esto no paso en empresas de Estados Unidos, donde los estándares ambientales no variaron por la firma del acuerdo.
Managi et al.	2005	EEUU	En la industria de gas y petróleo, los costos de la regulación ambiental pueden ser caros en el corto plazo, pero se ven compensados por los beneficios de las innovaciones en el largo plazo.
Hamamoto	2006	Japón	Incrementos en la regulación ambiental en empresas de manufactura generaron incrementos en el gasto de I+D, mientras que redujo la edad promedio del stock de capital. Finalmente, se registró un incremento en la productividad.
Murty et al.	2006	India	Hay una relación positiva entre la conservación del agua y la eficiencia de las empresas productoras de azúcar.
Lanoie et al.	2011	OECD	Los estándares ambientales elevaron el desempeño productivo de las empresas de diversos sectores.
Ghosal et al.	2014	Suecia	La regulación ambiental ha hecho que las empresas de papel mejoren sus certificaciones ambientales y que incrementen su productividad. Asimismo, hay efectos spillover de las innovaciones.
Albrizio et al.	2015	OECD	Una política más severa es asociada con un incremento en el corto plazo de la productividad en los países tecnológicamente más avanzados. Para la empresa promedio, no hay evidencia del cumplimiento de la hipótesis de Porter. Sin embargo, las empresas más productivas gozan de un incremento temporal de productividad mientras que las menos productivas tienen una caída de la productividad.
Nishitani e Itoh	2015	Japón	La innovación introducida por la adopción de estándares ambientales en el mercado de refrigeradoras genera incrementos en los precios a través de primas por productos más sofisticados.

Tabla 20: Estudios en contra de la hipótesis de Porter

Estudio	Año	País	Conclusión
Hernández Sancho et al.	2000	España	Las empresas de madera deben sacrificar parte de su producción para cumplir con la regulación ambiental. Las empresas más grandes son las menos perjudicadas.
Kumar	2009	India	La regulación medioambiental reduce la eficiencia en la producción de centrales térmicas.

Tabla 21: Estudios no concluyentes sobre la hipótesis de Porter

Estudio	Año	País	Conclusión
Jaffe et al.	1995	EEUU	Los costos de la innovación asociada a los estándares ambientales en la industria manufacturera pueden ser muy altos para que exista un beneficio en las empresas.
Palmer et al.	1995	EEUU	El gasto en políticas públicas de incentivos para mejoras de estándares medioambientales podría ser muy caro y no pasar un análisis de costo-beneficio.
Jaffe y Palmer	1997	EEUU	No hay una relación estadísticamente significativa entre regulación medioambiental y el gasto en investigación y desarrollo.
Marklund	2003	Suecia	No hay evidencia de que la regulación medioambiental haya elevado la eficiencia en empresas de papel.
Lanoie et al.	2007	OECD	Encontraron evidencia significativa para la versión débil de la HP, evidencia calificada para la versión reducida y para la versión robusta de la HP.
Lanoie et al.	2008	Canada	Efecto negativo de corto plazo debido al costo adicional impuesto por una regulación muy rígida, compensada por un efecto positivo en el mediano plazo. El impacto positivo es más fuerte en el grupo de empresas que están más expuestas a la competencia internacional.
Rubashkina et al.	2014	USA	Evidencia sobre el impacto positivo de la regulación ambiental en la innovación de las empresas (versión débil) y no se encontró evidencia ni a favor ni en contra sobre el efecto de la regulación ambiental en la productividad de las empresas. (versión robusta)
Cohen y Tubb	2015	-	Es más probable que la regulación ambiental tenga un efecto positivo en la competitividad a nivel de estado, región o país. Sin embargo, los resultados no son significativos. Hay un efecto marginal positivo de la regulación a nivel de estado, región o país utilizando una variable de regulación con un rezago.

Tabla 22: Estudios sobre eficiencia y medioambiente que consideran diferencias entre hombres y mujeres

Estudio	Año	País	Conclusión
Steger y Witt	1989	Canadá	El sexo de la cabeza de la compañía tiene efectos en todas las medidas pro-ambiente usadas en el estudio (orientaciones proteccionistas, percepción del riesgo). Asimismo, los hombres conocen más sobre las políticas ambientalistas, pero no es suficiente para incentivar el apoyo a medidas pro-ambientales.
Smith et al.	2005	Dinamarca	Se encontró una relación positiva entre la proporción de mujeres en los altos cargos y el desempeño de la firma, incluso controlando por características de la firma. El grado del impacto depende de las calificaciones de las mujeres en los altos cargos.
Agarwal	2009	India y Nepal	Grupos con mayor proporción de mujeres en el comité ejecutivo muestra mejoras significativas en la condición forestal. Este impacto es atribuible a la contribución de las mujeres en el mejoramiento de la protección forestal y al cumplimiento de las normas.
Alsos et al.	2013	-	Relación positiva entre que el género del conductor de la empresa sea femenino con aplicación de innovaciones.
Akulava	2015	-	Participación femenina en empresas tiene relación positiva con la propensión de las organizaciones a innovar. Asimismo, se concluye que las innovaciones llevadas a cabo por hombres y por mujeres son diferentes y que no se puede determinar cuál es más eficiente.
Flabbi et al.	2016	Estados Unidos	La interacción entre las CEO mujeres y el porcentaje de mujeres que trabajan en la empresa tiene un impacto positivo en el desempeño de las firmas
Pletzer et al.	2015	Estados Unidos	El porcentaje de directores mujeres de una empresa no tiene impacto significativo sobre la productividad de la empresa
Sato y Ando	2016	Japón	Efectos no significativos en productividad pero significativamente positivos en el crecimiento de las firmas en términos de valor agregado y empleo cuando la empresa "reemplaza" a un trabajador en un alto cargo hombre por una mujer.

8.2. Regulación medioambiental³⁰

En el Perú el ente rector en materia medioambiental es el Ministerio del Ambiente (MINAM). Es esta entidad la que brinda los lineamientos generales para el cuidado del medio ambiente. Específicamente, para los estudios de impacto ambiental la entidad que plantea los estándares a seguir es el Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), creado por la Ley 27446 del 2001 y que tiene por tarea ser un “sistema único y coordinado de identificación, prevención, supervisión, control y corrección anticipada de los impactos ambientales negativos derivados de las acciones humanas expresadas por medio del proyecto de inversión” (MINAM 2011b).

A partir de la Ley 27446 también se hicieron obligatorios los procesos de evaluación de impacto ambiental previos al inicio de actividades para todos aquellos proyectos que presentan riesgos medioambientales. Para la aprobación es necesario que las empresas demuestren que han tomado o van a tomar acciones para mitigar dichos riesgos medioambientales. De no aprobar la evaluación, a las empresas encargadas no se les otorgan los permisos necesarios para proceder con el proyecto.

Para saber si una actividad presenta riesgos medioambientales se considera, por ejemplo, si es que la actividad pone en riesgo la salud de las personas; si la actividad pone en riesgo la calidad del aire, del agua, del suelo, del sonido; si la actividad emite residuos líquidos, sólidos, gaseosos o radioactivos; si la actividad pone en riesgo la protección de los recursos naturales y el patrimonio cultural; si la actividad afecta a las comunidades cercanas al proyecto; entre otros criterios.

Sobre los riesgos medioambientales, estos se pueden clasificar por categorías según el posible impacto ambiental que tenga cada proyecto. Ante estos diversos niveles es que surgen los distintos tipos de instrumento de gestión ambiental, que ya se han mencionado a lo largo de la investigación. Así, las empresas con menor riesgo medioambiental deben de contar con una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), mientras que las empresas con riesgos medioambientales medianos y mayores deben de contar con un Estudio de Impacto Ambiental (EIA) semidetallado o detallado, respectivamente.

Las empresas que aprueban la evaluación de impacto ambiental, debido a que han demostrado que han realizado acciones para mitigar los riesgos medioambientales en sus actividades y proyectos, son las que en esta investigación se han considerado como tenedoras de instrumentos de gestión ambiental.

Por otro lado, las empresas que inicialmente no fueron consideradas como riesgosas en términos medioambientales, pero que luego demuestran sí serlo, deben de optar por instrumentos de gestión ambiental correctivos como la Declaración Ambiental para Actividades en Curso (DAAC) para proyectos con riesgos medioambientales menores o el Programa de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) para proyectos con riesgos medioambientales medianos y mayores.

A nivel sectorial, la regulación medioambiental es tarea de las instituciones relacionadas a cada sector, que pueden ser los ministerios correspondientes u otra entidad. Así, en el

³⁰ Esta sección se basa en el volumen de legislación ambiental sectorial del Compendio de la Legislación Ambiental Peruana (MINAM 2011a), en la Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (MINAM 2011b), así como en consultas realizadas a especialistas de los sectores académico y público.

caso de los sectores considerados en esta investigación (agroindustria, comercio, construcción, manufactura y servicios), las entidades encargadas de aprobar los instrumentos de gestión ambiental son los ministerios correspondientes (Ministerio de Agricultura para el sector agroindustria; Ministerio de la Producción para los sectores comercio y manufactura; Ministerio de Transportes y Comunicaciones y Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento para el sector construcción; Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, Ministerio de Energía y Minas, Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Ministerio de Salud para el sector servicios)³¹.

En el caso de proyectos nuevos que deben de contar con una DIA o con un EIA, las acciones mitigadoras de riesgo medioambiental se deben de realizar generalmente antes del inicio de sus actividades o en las etapas iniciales de este y serán fiscalizados por la autoridad competente. En el caso de proyectos que ya están en ejecución, el tiempo para implementar las medidas para contar con un DAAC o un PAMA dependen del sector. Por ejemplo, en los sectores comercio y manufactura, supervisados por el Ministerio de la Producción, las medidas correctivas para la contar con un DAAC o con un PAMA se pueden implementar en hasta 1 año y en hasta 5 años, respectivamente.

A continuación se brindan algunos ejemplos de acciones que las empresas requieren ejecutar para mitigar los riesgos medioambientales y poder conseguir la aprobación de un instrumento de gestión ambiental. Asimismo se ve cómo las acciones tomadas representan innovaciones que pueden mejorar la eficiencia de las firmas.

- En empresas del sector agroindustria, la producción de derivados de la caña de azúcar puede generar residuos como la cachaza, ceniza, entre otros. Si estos residuos no son dispuestos de manera correcta, pueden contaminar el medioambiente, lo que representa un riesgo medioambiental. Aquí una acción a tomar puede ser la aplicación de un proceso de reciclaje de la cachaza para que esta posteriormente se use como abono. Otra acción puede ser implementar medidas de recolección de ceniza en el proceso productivo, la que luego puede ser vendida, en vez de dejar que esta se libere al aire y al suelo. Todas estas medidas elevan la eficiencia de la empresa, pues requieren introducción de nuevas tecnologías que pueden hacer más productiva a la empresa. Asimismo, en este ejemplo las innovaciones en el proceso productivo para mitigar riesgos medioambientales también pueden reducir los costos (como en el uso de la cachaza como abono) e incluso pueden incrementar los ingresos de la empresa (como en el caso de la venta de la ceniza), lo que finalmente mejora la eficiencia de la empresa.
- En muchas empresas del sector manufactura, como en las fábricas de papeles, se trabaja con químicos antes, durante y después del proceso productivo. Si no existe una manipulación correcta de los químicos, se puede ver afectada la integridad de los trabajadores de la empresa, lo cual se clasifica también como un riesgo medioambiental a la salud. En este punto, una acción puede ser la provisión a los trabajadores de equipamiento adecuado para el manejo de los químicos. Con esto se preserva la salud de los trabajadores, lo que se relaciona con una menor ausencia laboral y con una mayor productividad, lo cual termina redundando finalmente en la eficiencia de la empresa.

³¹ Asimismo, posterior a la aprobación de la evaluación de impacto ambiental y de la consecución del instrumento de gestión ambiental, las empresas están sujetas a fiscalización ambiental, la cual se lleva a cabo por otras instituciones especializadas, como el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, OEFA).

8.3. Histogramas de índices de eficiencia

Figura 4: Histograma de índice de eficiencia técnica del Modelo 1

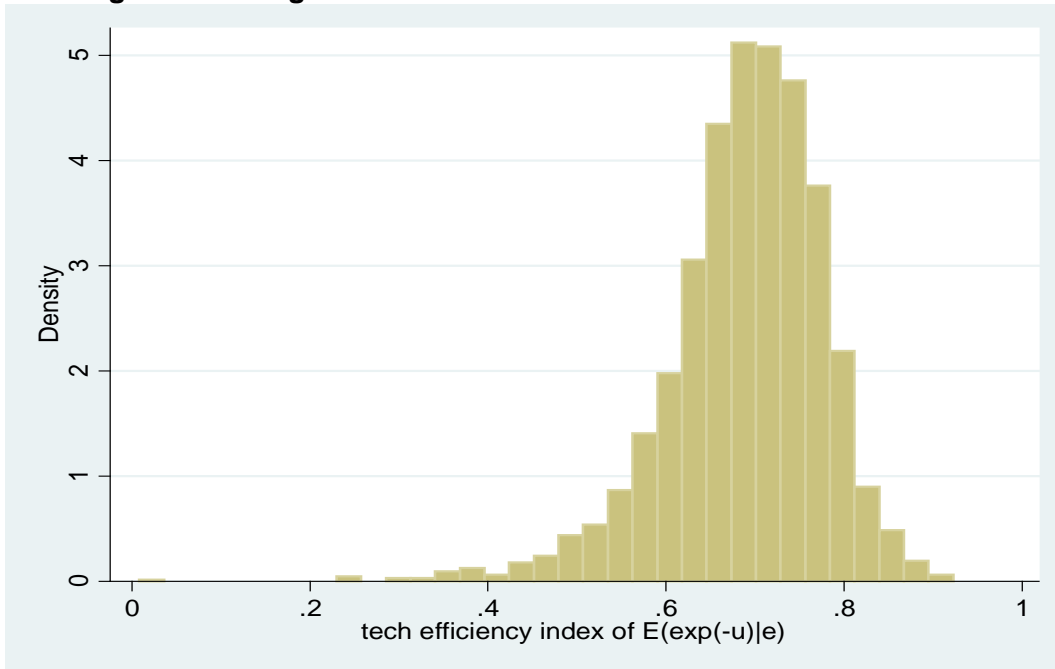


Figura 5: Histograma de índice de eficiencia técnica del Modelo 2

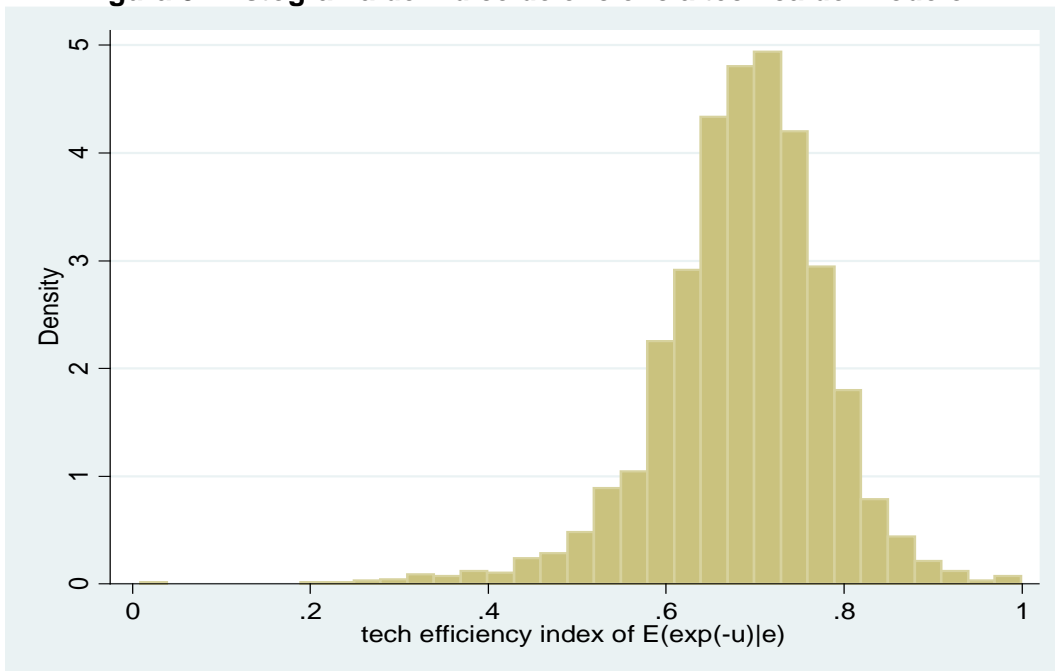


Figura 6: Histograma de índice de eficiencia técnica del Modelo 3

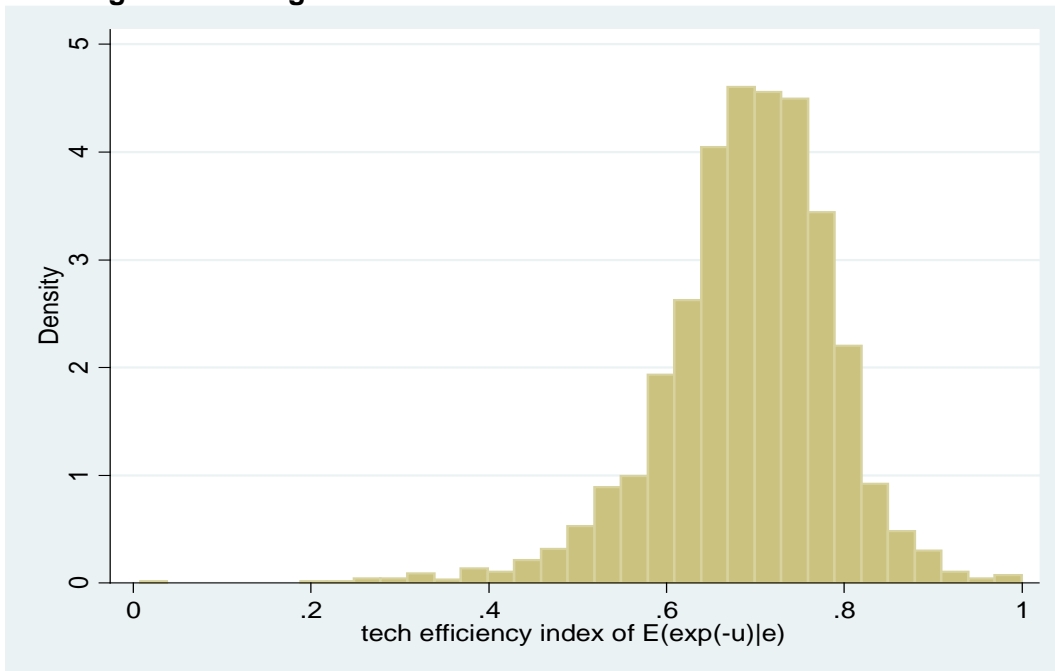
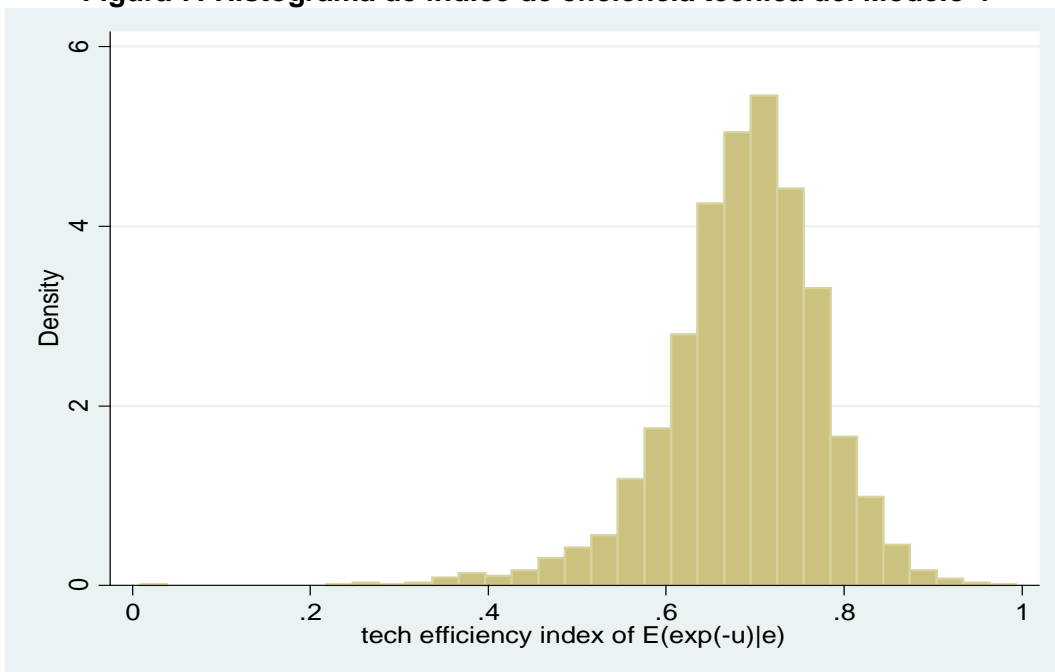


Figura 7: Histograma de índice de eficiencia técnica del Modelo 4



8.4. Estimaciones con variables de control

Tabla 23: Resultados de estimación por máxima verosimilitud con variable de número de trabajadores calificados

	Modelo 1			Modelo 2			Modelo 3			Modelo 4		
	Frontera											
	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value
ln L	0.168	0.017	0.000	0.163	0.017	0.000	0.168	0.017	0.000	0.167	0.017	0.000
ln K	0.055	0.012	0.000	0.058	0.012	0.000	0.054	0.012	0.000	0.056	0.012	0.000
ln INS	0.488	0.013	0.000	0.486	0.013	0.000	0.487	0.013	0.000	0.488	0.013	0.000
d_{agro}	0.035	0.073	0.629	0.042	0.074	0.570	0.036	0.073	0.619	0.036	0.073	0.624
d_{comer}	0.155	0.039	0.000	0.138	0.039	0.000	0.150	0.039	0.000	0.149	0.039	0.000
d_{const}	0.483	0.233	0.039	0.468	0.235	0.047	0.487	0.234	0.037	0.478	0.235	0.042
d_{serv}	0.204	0.047	0.000	0.182	0.047	0.000	0.192	0.047	0.000	0.191	0.047	0.000
constante	7.707	0.223	0.000	7.730	0.224	0.000	7.749	0.224	0.000	7.701	0.223	0.000
	σ_u^2											
	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value
AMB	-0.587	0.173	0.001				-0.596	0.172	0.001			
L^{MUJ}				-0.087	0.048	0.070	-0.095	0.049	0.053			
MULT										-0.398	0.164	0.015
L^{CAL}	-0.011	0.002	0.000	-0.011	0.002	0.000	-0.010	0.002	0.000	-0.010	0.002	0.000
constante	-0.501	0.121	0.000	-0.517	0.121	0.000	-0.428	0.123	0.001	-0.554	0.119	0.000
	σ_v^2											
	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value
AMB	-0.097	0.099	0.329				-0.092	0.100	0.354			
L^{MUJ}				0.012	0.011	0.294	0.011	0.011	0.338			
MULT										-0.090	0.051	0.078
L^{CAL}	0.000	0.000	0.181	0.000	0.000	0.167	0.000	0.000	0.163	0.000	0.000	0.237
constante	-1.126	0.058	0.000	-1.160	0.055	0.000	-1.144	0.061	0.000	-1.129	0.053	0.000
	Otros											
Estadístico LR 1/	458.985			447.198			463.958			456.579		
Eficiencia técnica 2/	0.690			0.688			0.691			0.688		

1/ Este estadístico se compara con una tabla chi-cuadrado de un grado de libertad. El valor crítico al 0.1 es 5.412, el valor crítico al 0.05 es 6.635 y el valor crítico al 0.01 es 9.5 (Kodde y Palm 1986).

2/ Se muestra el promedio de los índices de eficiencia técnica de cada empresa, calculados según Battese y Coelli (1988).

* Para evitar el problema de multicolinealidad se ha omitido la variable *dummy* del sector manufactura.

Tabla 24: Resultados de estimación por máxima verosimilitud con variable *dummy* de ubicación en Lima Metropolitana y Callao

	Modelo 1			Modelo 2			Modelo 3			Modelo 4		
Frontera												
	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value
ln L	0.217	0.015	0.000	0.208	0.015	0.000	0.212	0.015	0.000	0.215	0.015	0.000
ln K	0.064	0.012	0.000	0.066	0.012	0.000	0.062	0.012	0.000	0.065	0.012	0.000
ln INS	0.495	0.013	0.000	0.492	0.013	0.000	0.493	0.013	0.000	0.496	0.013	0.000
d_{agro}	0.073	0.071	0.305	0.083	0.073	0.250	0.076	0.071	0.285	0.075	0.072	0.293
d_{comer}	0.196	0.039	0.000	0.169	0.039	0.000	0.183	0.039	0.000	0.191	0.039	0.000
d_{const}	0.593	0.229	0.010	0.558	0.231	0.016	0.592	0.232	0.011	0.582	0.232	0.012
d_{serv}	0.312	0.048	0.000	0.272	0.047	0.000	0.284	0.048	0.000	0.296	0.047	0.000
constante	7.149	0.213	0.000	7.238	0.214	0.000	7.268	0.213	0.000	7.155	0.213	0.000
σ_u^2												
	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value
AMB	-0.650	0.193	0.001				-0.661	0.188	0.000			
L^{MUJ}				-0.175	0.052	0.001	-0.180	0.052	0.001			
MULT										-0.390	0.146	0.008
REG	-0.717	0.163	0.000	-0.632	0.156	0.000	-0.663	0.155	0.000	-0.689	0.157	0.000
constante	-0.696	0.168	0.000	-0.670	0.159	0.000	-0.530	0.159	0.001	-0.736	0.162	0.000
σ_v^2												
	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value
AMB	-0.163	0.099	0.099				-0.155	0.099	0.118			
L^{MUJ}				0.005	0.010	0.603	0.004	0.010	0.652			
MULT										-0.130	0.051	0.010
REG	0.133	0.104	0.201	0.171	0.104	0.099	0.129	0.104	0.216	0.138	0.104	0.187
constante	-1.134	0.100	0.000	-1.208	0.096	0.000	-1.155	0.100	0.000	-1.152	0.097	0.000
Otros												
Estadístico LR 1/	70.064			67.257			88.340			70.377		
Eficiencia técnica 2/	0.697			0.695			0.696			0.693		

1/ Este estadístico se compara con una tabla chi-cuadrado de un grado de libertad. El valor crítico al 0.1 es 5.412, el valor crítico al 0.05 es 6.635 y el valor crítico al 0.01 es 9.5 (Kodde y Palm 1986).

2/ Se muestra el promedio de los índices de eficiencia técnica de cada empresa, calculados según Battese y Coelli (1988).

* Para evitar el problema de multicolinealidad se ha omitido la variable *dummy* del sector manufactura.

Tabla 25: Resultados de estimación por máxima verosimilitud con variable *dummy* de empresa grande

	Modelo 1			Modelo 2			Modelo 3			Modelo 4		
Frontera												
	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value
ln L	0.210	0.014	0.000	0.202	0.014	0.000	0.205	0.014	0.000	0.209	0.014	0.000
ln K	0.055	0.012	0.000	0.058	0.012	0.000	0.054	0.012	0.000	0.056	0.012	0.000
ln INS	0.508	0.012	0.000	0.504	0.012	0.000	0.505	0.012	0.000	0.507	0.012	0.000
d_{agro}	0.003	0.068	0.966	0.011	0.069	0.871	0.008	0.068	0.905	0.000	0.068	0.998
d_{comer}	0.147	0.038	0.000	0.126	0.038	0.001	0.141	0.038	0.000	0.141	0.038	0.000
d_{const}	0.551	0.218	0.011	0.533	0.224	0.017	0.554	0.222	0.013	0.546	0.222	0.014
d_{serv}	0.317	0.046	0.000	0.284	0.045	0.000	0.301	0.046	0.000	0.305	0.045	0.000
constante	6.889	0.209	0.000	7.100	0.208	0.000	7.100	0.211	0.000	6.974	0.209	0.000
σ_u^2												
	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value
AMB	-2.433	1.086	0.025				-1.195	0.554	0.031			
L^{MUJ}				-0.235	0.075	0.002	-0.250	0.081	0.002			
MULT										-1.309	0.843	0.121
GRA	-4.504	0.815	0.000	-3.146	0.373	0.000	-3.246	0.449	0.000	-3.620	0.553	0.000
constante	0.886	0.213	0.000	1.101	0.215	0.000	1.164	0.216	0.000	0.847	0.206	0.000
σ_v^2												
	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value
AMB	-0.091	0.081	0.259				-0.046	0.085	0.588			
L^{MUJ}				0.004	0.010	0.711	0.002	0.010	0.811			
MULT										-0.069	0.040	0.082
GRA	0.205	0.321	0.523	0.182	0.382	0.633	0.233	0.358	0.514	0.202	0.353	0.566
constante	-1.129	0.324	0.000	-1.208	0.385	0.002	-1.235	0.361	0.001	-1.163	0.356	0.001
Otros												
Estadístico LR 1/	226.343			224.663			238.286			224.430		
Eficiencia técnica 2/	0.885			0.779			0.800			0.827		

1/ Este estadístico se compara con una tabla chi-cuadrado de un grado de libertad. El valor crítico al 0.1 es 5.412, el valor crítico al 0.05 es 6.635 y el valor crítico al 0.01 es 9.5 (Kodde y Palm 1986).

2/ Se muestra el promedio de los índices de eficiencia técnica de cada empresa, calculados según Battese y Coelli (1988).

* Para evitar el problema de multicolinealidad se ha omitido la variable *dummy* del sector manufactura.

Tabla 26: Resultados de estimación por máxima verosimilitud con distribución exponencial para término de ineficiencia

	Modelo 1			Modelo 2			Modelo 3		
	Frontera								
	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value
ln L	0.205	0.015	0.000	0.199	0.014	0.000	0.201	0.014	0.000
ln K	0.062	0.012	0.000	0.064	0.012	0.000	0.060	0.012	0.000
ln INS	0.518	0.012	0.000	0.514	0.012	0.000	0.514	0.012	0.000
d_{agro}	0.038	0.069	0.581	0.047	0.069	0.498	0.043	0.068	0.531
d_{comer}	0.217	0.037	0.000	0.193	0.037	0.000	0.204	0.037	0.000
d_{const}	0.514	0.216	0.017	0.501	0.217	0.021	0.514	0.217	0.018
d_{serv}	0.356	0.046	0.000	0.317	0.045	0.000	0.328	0.045	0.000
constante	6.741	0.198	0.000	6.835	0.199	0.000	6.862	0.198	0.000
	η								
	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value
AMB	-0.924	0.339	0.006				-0.939	0.323	0.004
L^{MUJ}				-0.264	0.025	0.000	-0.277	0.010	0.000
MULT									
constante	-2.385	0.153	0.000	-2.222	0.143	0.000	-2.123	0.146	0.000
	σ_v^2								
	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value
AMB	-0.025	0.094	0.788				-0.021	0.094	0.825
L^{MUJ}				0.009	0.007	0.175	0.009	0.005	0.074
MULT									
constante	-1.078	0.047	0.000	-1.111	0.044	0.000	-1.101	0.047	0.000
	Otros								
Estadístico LR 1/	171.777			178.030			192.004		
Eficiencia técnica 2/	0.783			0.778			0.784		

1/ Este estadístico se compara con una tabla chi-cuadrado de un grado de libertad. El valor crítico al 0.1 es 5.412, el valor crítico al 0.05 es 6.635 y el valor crítico al 0.01 es 9.5 (Kodde y Palm 1986).

2/ Se muestra el promedio de los índices de eficiencia técnica de cada empresa, calculados según Battese y Coelli (1988).

* Para evitar el problema de multicolinealidad se ha omitido la variable *dummy* del sector manufactura.

** Modelo 4 no converge.

*** Con la distribución exponencial, el parámetro a estimar es η . Este también se puede modelar como dependiente de variables explicativas.

8.5. Análisis de eficiencia por sector

En esta sección se procede a revisar los resultados de las estimaciones de eficiencia técnica según sector. En la **Tabla 27** se puede ver que, entre todas las especificaciones usadas para las estimaciones, el sector con mayor eficiencia técnica es el de agroindustria. No es de sorprender el resultado, dado que las empresas de agroindustria consideradas en la muestra son todas de tamaño grande, en donde se aprovechan siempre las economías de escala. Le sigue de cerca el sector manufactura, que es, probablemente, el sector más intensivo en tecnología de los considerados, por lo cual pueden tener diferencias importantes en términos de eficiencia cuando se les compara con los demás sectores.

Tabla 27: Promedio de índice de eficiencia según sector

	Modelo 0	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Promedio entre modelos
Agroindustria	0.686	0.701	0.684	0.699	0.695	0.693
Comercio	0.681	0.685	0.681	0.684	0.684	0.683
Construcción	0.683	0.688	0.670	0.673	0.683	0.679
Manufactura	0.685	0.698	0.683	0.696	0.691	0.691
Servicios	0.680	0.682	0.699	0.701	0.685	0.689

En la **Tabla 28** se presentan los resultados de eficiencia técnica según sector y tenencia de instrumento de gestión ambiental. Validando los resultados vistos en el documento, se tiene que, para cualquier sector, las empresas que cuentan con instrumentos de gestión ambiental son más eficientes que aquellas empresas que no cuentan con dichos instrumentos.

El sector en el que hay una mayor diferencia en eficiencia por la tenencia de instrumentos de gestión ambiental parece ser el de construcción, aunque aquí hay que ser cuidadosos con el resultado, considerando que en la muestra solamente hay 9 observaciones pertenecientes a este sector. Por otra parte, la menor diferencia de índices promedio de eficiencia por tenencia de instrumentos de gestión ambiental se presenta en el sector servicios. Con esto se puede ver que hay sectores donde, hablando en términos de eficiencia, puede importar más el contar con un instrumento de gestión ambiental, mientras que en otros el impacto es menor.

Este resultado también recuerda la importancia de hacer compatibles las políticas sectoriales, como las regulaciones ambientales por cada sector, con las políticas transversales, como aquellas que buscan elevar la eficiencia y la productividad de las empresas que forman parte de la economía. Un buen diseño para las políticas transversales de incremento de eficiencia en las empresas debe de tomar en cuenta que en cada sector le esperan obstáculos y escenarios distintos, por lo que siempre debe de considerar realizar algunas especificaciones por sector, pero no debe de olvidar que el objetivo general es buscar que todos mejoren en conjunto.

Tabla 28: Promedio de índice de eficiencia según sector y tenencia de instrumento de gestión medioambiental

Con instrumento de gestión ambiental						
	Modelo 0	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Promedio entre

						modelos
Agroindustria	0.689	0.741	0.687	0.740	0.718	0.715
Comercio	0.689	0.739	0.687	0.737	0.715	0.713
Construcción	0.747	0.783	0.739	0.775	0.756	0.760
Manufactura	0.703	0.752	0.701	0.749	0.726	0.726
Servicios	0.669	0.723	0.680	0.735	0.719	0.705
Sin instrumento de gestión ambiental						
	Modelo 0	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Promedio entre modelos
Agroindustria	0.685	0.684	0.683	0.681	0.685	0.684
Comercio	0.680	0.676	0.680	0.675	0.678	0.678
Construcción	0.665	0.660	0.650	0.644	0.662	0.656
Manufactura	0.677	0.675	0.676	0.673	0.676	0.676
Servicios	0.681	0.677	0.701	0.697	0.681	0.687

Finalmente, en la **Tabla 29** se presentan los índices de eficiencia según sector y la presencia de por lo menos una mujer ocupando cargos altos en la empresa. Como en el caso anterior, los datos presentados validan los resultados que se obtuvieron anteriormente, puesto que señalan que las empresas que cuentan con mujeres ocupando cargos altos presentan niveles de eficiencia más altos que las empresas que no cuentan con mujeres ocupando cargos altos, para cualquier sector que se ha considerado.

El sector en donde se registra la mayor diferencia sobre la eficiencia por contar con mujeres ocupando cargos en la empresa es, nuevamente, el sector construcción. En cambio, el sector que presenta la menor diferencia en términos de eficiencia por contar con mujeres ocupando cargos altos es el sector manufactura.

Tabla 29: Promedio de índice de eficiencia según sector y mujeres ocupando cargos altos

Con mujeres en cargos altos						
	Modelo 0	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Promedio entre modelos
Agroindustria	0.687	0.702	0.697	0.712	0.704	0.700
Comercio	0.688	0.691	0.701	0.704	0.694	0.696
Construcción	0.698	0.705	0.694	0.701	0.703	0.700
Manufactura	0.684	0.695	0.696	0.708	0.698	0.696
Servicios	0.680	0.682	0.718	0.721	0.689	0.698
Sin mujeres en cargos altos						
	Modelo 0	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4	Promedio entre modelos
Agroindustria	0.686	0.701	0.672	0.685	0.686	0.686
Comercio	0.674	0.678	0.658	0.661	0.672	0.668
Construcción	0.676	0.679	0.658	0.659	0.673	0.669
Manufactura	0.686	0.701	0.672	0.685	0.685	0.686
Servicios	0.680	0.682	0.669	0.670	0.679	0.676

8.6. Comparación de resultados con metodología DEA

Otra forma de calcular índices de eficiencia es a través de la metodología de *data envelopment analysis* o DEA. Al contrario de la metodología usada de frontera estocástica, la metodología DEA no realiza estimaciones econométricas, sino que haya una frontera de eficiencia a partir de un problema de programación lineal que incluye la información de los *inputs* y los *outputs*. Luego, la metodología construye un índice de eficiencia considerando la distancia en el espacio *input-output* de cada empresa con respecto a la frontera. Para mayores detalles, se puede ver, por ejemplo, Bogetoft y Otto (2011).

Específicamente para este trabajo, para corroborar la consistencia de los resultados por frontera estocástica de los índices de eficiencia, se pueden comparar dichos resultados con aquellos que resulten de un cálculo de la metodología DEA³².

Debido a que, como se mencionó, la metodología DEA calcula la frontera de eficiencia a través del planteamiento de un problema de programación lineal con un número de restricciones equivalente al número de empresas de la muestra, requiere de gran poder computacional³³. Es por esta razón que el cálculo DEA en esta ocasión se hizo considerando solo los *inputs* $\ln L$, $\ln K$ y $\ln INS$. Es decir, se excluyeron las variables *dummy* de sector. Además, se asume una eficiencia orientada hacia el *output* y una tecnología con rendimientos a escala decrecientes, tal como ha sucedido con las estimaciones por frontera estocástica.

En primer lugar, se muestran algunos del índice de eficiencia resultante de la metodología DEA, que se define como θ . Mientras más alto sea este índice, con más cercanía operará la firma a la frontera de eficiencia.

	Media	Desv. est.	Mínimo	Máximo
θ	0.883	0.056	0.366	1.000

Se muestra que, en promedio, las firmas operan a un 88 por ciento de su producción de eficiencia. Este número es ligeramente mayor a los índices promedio de eficiencia técnica que resultaron de las estimaciones por frontera estocástica, pero son comparables con algunos de los índices promedio de eficiencia técnica de las estimaciones de robustez realizadas posteriormente³⁴. Así, se puede decir que los resultados de eficiencia por DEA guardan relación, en promedio, con aquellos hallados por frontera estocástica.

Luego, a continuación se presentan los coeficientes de correlación ordinal τ de Kendall y ρ de Spearman que mantiene el índice de eficiencia calculado por la metodología DEA con aquellos calculados por frontera estocástica (Modelos 0, 1, 2, 3 y 4).

³² Cabe recordar que las estimaciones de frontera estocástica realizadas previamente provienen de una metodología muy distinta a la de DEA, por lo que no se debería de esperar que los resultados de ambas metodologías sean exactamente iguales.

³³ Este es uno de los motivos por los cuales se prefirió usar una metodología de frontera estocástica para el cálculo de índices de eficiencia en el presente trabajo.

³⁴ En este punto se debe de mencionar que era de esperar que el índice DEA tuviera un promedio mayor, dado que la metodología impone que necesariamente debe de haber por lo menos una empresa con índice igual a 1, mientras que esto no necesariamente ocurre con la metodología de frontera estocástica.

Tabla 30: Correlación de rango de índice de eficiencia DEA con índices de eficiencia de frontera estocástica

	τ de Kendall	ρ de Spearman
Modelo 0	0.465	0.648
Modelo 1	0.453	0.634
Modelo 2	0.486	0.674
Modelo 3	0.480	0.666
Modelo 4	0.465	0.648

De los resultados se ve que existen coeficientes positivos y altos en términos de correlación. En ese sentido, a través de la metodología DEA, que parte de un planteamiento distinto al de frontera estocástica, se confirma también la existencia de cierta consistencia en el orden de los índices de eficiencia calculados a lo largo de este trabajo.

8.7. Comparación de resultados con especificación *translog* para función de producción

Las estimaciones también se pueden realizar asumiendo una especificación *translog* para la función de producción. Así, la ecuación de la frontera pasa a tener la siguiente forma:

$$\ln Y_{i,2014} = \alpha_1 \ln L_{i,2013} + \alpha_2 \ln K_{i,2013} + \alpha_3 \ln INS_{i,2013} + \alpha_4 \ln L_{i,2013} \ln L_{i,2013} \\ + \alpha_5 \ln K_{i,2013} \ln K_{i,2013} + \alpha_6 \ln INS_{i,2013} \ln INS_{i,2013} + \alpha_7 \ln L_{i,2013} \ln K_{i,2013} \\ + \alpha_8 \ln L_{i,2013} \ln INS_{i,2013} + \alpha_9 \ln K_{i,2013} \ln INS_{i,2013} + \sum_j \gamma_j d_j + \varepsilon_{i,2014}$$

Los resultados son los que siguen:

Tabla 31: Resultados de estimación por máxima verosimilitud con función de producción *translog*

	Modelo 0			Modelo 1			Modelo 2			Modelo 3			Modelo 4		
	Frontera														
	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value
ln L	0.353	0.163	0.030	0.358	0.162	0.028	0.393	0.163	0.016	0.400	0.163	0.014	0.374	0.163	0.022
ln K	0.005	0.139	0.972	-0.002	0.139	0.989	-0.026	0.139	0.850	-0.037	0.139	0.791	0.015	0.139	0.911
ln INS	-0.380	0.155	0.014	-0.367	0.154	0.017	-0.368	0.155	0.018	-0.355	0.155	0.022	-0.390	0.155	0.012
ln L ln L	0.037	0.008	0.000	0.036	0.008	0.000	0.038	0.008	0.000	0.037	0.008	0.000	0.037	0.008	0.000
ln K ln K	0.013	0.006	0.016	0.013	0.006	0.021	0.014	0.006	0.010	0.014	0.006	0.013	0.012	0.006	0.024
ln INS ln INS	0.051	0.006	0.000	0.050	0.006	0.000	0.050	0.006	0.000	0.049	0.006	0.000	0.051	0.006	0.000
ln L ln K	0.028	0.011	0.007	0.028	0.011	0.007	0.026	0.011	0.012	0.026	0.011	0.013	0.026	0.011	0.013
ln L ln INS	-0.058	0.011	0.000	-0.057	0.011	0.000	-0.059	0.011	0.000	-0.059	0.011	0.000	-0.057	0.011	0.000
ln K ln INS	-0.029	0.009	0.002	-0.028	0.009	0.002	-0.029	0.009	0.002	-0.027	0.009	0.003	-0.028	0.009	0.002
d_{agro}	-0.041	0.071	0.561	-0.044	0.070	0.533	-0.034	0.070	0.631	-0.036	0.070	0.604	-0.043	0.070	0.541
d_{comer}	0.203	0.037	0.000	0.215	0.038	0.000	0.186	0.038	0.000	0.199	0.038	0.000	0.208	0.037	0.000
d_{const}	0.545	0.220	0.013	0.559	0.220	0.011	0.541	0.222	0.015	0.555	0.222	0.012	0.561	0.220	0.011
d_{serv}	0.254	0.048	0.000	0.271	0.048	0.000	0.218	0.048	0.000	0.234	0.048	0.000	0.254	0.047	0.000
constante	13.837	1.476	0.000	13.791	1.478	0.000	13.974	1.480	0.000	13.959	1.482	0.000	13.797	1.471	0.000
	σ_u²														
	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value
AMB				-0.523	0.168	0.002				-0.557	0.168	0.001			
L^{MUJ}							-0.170	0.045	0.000	-0.178	0.046	0.000			
MULT													-0.263	0.112	0.019
constante	-1.015	0.127	0.000	-0.946	0.128	0.000	-0.867	0.123	0.000	-0.782	0.124	0.000	-1.011	0.129	0.000
	σ_v²														
	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value	Coef.	Desv. est.	p-value
AMB				-0.010	0.105	0.923				-0.006	0.105	0.951			
L^{MUJ}							0.010	0.008	0.241	0.010	0.008	0.253			
MULT													-0.135	0.063	0.032
constante	-1.213	0.058	0.000	-1.214	0.065	0.000	-1.231	0.059	0.000	-1.234	0.067	0.000	-1.184	0.059	0.000
	Otros														
Estadístico LR 1/	50.493			63.021			69.396			83.548			67.070		
Eficiencia técnica 2/	0.659			0.663			0.665			0.668			0.664		

1/ Este estadístico se compara con una tabla chi cuadrado de un grado de libertad. El valor crítico al 0.1 es 5.412, el valor crítico al 0.05 es 6.635 y el valor crítico al 0.01 es 9.5 (Kodde y Palm 1986).

2/ Se muestra el promedio de los índices de eficiencia técnica de cada empresa, calculados según Battese y Coelli (1988).

* Para evitar el problema de multicolinealidad se ha omitido la variable dummy del sector manufactura.

Como se ha hecho con los demás casos, de las estimaciones se pueden obtener los estadísticos de los índices de eficiencia técnica asociados, así como los efectos marginales de las variables exógenas sobre la ineficiencia.

Tabla 32: Índice de eficiencia técnica con función de producción *translog*

	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Modelo 0	0.659	0.103	0.003	0.920
Modelo 1	0.663	0.104	0.003	0.920
Modelo 2	0.665	0.109	0.004	0.999
Modelo 3	0.668	0.111	0.003	0.999
Modelo 4	0.664	0.102	0.004	0.966

Tabla 33: Efectos marginales sobre la ineficiencia con función de producción *translog*

	Modelo 1				Modelo 2				Modelo 3				Modelo 4			
	E(u)															
	Media	Desv. est.	Mínimo	Máximo	Media	Desv. est.	Mínimo	Máximo	Media	Desv. est.	Mínimo	Máximo	Media	Desv. est.	Mínimo	Máximo
AMB	-0.124	0.012	-0.130	-0.100					-0.131	0.023	-0.150	0.000				
L^{MUJ}					-0.040	0.006	-0.044	0.000	-0.072	0.021	-0.093	0.000				
MULT													-0.062	0.005	-0.063	-0.005
	V(u)															
	Media	Desv. est.	Mínimo	Máximo	Media	Desv. est.	Mínimo	Máximo	Media	Desv. est.	Mínimo	Máximo	Media	Desv. est.	Mínimo	Máximo
AMB	-0.068	0.012	-0.074	-0.044					-0.042	0.007	-0.048	0.000				
L^{MUJ}					-0.022	0.005	-0.026	0.000	-0.023	0.007	-0.030	0.000				
MULT													-0.034	0.004	-0.035	0.000

Lo que se observa es que, tanto a nivel de índices de eficiencia técnica (**Tabla 32**), como a nivel de efectos marginales de las variables exógenas sobre la ineficiencia (**Tabla 33**), los resultados que se obtienen asumiendo una función de producción *translog* son muy similares a los alcanzados con la función de producción Cobb-Douglas. En ese sentido, dado que los resultados brindados son similares, se eligió trabajar principalmente con la función de producción Cobb-Douglas por su simpleza relativa con la función de producción *translog*.