



## La importancia de la gestión ecoeficiente de los residuos en las organizaciones y sus factores de influencia

### The importance of eco-efficient waste management in organizations and its influencing factors

Edgar Walter Vasquez-Reino

Pontificia Universidad Católica Argentina "Santa María de los Buenos Aires", Buenos Aires, Argentina

[ewarey2@gmail.com](mailto:ewarey2@gmail.com)

 <https://orcid.org/0000-0003-1362-7964>

Recepción: 18/07/2022 | Aceptación: 20/10/2022 | Publicación: 31/10/2022

#### Cómo citar (APA, séptima edición):

Vasquez-Reino, E. W. (2022). La importancia de la gestión ecoeficiente de los residuos en las organizaciones y sus factores de influencia. *INNOVA Research Journal*, 7(3.1), 94-118. <https://doi.org/10.33890/innova.v7.n3.1.2022.2137>

#### Resumen

El consumo no controlado y poco eficiente de los recursos naturales ha llevado, en los últimos años a la degradación constante del ambiente, hoy en día, la preocupación por este tema se ha convertido en tendencia mundial, es por esta razón, que las organizaciones se han visto en la necesidad de incluir en su planificación y objetivos estratégicos organizacionales, políticas que contribuyan al cuidado ambiental, de esta manera, se considera a la ecoeficiencia como una estrategia administrativa que lleva a las organizaciones hacia la sostenibilidad. El presente trabajo comprende una revisión bibliográfica sistemática de los diferentes artículos dentro de la temática de la ecoeficiencia, el objetivo de este documento es demostrar la importancia de la implementación de este concepto en las organizaciones, así en este contexto, se pretende también evidenciar lo trascendental de la gestión ecoeficiente de residuos, para este cometido se incluye varias herramientas utilizadas para su estimación, como es el caso de la metodología DEA y algunas de sus variaciones, los factores claves de influencia, sean estos organizacionales internos o del entorno, en diversos tipos de organizaciones y sectores regionales, empresariales, industriales y municipales, para todo esto, se utilizó publicaciones académicas en inglés y español obtenidas de bases de datos de Journal, EBSCO y de libre acceso como Google académico. De la revisión bibliográfica se obtuvo que: Environmental Science and Pollution Research, contiene el 16% de las publicaciones, Business Strategy and the Environment, con una media de 11,28, es la revista de mayor impacto, China es el país con mayor número de publicaciones con un 38%. Algunas

regiones de varios países, municipios y diversos tipos de industria fueron los sectores organizacionales cubiertos por este estudio.

**Palabras claves:** ecoeficiencia; gestión; residuos; factores.

### **Abstract**

The uncontrolled and inefficient consumption of natural resources has led, in recent years, to the constant degradation of the environment, today, concern about this issue has become a global trend, it is for this reason that organizations have seen the need to include in their planning and organizational strategic objectives, policies that contribute to environmental care, in this way, eco-efficiency is considered as an administrative strategy that leads organizations towards sustainability. The present work includes a systematic bibliographic review of the different articles within the theme of eco-efficiency, the objective of this document is to demonstrate the importance of the implementation of this concept in organizations, thus in this context, it is also intended to show the transcendental of eco-efficient waste management, for this purpose several tools used for its estimation are included, as is the case of the DEA methodology and some of its variations, the key factors of influence, whether they are internal organizational or environmental, in various types of regional, business, industrial and municipal organizations and sectors, for all this, academic publications in English and Spanish obtained from Journal, EBSCO and free access databases such as academic Google were used. From the bibliographic review it was obtained that: Environmental Science and Pollution Research, contains 16% of the publications, Business Strategy and the Environment, with an average of 11.28, is the journal with the greatest impact, China is the country with the highest number of publications with 38%. Some regions of various countries, municipalities and various types of industry were the organizational sectors covered by this study.

**Keywords:** eco-efficiency; management; waste; factors.

### **Introducción**

Varias organizaciones internacionales y los gobiernos de diferentes países a escala mundial apuntan sus esfuerzos hacia la sostenibilidad, a partir del año 1987 la Comisión Brundtland, reconocida como la comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo perteneciente a las Naciones Unidas, reafirman el desafío de lograr el desarrollo sostenible mediante la agenda 2030, en la cual, se hace referencia de los 17 objetivos de desarrollo sostenible. (Pomarici y Vecchio, 2019).

Existen diversos estudios sobre la gestión de la ecoeficiencia en el sector industrial privado, investigaciones bajo la perspectiva de la rentabilidad económica, el consumo de energía y el cuidado medioambiental (Chuanjin Zhu, 2021). La ecoeficiencia también es abordada como un elemento fundamental para reducir el agotamiento de los recursos y como instrumento que contribuye al desarrollo sostenible (Matsumoto y Chen 2021), así, algunos autores consideran a la ecoeficiencia como un criterio que sirve para evaluar el desempeño verde considerando todos los insumos que participan en los procesos industriales como energéticos y no energéticos y que llevan a estimar los índices de ecoeficiencia (Rashidi y Farzipoor Saen, 2015). Es importante puntualizar que la gestión ecoeficiente de los residuos en la industria privada no depende de manera exclusiva de la gestión que la empresa realiza, para esto, existen factores que influyen en esta gestión, así por ejemplo, se han identificado factores endógenos como: gasto interno en investigación y

desarrollo, producto regional bruto, inversión en tratamiento de agua residual (Matsumoto y Chen, 2021; Wei et al., 2019) y factores exógenos como normativas gubernamentales, densidad poblacional, desarrollo empresarial, etc. (Chunshan et al., 2018; Passetti y Tenucci, 2016; Zhang Jingjing, 2019)

De la misma forma, como se aplica la ecoeficiencia en el sector empresarial privado, es posible su aplicación en la gestión de la administración pública, de manera específica, por ejemplo, en procesos de desarrollo urbano en municipalidades para la gestión de residuos sólidos o líquidos urbanos, así, una gestión ecoeficiente de estos residuos permite la conservación del ambiente y allanar el camino hacia la sostenibilidad. Como en la industria privada la gestión ecoeficiente de residuos no depende únicamente de la gestión de las organizaciones públicas, existen también diversos factores que influyen en los niveles de ecoeficiencia en las empresas que desean gestionar de manera responsable el tratamiento y disposición de los residuos que generan, así, por ejemplo, existen factores exógenos identificados en municipalidades como la densidad poblacional, turismo, actividades económicas, educación, etc. (Llanquileo et al., 2021; Diaz, Didonet y Dodd, 2017; Delgado-Antequera et al., 2021; Dan Xue et al., 2021)

En este artículo se realiza una revisión de la literatura sobre la ecoeficiencia, su gestión y sus factores de influencia, con el objetivo de determinar los diferentes enfoques, métodos, variables que participan en su estudio, y de esta manera, evidenciar la importancia de su aplicación en los diferentes tipos de organizaciones. Si se considera la relevancia de la conservación de los recursos naturales para la sostenibilidad mundial, siempre se requerirá de una revisión literaria sobre la ecoeficiencia que permita identificar el estado del arte de estos tipos de estudios y poder establecer posibles vacíos de conocimiento que conlleven a futuras investigaciones de este tema.

## Marco Teórico

### Ecoeficiencia

La inquietud en temas de sostenibilidad en el sector empresarial fue abordada a partir del año 2000 por El World Council for Sustainable Development at the World Business Council for Sustainable Development mediante la teoría de la ecoeficiencia, (Diaz et al., 2017), así Advíncula, et al., (2014), definen a la ecoeficiencia como: “el uso eficiente y racional de la energía y los recursos naturales con beneficios ecológicos y económicos, con menos desechos y residuos, logrando disminuir la contaminación ambiental” (p.44), de esta manera, abordan el tema de la ecoeficiencia como una estrategia administrativa que permite mejorar el desempeño ambiental, al mismo tiempo, que tiene una fuerte influencia en el desempeño económico de las organizaciones al generar ahorros significativos; de igual manera, Xiancun Hu y Chunlu Liu (2017) consideran que: “la ecoeficiencia puede describir una forma integrada de crecimiento económico, conservación de recursos y protección del medio ambiente” (p.2)

Por otro lado, Maxime et al., (2006) consideran que la ecoeficiencia es un instrumento para valorar la sostenibilidad de una organización porque tiene como fin disminuir el consumo de recursos y los impactos que las empresas producen hacia la naturaleza, dando como resultado de esto, que la empresa aumente o disminuya el valor de lo que produce, así se puede afirmar que, la ecoeficiencia apareció para resolver la problemática de los residuos y su gestión, que son

originados en cualquier proceso de producción o servicios (Jollands, Lermitt y Patterson, 2004). Son varios los autores que consideran que existen varios tipos de estrategias que pueden llevar a una organización a obtener la ecoeficiencia, dentro de éstas se encuentra la gestión de residuos, reducción de desechos, nuevas tecnologías que maximicen el rendimiento energético y de materias primas, materiales reutilizables y cambios en el uso del tipo de energías. (Lahouel, 2016).

### Metodología

La metodología para el desarrollo del presente trabajo consiste en realizar una revisión de la literatura existente para ubicar estudios e investigaciones referentes a la ecoeficiencia, su gestión y factores de influencia, para de esta manera, sintetizar y evaluar los aportes que realizan cada uno de los artículos revisados, y así, poder llegar al objetivo planteado. Una característica de un trabajo de revisión bibliográfica es la formulación de una pregunta concreta y definida, la búsqueda sistemática y exhaustiva de investigaciones y estudios, la definición de una estrategia que permitan la elección de las investigaciones que van a ser seleccionadas, la extracción de datos, un adecuado y minucioso análisis de resultados con su respectivo reporte, la interpretación de esos resultados con base a los datos extraídos y la visualización de posibles futuras líneas de investigación. (Ravindran y Shankar, 2015).

Para la construcción del conocimiento a partir de una revisión bibliográfica se realiza mediante un enfoque sistémico, el cual, comprende la elaboración del portafolio con el contenido de la bibliografía a ser analizada y un análisis de esta bibliografía (Viegas et al., 2016) de esta manera, se puede establecer las limitaciones y percepciones que tienen el o los autores del artículo a estudiar, entonces, para desarrollar y construir el conocimiento sobre el tema de revisión se debe establecer una pregunta de investigación y de ser necesario, dividir en varias sub preguntas orientadas hacia la pregunta principal (Gusmão et al., 2017) Así la pregunta de la presente investigación es: ¿Cuál es la importancia de la gestión ecoeficiente de residuos en las organizaciones? De esta pregunta general se derivó las siguientes preguntas: ¿Cuáles son los aportes de la ecoeficiencia en las organizaciones? Y ¿Cuáles son los factores claves que inciden en la gestión ecoeficiente de residuos en las organizaciones?

La presente investigación es de tipo descriptivo exploratorio con datos de fuentes primarias y secundarias, el análisis se desarrolla con un enfoque cualitativo, se orienta a la búsqueda de artículos que contenga trabajos de investigación aplicada, se elabora la descripción de estos estudios y su análisis consiste en identificar el tipo de organización, el área donde se ejecuta la investigación, la metodología y las conclusiones relevantes. Esta revisión se acota a la búsqueda de artículos científicos, otro tipo de publicaciones como conferencias, documentos de recopilación de trabajos, publicaciones periódicas y contribuciones no están incluidas en el presente trabajo, se escogió únicamente artículos científicos porque la revisión por pares de éstos es mucho más rigurosa (Podsakoff et al, 2005) en cuanto a la temporalidad la revisión incluye artículos elaborados y publicados desde el año 2016 hasta el año 2022 y las bases de datos que se utilizaron fueron Academic Search Ultimate (EBSCO), E-Journal, SpringerLink y Wiley Online Library.

El eje del presente trabajo es la ecoeficiencia y se realizó la búsqueda de los artículos con la combinación de otras palabras claves como: “gestión”; “residuos”; “factores”; “determinantes”; en las bases de datos mencionadas con anterioridad, se siguió el método CIMO por sus siglas en

inglés (contexto-intervención-mecanismo-resultado) en el que se combinan las palabras claves para que se establezcan los criterios de inclusión o exclusión en la búsqueda, así las cadenas de búsqueda incluyeron: ecoeficiencia y factores, ecoeficiencia y residuos, gestión ecoeficiencia, determinantes ecoeficiencia, así se fue definiendo la búsqueda específica del tema a desarrollar y poder excluir a los artículos que no hacían relación a los dos términos seleccionados, y a la inclusión si el artículo mostraba relación de los dos términos, se presentaron casos en los que se repetían los artículos cuando se utilizaron las diferentes combinaciones, asumiendo que se alcanzó el punto de saturación cuando los artículos continuaban repitiéndose, de esta manera, la selección de los artículos para su revisión fue “manual” de acuerdo a la lectura de los resúmenes (Garza - Reyes, 2015)

A continuación, en la tabla 1 se expone los criterios de selección de los artículos.

**Tabla 1**

*Criterios de selección*

Ítem	Criterio	Inclusión	Exclusión
1	Periodo de tiempo	2016 a 2022 Nota: Inicio en abril de 2020 y se concluyó en febrero 2022	Cualquier estudio anterior a 2016
2	Área	Ciencias humanas y sociales	Alguna área diferente
3	Área de conocimiento	Ciencias ambientales, ingeniería química, Ingeniería Industrial, gestión y administración	Alguna otra área del conocimiento diferente
4	Disciplina para investigar	Administración de empresas, desarrollo sostenible, ambiente	Alguna disciplina diferente
5	Tipo de publicación	Artículos de revista académica revisada por pares	Otro tipo de publicación (documentos de conferencias, publicaciones periódicas)
6	Idioma	Inglés o español	Otro lenguaje
7	Disponibilidad	Disponible en texto completo	No disponible

*Fuente:* Adaptado de Gusmão (2017)

## **Resultados y Discusión**

### **Análisis de la bibliografía**

En esta sección se realizó el análisis de las características de los artículos seleccionados, dentro de este análisis se incluyó las revistas, el número de publicaciones, factor de impacto, el ámbito geográfico y análisis descriptivo de los contenidos.

### **Las revistas y el número de publicaciones**

Como se observa en la figura 1 el Environmental Science and Pollution Research contiene el 16 % , el Journal of Cleaner Production contiene el 8% , el Journal of Industrial Ecology el 6 % , el Journals Ecological Indicators el 6 % y Journal Sustainability 6 %, fueron las revistas que más contribuyeron a la base de datos de los artículos seleccionados, con factor de impacto en los últimos cuatro años de 5.03 para el Environmental Science and Pollution Research y 10.96 para el Journal of Cleaner Production.

**Figura 1**

*Número de publicaciones*



## Factor de impacto

Los artículos que fueron seleccionados para este trabajo están distribuidos en 31 revistas, el factor de impacto se obtuvo del SCI Journal, que es una plataforma que facilita la búsqueda de los factores de impacto de las revistas científicas, este parámetro se utiliza a escala mundial para valorar los artículos científicos, se ha obtenido la media de los últimos 4 años, valor disponible en la fuente consultada, como se puede observar en la tabla 2.

**Tabla 2**

*Factor de impacto y numero de publicaciones*

N°	Revista	Factor de impacto media 4 años	Número de publicaciones
1	Environmental Economics and Policy Studies	2,33	1
2	Journal of Agricultural Economics	4,49	1
3	Environmental Progress & Sustainable Energy	2,80	1
4	Journal of Cleaner Production	10,96	4
5	Environmental and Resource Economics	4,49	1
6	Applied Economics	2,01	1
7	Business Strategy and the Environment	11,28	2
8	Integrated environmental assessment and management	2,21	1
9	Journal of the Analytic Hierarchy Process	2,00	1
10	Journal of Industrial Ecology	7,81	3
11	Construction Management and Economics	4,05	1
12	Sustainability Accounting, Management and Policy Journal	4,13	1
13	Clean Technologies and Environmental Policy	4,52	2
14	Journals Ecological Indicators	6,26	3
15	The International Journal of Life Cycle Assessment	4,52	1
16	Journal of Environmental Planning and Management,	7,06	1
17	Journal Growth and Change	3,07	2
18	Mitigation Adaptation Strategies for Glob Change	3,59	1
19	International Series in Operations Research & Management Science	5,30	1
20	Environmental Science and Pollution Research	5,03	8
21	Journal of Modelling in Management	2,77	1
22	Mathematical Problems in Engineering	1,58	1
23	Waste Management,	8,70	1
24	Journal Sustainability	4,17	2
25	Transactions of the Royal Society of South Africa	1,48	1

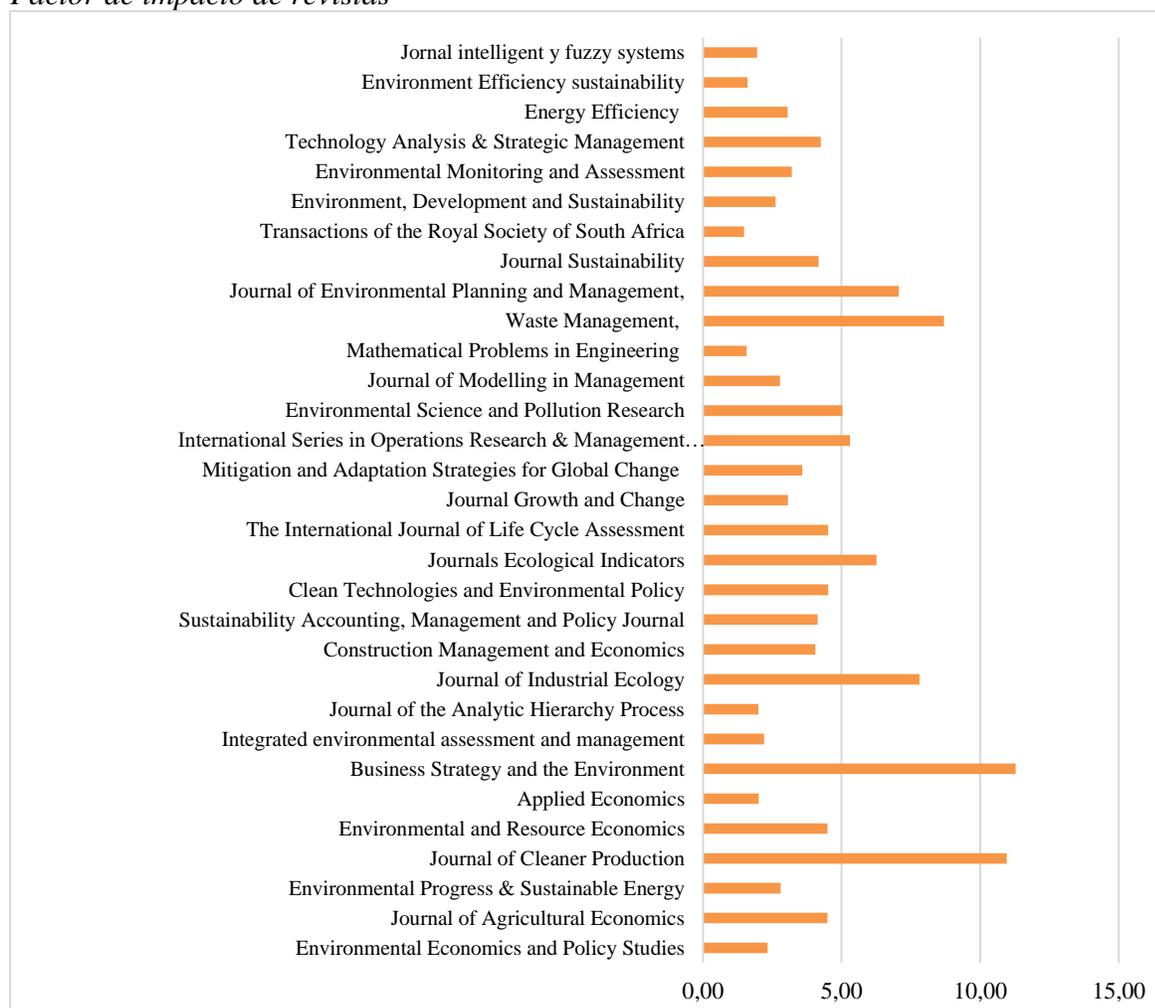
N°	Revista	Factor de impacto media 4 años	Número de publicaciones
26	Environment, Development and Sustainability	2,62	2
27	Environmental Monitoring and Assessment	3,20	1
28	Technology Analysis & Strategic Management	4,25	1
29	Energy Efficiency	3,05	1
30	Environment Efficiency	1,60	1
31	Jornal intelligent y fuzzy systems	1,95	1

Fuente: Elaboración propia.

Con el promedio de factor de impacto de los últimos cuatro años se obtuvo una gráfica comparativa entre las revistas participantes del presente estudio como se puede apreciar en la figura 2.

**Figura 2**

*Factor de impacto de revistas*



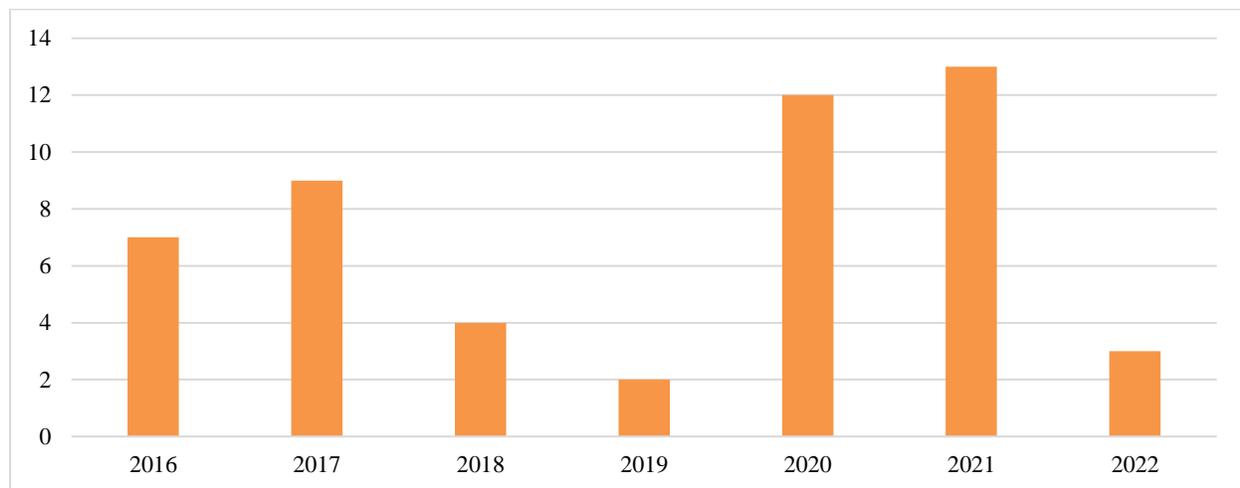
La revista con mayor factor de impacto es la *Business Strategy and the Environment* con 11.28 de puntaje en el promedio de los últimos cuatro años, de la misma forma, en las bases de datos Springer abarca el 40 % de los artículos seleccionados, el resto abarca Wiley y Science Direct, esto da la pauta a los investigadores para su búsqueda en estas bases de datos para estudios relacionados al tema aquí tratado.

### Publicaciones por año

En la figura 3 se puede observar las publicaciones por año del periodo de análisis.

**Figura 3**

*Número de publicaciones por año*



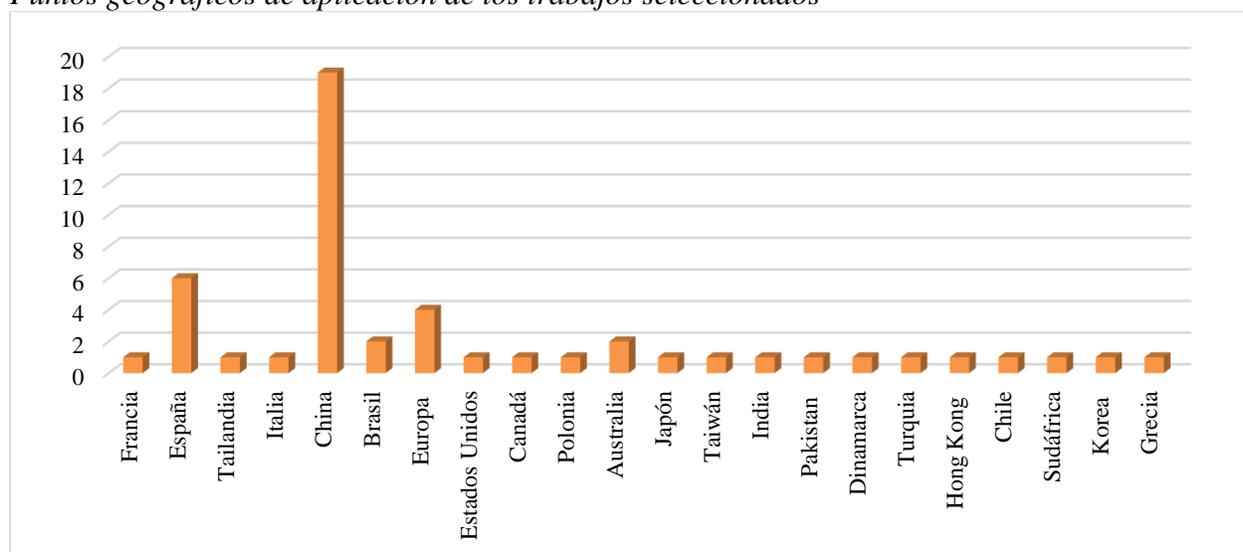
En el periodo analizado se puede observar un crecimiento desde el año 2016, este crecimiento puede ser por el hecho que en el año 2015 se realizó la Cumbre sobre Desarrollo Sostenible (DS), denominado Transformar Nuestro Mundo: la Agenda 2030 para el DS, y debido a que este tema está muy ligado con la ecoeficiencia, es posible que este hecho haya alentado a los autores su interés por escribir sobre el tema; se evidencia un ligero descenso en los dos siguientes años, pero en el periodo de pandemia se da un significativo repunte que puede ser por dos hechos: el confinamiento a nivel mundial y la percepción de la sociedad sobre la falta de recursos de todo tipo a causa de la pandemia, que pudo haber creado conciencia por utilizar de manera eficiente todos los recursos disponibles, se debe recordar que el uso eficiente de los recursos, sobre todo, los naturales es la esencia de la ecoeficiencia.

### Distribución geográfica

Se obtuvo los puntos geográficos de aplicación de los estudios, en la figura 4 se puede visualizar el número de artículos que tomaron el lugar geográfico especificado.

**Figura 4**

*Puntos geográficos de aplicación de los trabajos seleccionados*

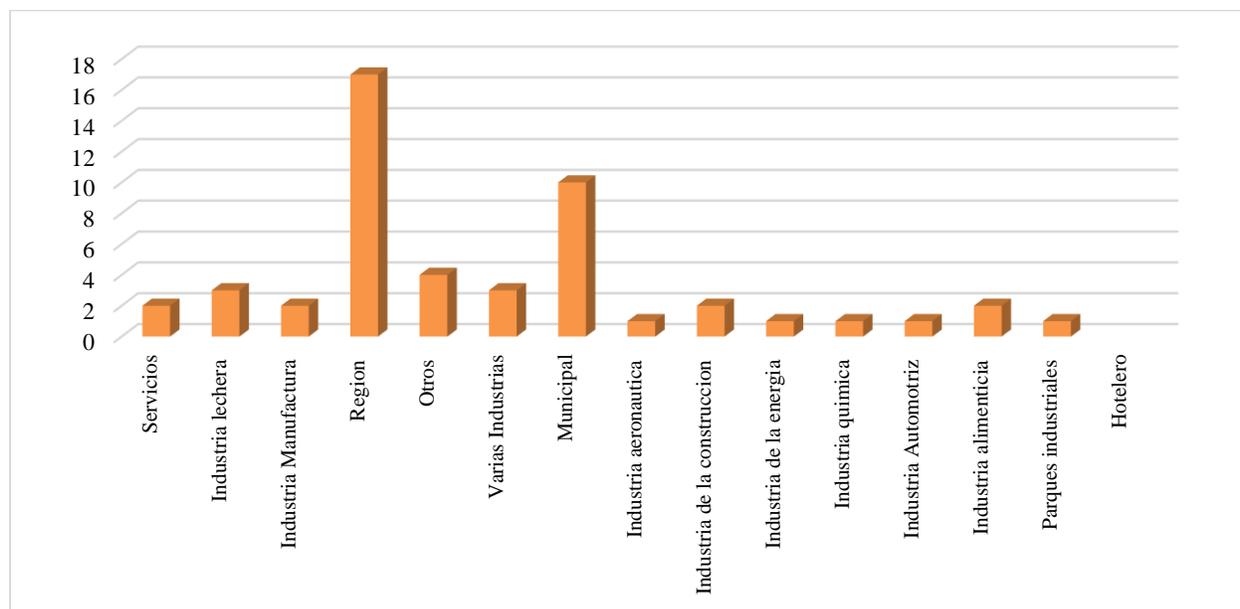


La figura 4 indica los puntos geográficos donde se realizaron los estudios, la gráfica demuestra el interés global por el tema de análisis del presente trabajo, en su mayor parte se realiza el estudio en un solo país, de esta manera, China con el 38% , España con el 12% y Brasil con el 2% representan más de la mitad de los estudios realizados; es importante resaltar el hecho del incremento de estudios en China, si se compara este resultado con el obtenido en una revisión bibliográfica, que involucra la temática de la ecoeficiencia, realizada por Gusmão et al, (2017) para el periodo de tiempo del 2000 al 2015 el incremento es notorio, de un 10 a 38%, sin considerar que el periodo es la mitad de tiempo, este fenómeno se podría explicar por qué de acuerdo a Tang et al., (2020) en la actualidad, en China, existe una contradicción entre desarrollo económico, recursos y ambientes, se agudiza cada vez más en este país y mejorar el ambiente se ha convertido en una estrategia vital para el desarrollo social y económico de China.

Cuatro investigaciones se aplicaron a un continente, por ejemplo, Czerny y Letmathe, (2017) cuyo estudio estuvo centrado en varios países de Europa, se debe notar que excepto por Brasil y Chile, Latinoamérica tiene poca representación en los artículos seleccionados que podría deberse a un menor interés sobre estos temas y la inexpresividad que demuestra cuando se trata de producción ecoeficiente. (De Oliveira et al 2020)

### **Sector aplicado**

En la figura 5 se puede observar los sectores organizacionales en los que se distribuyeron las investigaciones analizadas.

**Figura 5***Sector de aplicación del estudio*

La mayor parte de los estudios se centró en ciertas regiones de algunos países que participaron en los artículos de estudio (17 en total) y en organizaciones de tipo municipal (10) en donde predominaron los estudios relacionados con la gestión de residuos urbanos, así por ejemplo, Oluwatobi Adeleke et al. (2021) realizan un estudio pionero sobre la gestión ecoeficiente de los residuos sólidos en Sudáfrica, el resto de estudios se reparten en varios tipos de sectores industriales, tales como, la industria lechera, aeronáutica, química, industria manufacturera, de la construcción, de la energía y la industria hotelera, lo que indica que los conceptos y enfoques abalanzados en esta revisión pueden ser aplicados a cualquier tipo de organización.

**Importancia de la ecoeficiencia**

Un tema que concita el interés y la atención mundial es la sostenibilidad, este interés es causado por la preocupación generada por el cambio climático mundial, aumento de desastres naturales a escala global y la tendencia a la anormalidad en todas partes del planeta, hoy en día, el tema se ha convertido en algo activo y proactivo por llegar a la sostenibilidad ambiental, obtener el equilibrio entre lo económico y ambiental puede ser apreciado a través de la teoría del desarrollo sostenible (Ounsaneha y Rattanapan, 2016) un desarrollo sostenible que puede ser evaluado a través de la ecoeficiencia, así el concepto de obtener más valor con menores impactos ambientales se denomina de forma genérica como ecoeficiencia, que puede ser aplicado a cualquier sector o industria y ser utilizado como instrumentos de análisis para la gestión, ser usado como indicadores que lleven a cambios en las políticas, estrategias y de nivel técnico, de esta manera, se evidencia el gran potencial para la mejora de la sostenibilidad que tiene la ecoeficiencia en diferentes sectores organizacionales. (Lahouel, 2016; Ounsaneha y Rattanapan, 2016; Köne y Büke, 2017; Arceo et al 2018; Ramírez-Melgarejo et al., 2021)

La ecoeficiencia expresa la efectividad de la actividad económica de acuerdo a los servicios y bienes de la naturaleza, de acuerdo a su definición la ecoeficiencia es la transferencia de servicios y bienes a precios que satisfagan las necesidades humanas con la reducción de los impactos ecológicos y la intensidad de uso de los recursos, se puede definir como el valor de un servicio o producto por impacto ambiental (Köne y Büke, 2017; De Oliveira et al 2020) La importancia por los impactos ambientales que originan las organizaciones ha crecido en el transcurso del tiempo y por los motivos anteriormente mencionados es evidente que el interés entre la relación del desempeño económico y ambiental ha crecido en los últimos años; si consideramos la visión tradicional expuesta por Friedman en 1970, el cual, indicaba que si se eleva el desempeño ambiental de manera tácita, esto aumenta los costos y disminuye la productividad, vemos que este postulado contradice lo que enuncia la ecoeficiencia sobre el hecho que es posible aumentar el desempeño ambiental mientras aumenta la productividad, además en este tiempo es poco probable que se produzca la “ecoefficiencia voluntaria” por parte de los directivos de una organización, es demostrable que lo que incentiva a estrategias de mejora del desempeño ambiental para un gerente son dos las motivaciones: intervenciones de regulaciones con un buen diseño y las fuerzas del mercado. (Czerny y Letmathe, 2017)

A la capacidad de obtener la mejor salida con un número determinado de elementos de entrada o con la menor cantidad de elementos dados se conoce como “eficiencia”, cuando se agrega recursos ecológicos a esta relación toma el nombre de ecoeficiencia, de esto, se desprende que es la eficiencia que las necesidades humanas son satisfechas a través de los recursos ecológicos, a pesar de la cantidad de definiciones, todas tienen algo en común: máximo beneficio económico con mínimo consumo de recursos y contaminación, bajo la perspectiva industrial, la ecoeficiencia ha obtenido resultados significativos en cuanto a objetos y su metodología de investigación, en ámbitos nacionales y regionales, así se concluyó que las políticas para la ecoeficiencia industrial deben contemplar una combinación de las características regionales de acuerdo a condiciones locales. (Yong et al., 2020)

En la actualidad se realizan estudios de la ecoeficiencia separando en dos elementos: la eficiencia de los recursos, conocida como eficiencia técnica y que se centra por lo general en la eficiencia energética; y un segundo elemento la eficiencia ambiental, así bajo la perspectiva de productos de calidad y un bajo efecto ambiental los estudios de la ecoeficiencia se han centrado a nivel micro en empresas y sectores de diversa índole que luego son extendidos a niveles macros; también se han aplicado investigaciones a gobiernos, grandes corporaciones y varias otras organizaciones, varios autores consideran de la misma forma que el concepto de ecoeficiencia puede ser utilizado como herramienta de evaluación de la competitividad de una región, país o varios países, de acuerdo con este análisis se puede expresar que la ecoeficiencia puede ser vista como la relación insumo-producto. (Zhimin et al., 2016)

### **Factores de influencia**

La ecoeficiencia puede ser medida de varias maneras, sin embargo, se debe tener claro que no existe una única forma que permita mantener variables estandarizadas de medición, esto ocurre porque existen causas económicas o legales que influyen el momento de un acuerdo para estandarizar parámetros de medición, aunque existen indicadores ambientales, estos son básicos y

están orientados a lograr objetivos y metas de una organización y que tiene relación a temas de inversiones económicas o legales, así esto aparta al estudio de la eficiencia como tal porque se ve influenciado de manera negativa con la disponibilidad de recursos o limitaciones legales, (Díaz et al., 2017), de esta manera, hablar de mediciones de ecoeficiencia quiere decir usar una metodología que permita analizar impactos ambientales de las actividades de una organización, sin embargo, la mayor parte de estas metodologías abordan el concepto de una manera limitada a factores de la organización y/o del proceso o por la relación costo/impacto ambiental, es por esto, que en los últimos tiempos se han utilizado enfoques más complejos como lo es el análisis envolvente de datos DEA que es un método que evalúa la ecoeficiencia mediante diferentes tipos de indicadores de desempeño de cualquier proceso de una organización. (Lahouel, 2016)

En la información recopilada se pudo observar diversas metodologías para la estimación de la ecoeficiencia partiendo del método tradicional, comúnmente, utilizado como lo es el análisis envolvente de Datos, DEA (Pérez Urdiales et al., 2016), esta metodología que ha sido ampliamente utilizada y avalada por varios estudios mide el impacto hacia el ambiente de manera relativa y se ha consolidado como un método con un alto índice de confianza cuando se trata de evaluar la eficacia de la gestión medioambiental (Hermoso Orzáez, 2020), así por ejemplo, Zhimin, Lu y Zhengyi, (2016) utiliza un método denominado modelo de Súper eficiencias DEA, donde elabora estudios dinámicos con el uso del índice de Malmquist, de la misma manera, Xiancun Hu y Chunlu Liu (2017) proponen un modelo DEA basado en Slacks que busca reducir el consumo de los recursos al mismo tiempo que baja los impactos ambientales, y de esta manera, lograr que la producción incremente su valor, con esta nuevo método propuesto se espera mejorar la precisión de estimación de la ecoeficiencia y poder estimar de manera cuantitativa la disminución de consumo de recursos.

Finalizando con los ejemplos, Ramírez-Melgarejo et al. (2021) desarrollan un método basado en DEA para evaluar la ecoeficiencia de plantas de tratamiento de aguas residuales, con una variación en el modelo DEA original; esta variación tiene relación con la consideración de la incertidumbre de los datos, también denominado un modelo de tolerancia DEA, además de apuntar otra variación como lo es considerar la emisión de los gases de efecto invernadero como parte de las salidas indeseadas del proceso de tratamiento, así de esta manera, se evalúa la ecoeficiencia contemplando maximizar las salidas deseables, y minimizando los insumos y las salidas no deseables.

Si se desea reducir la emisión de residuos y el resto de emisiones que involucra a un proceso productivo, de servicios o cualquier actividad económica, es primordial comprender e identificar los factores que inciden en la generación, gestión y disposición de estos residuos, para esto, es necesario conocer los procesos que se involucran y disponer de datos confiables y detallados que permitan aplicar metodologías o modelos que lleven a obtener información consistente y confiable que lleven a los hacedores de políticas a establecer estrategias que sean sostenibles.

En las organizaciones y su entorno existen factores que influyen en la gestión ecoeficiente de los residuos, estos factores se pueden presentar desde el interior de la organización, estos pueden ser de tipo administrativo o de proceso y desde el exterior que pueden ser de tipo legal o socioeconómicos. Para establecer estos factores claves de influencia, la metodología predominante en esta revisión de la literatura fue la siguiente: primero, se estimó la ecoeficiencia con la

metodología DEA y todas sus variantes ya mencionadas, y segundo, mediante un modelo de regresión Tobit (ver apéndice) se determinaron los factores claves. Estos factores claves de influencia que inciden en la gestión ecoeficiente de los residuos en diferentes tipos de organizaciones se pueden observar en la tabla 3.

**Tabla 3**

*Factores determinantes de la gestión ecoeficiente*

<b>Autor</b>	<b>Sector estudiado</b>	<b>Factores clave de influencia</b>
Ounsaneha y Rattanapan (2016).	Industria manufactura	Consumo de energía, consumo de materiales, producción de residuos consumo de productos químicos.
Passetti y Tenucci (2016)	Varias empresas	Planificación ambiental, estrategias comerciales, normas y procedimiento, procesos operativos, contabilidad, gestión ambiental, sistemas de gestión ambiental, gestión de presupuestos,
Pérez Urdiales, et al (2016)	Lechero	Eficiencia técnica, planes de formación, regulaciones estatales, comportamiento responsable.
Zhimin et al (2016)	Regional	Investigación y desarrollo, capital, gobernanza, estructura industrial
Czerny y Letmathe (2017).	Varias empresas	Gestión tecnológica, estrategias ambientales.
Díaz et al. (2017)	Municipal	Actividad turística y Educación.
Masternak-Janus y Błażejowska (2017)	Regional	Control en uso de recursos.
Arceo et al (2018)	Industria de la energía	Uso de tipos de energía, Tecnologías.
Chunshan et al. (2018)	Regional	Innovación técnica, regulación gubernamental, densidad poblacional, intensidad de uso de tierra, estructura industrial, PIB per cápita.
Lorenzo Toja, et al (2018)	Municipal	Umbrales de legislación
Ma (2018)	Regional	Políticas estatales, desarrollo económico, desarrollo tecnológico, planificación general.
Wei et al. (2019)	Regional	Progreso tecnológico, nivel de gestión, desarrollo económico, densidad poblacional, apertura mercado, estructura industrial, intensidad energética, gasto en ciencia y tecnología.
Zhang Jingjing et al. (2019)	Industria química	Estado sistema de gestión ambiental, cambios sistema de gestión ambiental elemento sistema de gestión ambiental
Skrydstrup et al. (2020)	Lechero	Reutilización de recurso.
Xinlin Zhang (2020)	Municipal	Desarrollo económico, inversión en activos fijos, estructura industrial, descentralización fiscal, inversión extranjera directa, nivel tecnológico.
Yong et al. (2020)	Varias industrias	Tasas de beneficio, estructuras de la propiedad, Inversiones extranjeras, regulaciones ambientales.

<b>Autor</b>	<b>Sector estudiado</b>	<b>Factores clave de influencia</b>
Chuanjin et al. (2021)	Regional	Gasto investigación y desarrollo, desarrollo económico, inversión extranjera, tratamiento agua residual industrial, educación.
Dan Xue et al. (2021)	Municipal	Desarrollo económico, nivel de urbanización, aumento de la industria secundaria, investigación y desarrollo actividades comerciales, regulación ambiental, innovación tecnológica.
Delgado-Antequera et al. (2021)	Municipal	Población atendida, tamaño de municipio, turismo, contenedores de residuos, densidad poblacional.
Llanquileo et al. (2021)	Municipal	Población atendida, densidad poblacional, turismo, residuos generados per cápita.
Matsumoto y Chen (2021)	Regional	Gasto interno en I&D, producto regional bruto per cápita, inversión tratamiento de agua residual.
Oluwatobi Adeleke et al. (2021)	Municipal	Modelo de gestión de residuos, datos sobre gestión de residuos.
Pais-Magalhães et al, (2021)	Municipal	Reutilización de residuos, jerarquía de residuos.
Gao Genyu et al, (2022)	Parques industriales	Alto valor agregado industrial, estructuras industriales razonables, estructura energética.

## Conclusiones

A través de la presente revisión se puede comprobar una vez más que la ecoeficiencia es uno de los instrumentos que lleva hacia la sostenibilidad a las organizaciones, involucra además otros beneficios como ahorro de recursos, reducción de costos, aumento de valor agregado, lo que vuelve a las organizaciones que la aplican más productivas y competitivas, además, que puede ser utilizada como un indicador de desempeño ambiental como guía para los hacedores de políticas y estrategias con el fin de mantener o mejorar el rumbo de la organización en la temática ambiental, con esto, queda en evidencia la gran importancia que tiene la ecoeficiencia para cualquier tipo de organización.

Los factores claves que influyen en la gestión de la ecoeficiencia de residuos que tienen mayor participación en los estudios analizados son: el desarrollo económico que aparece en cinco estudios (Ma, X, 2018; Wei et al. 2019; Xinlin Zhang, 2020; Chuanjin Zhu et al. 2021; Dan Xue et al. 2021) repartidos estos cinco trabajos en tres regiones de tres países diferentes y en dos municipios de dos países diferentes, considerando como índices de desarrollo económico, el PIB per cápita, la urbanización e industrialización de los sectores objeto de estudio; la densidad poblacional, aparece en cuatro estudios (Chunshan et al. 2018; Wei et al. 2019; Delgado-Antequera et al. 2021; Llanquileo et al. 2021), repartidos en dos trabajos que analizan una región de un país diferente cada uno y en dos trabajos que analizan un municipio de un país diferente cada uno, bajo la perspectiva que el número de personas por superficie influye de manera positiva o negativa a la ecoeficiencia, lo que a priori confirmaría el concepto de eficiencia (mayor consumo de recursos para el mismo, o incluso menor, valor económico) sin embargo, no se puede considerar como regla estandarizada porque depende de algunas otras variables, como por ejemplo, población atendida que tiene estrecha relación, para determinar si tiene efecto positivo o negativo; la educación, es

otro factor clave que aparece en dos estudios (Díaz et al. 2017; Chuanjin Zhu et al. (2021), se observa que son estudios de diferente sector, uno en un municipio y otro en una región, en diferentes países, en las dos investigaciones se determina que tiene una alta influencia en la ecoeficiencia y el análisis se realiza bajo el enfoque de la inversión en programas educativos a la sociedad para orientar en el cambio de costumbres y hábitos de la población.

Estos tres factores que tienen mayor aparición en los estudios pueden ser considerados como: socioeconómicos (desarrollo económico y densidad poblacional) y organizacional (inversión en educación), los factores claves de proceso dependen del sector de estudio y su enfoque, es por esta razón, que tiene poca aparición en el presente análisis.

La importancia de la gestión ecoeficiente de residuos y sus factores de influencia se ve reflejado en el presente estudio, son varios los sectores y países a nivel mundial que muestran interés en su estudio porque tener información sobre los causales de la eficiencia o ineficiencia ambiental de una organización permite mantener el rumbo o hacer correcciones que lleven a la sostenibilidad organizacional con el fin de lograr conservación del medio en el que se desarrollan y garantizar su supervivencia. Las limitaciones de este trabajo constituyen: el idioma en la búsqueda de los artículos, que limita haber dejado de lado otras investigaciones en idioma diferentes, también la selección de los artículos está limitada por la opinión del investigador para escoger los artículos que forman parte o no del presente trabajo y como la búsqueda fue por palabras claves, es posible haber dejado de lado artículos enmarcados en la temática pero que no tenían las palabras claves en el resumen o título del trabajo.

### Referencias Bibliográficas

- Advíncula, O., García, S., García, J., Tamayo, T. y Meza, V. (2014) Plan de ecoeficiencia en el uso del agua potable y análisis de su calidad en las áreas académicas y administrativas de la Universidad Nacional Agraria la Molina *Ecología Aplicada*, 13(1), 43-55. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=34131158005>
- Arceo, A., Rosano, M. & Biswas, W.K. (2018) Eco-efficiency analysis for remote area power supply selection in Western Australia. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 20, 463–475. <https://doi.org/10.1007/s10098-017-1438-6>
- Broadstock, D., Shunsuke Managi, Roman Matousek, & Nickolaos G. Tzeremes, (2019). Does doing “good” always translate into doing “well”? An eco-efficiency perspective, *Business Strategy and the Environment*. 28(6), 1199-1217. <https://doi.org/10.1002/bse.2311>
- Chen, JX. y Chen, J. (2020) Measuring and improving eco-efficiency. *Environmental Modeling y Assessment*, 25, 373–395. <https://doi.org/10.1007/s10666-019-09679-5>
- Chuanjin Zhu, Nan Zhu y Wasim Ulf Hassan Shan (2021). Eco-efficiency of industrial investment and its influencing factors in China based on a New SeUo-SBM-DEA model and tobit regression. *Mathematical Problems in Engineering*, 16. <https://doi.org/10.1155/2021/5329714>
- Chunshan Zhou, Chenyi Shi, Shaojian Wang y Guojun Zhang. (2018). Estimation of eco-efficiency and its influencing factors in Guangdong province based on Super-SBM and panel regression models. *Journals Ecological Indicators*, 86, 67-80. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.12.011>

- Czerny, A., & Letmathe, P. (2017). Eco-efficiency: GHG reduction related environmental and economic performance. The case of the companies participating in the EU Emissions Trading Scheme. *Business Strategy and the Environment*, 26(6), 791-806. <https://doi.org/10.1002/bse.1951>
- Dan Xue, Li Yue, Fayyaz Ahmad, Muhammad Umar Draz & Abbas Ali Chandio (2021). Urban eco-efficiency and its influencing factors in Western China: Fresh evidence from Chinese cities based on the US-SBM *Journal Ecological Indicators*, 127. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107784>
- De Oliveira, R. L., Fagundes, L. D., da Silva Lima, R. & Montañó, M. (2020) Discrete event simulation to aid decision-making and mitigation in solid waste management. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 25, 67–85. <https://doi.org/10.1007/s11027-019-09859-4>
- Delgado-Antequera, L., Gémar, G., Molinos-Senante, M., Gómez, T., Caballero, R., & Sala-Garrido, R. (2021) Eco-efficiency assessment of municipal solid waste services: Influence of exogenous variables. *Waste Management*, 130, 136-146. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.05.022>
- Deng, X., Gibson, J. (2020) Sustainable land use management for improving land eco-efficiency: a case study of Hebei, China. *Annals of Operations Research*, 290, 265–277. <https://doi.org/10.1007/s10479-018-2874-3>
- Díaz, G., Didonet, S. & Dodd, A. (2017). Influencing factors of eco-efficient urban waste management: evidence from spanish municipalities. *Journal of Cleaner Production*, 164, 1486-1496. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.064>
- Gao, G., Wang, S., Xue, R., Liu, D., Huang, B., & Zhang, R. (2022). Eco-efficiency assessment of industrial parks in Central China: a slack-based data envelopment analysis. *Environmental Science Pollution Research*, 29, 30410–30426 <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17485-4>
- Garza-Reyes, JA. (2015). Lean and green - A systematic review of the state of the art literature. *Journal of Cleaner Production*, 102, 18-29. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.064>
- Ghimire, S. y Johnston, J. (2017). A modified eco-efficiency framework and methodology for advancing the state of practice of sustainability analysis as applied to green infrastructure. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 13(5), 821-831. <https://doi.org/10.1002/ieam.1928>
- Gusmão, R., de Freitas Dias, R., Veiga L., Luiz, O. & Leal Filho, W. (2017). Towards sustainable development through the perspective of eco-efficiency-A systematic literature review. *Journal of cleaner production*, 165, 890-904. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.166>
- Halkos, G., & Papageorgiou, G. (2016). Spatial environmental efficiency indicators in regional waste generation: A nonparametric approach. *Journal of Environmental Planning and Management*, 59(1), 62-78. <https://doi.org/10.1080/09640568.2014.983592>
- Hermoso-Orzáez, M. J., García-Alguacil, M., Terrados-Cepeda, J. & Brito, P. (2020) Measurement of environmental efficiency in the countries of the European Union with the enhanced data envelopment analysis method (DEA) during the period 2005–2012. *Environmental Science Pollution Research*, 27, 15691–15715. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08029-3>
- Jollands, N., Lermitt, J. & Patterson, M. (2004). Aggregate ecoefficiency indices for New Zealand: a principal components analysis. *Journal of Environmental Management*, 73(4), 293-305. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2004.07.002>

- Köne, A. Çıgdem, & Büke, T. (2017). Eco-efficiency analysis using analytic hierarchy process approach. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 9(2). <https://doi.org/10.13033/ijahp.v9i2.477>
- Lahouel, B. B. (2016). Eco-efficiency analysis of French firms: a data envelopment analysis approach. *Environmental Economics and Policy Studies*, 18(3), 395-416. <https://doi.org/10.1007/s10018-015-0115-4>
- Lee, P. (2022). Ranking decision making for eco-efficiency using operational, energy, and environmental efficiency. *Sustainability*, 14, 3489. <https://doi.org/10.3390/su14063489>
- Li, Y., Liu, A., Yu, Y., Zhang, Y., Zhan, Y. and Lin, W. (2022) Bootstrapped DEA and Clustering Analysis of Eco-Efficiency in China's Hotel Industry. *Sustainability*, 14(6), 3489. <https://doi.org/10.3390/su14052925>
- Llanquileo, P., Molinos, M., Romanos, G. & Carosi, L. (2021). Evaluation of the impact of separative collection and recycling of municipal solid waste on performance: an empirical application for Chile. *Journal Sustainability*, 13(4), 2022. <https://doi.org/10.3390/su13042022>
- Long, Lj. (2021). Eco-efficiency and effectiveness evaluation toward sustainable urban development in China: a super-efficiency SBM-DEA with undesirable outputs. *Environment Development and Sustainability*, 23, 14982-14997 <https://doi.org/10.1007/s10668-021-01282-7>
- Lorenzo-Toja, Y., Vázquez-Rowe, I., Marín-Navarro, D., Crujeiras, R. M., Moreira, M. T., & Feijoo, G. (2018). Dynamic environmental efficiency assessment for wastewater treatment plants. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 23(2), 357-367 <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1316-9>
- Masternak-Janus, A. & Rybaczewska-Błażejowska, M. (2017). Comprehensive regional eco-efficiency analysis based on data envelopment analysis: the case of Polish Regions. *Journal of Industrial Ecology*, 21(1), 180-190. <http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12393>
- Matsumoto, K., & Chen, Y. (2021). Industrial eco-efficiency and its determinants in China: a two-stage approach. *Ecological Indicators*, 130, 108072. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108072>
- Ma, X., Wang, C., Yu, Y. et al. (2018) Ecological efficiency in China and its influencing factors—a super-efficient SBM metafrontier-malmquist-tobit model study. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 20880-20898. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1949-7>
- Mami, F., Revéret, J. P., Fallaha, S., & Margni, M. (2017). Evaluating eco-efficiency of 3D printing in the aeronautic industry. *Journal of Industrial Ecology*, 21(S1), S37-S48. <https://doi.org/10.1111/jiec.12693>
- Maxime, D., Marcotte, M. y Arcand, Y. (2006). Development of eco-efficiency indicators for the Canadian food and beverage industry. *Journal of Cleaner Production*, 14(6-7), 636-648 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.07.015>
- Miranda, M., Álvarez, M., Briand, C., Urenda M. & Rodríguez, V. (2020) Eco-efficient management of a feeding system in an automobile assembly-line. *Journal of Modelling in Management*, 16(2), 464-485. <https://doi.org/10.1108/JM2-10-2019-0241>
- Oluwatobi Adeleke, Stephen Akinlabi, Tien-Chien Jen & Israel Dunmade. (2021). Towards sustainability in municipal solid waste management in South Africa: a survey of challenges and prospects. *Transactions of the Royal Society of South Africa*, 76(1), 53-66. <https://doi.org/10.1080/0035919X.2020.1858366>

- Orea, L., & Wall, A. (2017). A parametric approach to estimating eco-efficiency. *Journal of Agricultural Economics*, 68(3), 901–907. <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12209>
- Ounsaneha, W., & Rattanapan, C. (2016). Defining the eco-efficiency of rubber glove products manufactured from concentrated latex in Thailand. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 3, 802-808. <https://doi.org/10.1002/ep.12258>
- Pais-Magalhães, V., Moutinho, V., & Marques, A. C. (2021). Scoring method of eco-efficiency using the DEA approach: evidence from European waste sectors. *Environment, Development and Sustainability*, 23, 9726–9748. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00709-x>
- Passetti, E. y Tenucci, A. (2016). Eco-efficiency measurement and the influence of organizational factors: evidence from large Italian companies *Journal of Cleaner Production*, 122, 228-239. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.035>
- Pérez Urdiales, M., Lansink, A. & Wall, A. (2016). Eco-efficiency among dairy farmers: the importance of socio-economic characteristics and farmer attitudes. *Environmental and Resource Economics*, 64(4), 559-574. <https://doi.org/10.1007/s10640-015-9885-1>
- Podsakoff, P., MacKenzie, S., Bachrach, D., Podsakoff, N. (2005). The influence of management journals in the 1980s and 1990s. *Strategic Management Journal*, 26(5), 473-488. <https://doi.org/10.1002/smj.454>
- Pomarici, E. y Vecchio, R. (2019) Corrigendum to: “will sustainability shape the future wine market?” *Wine Economics and Policy*. 8(1), 216. <https://doi.org/10.1016/j.wep.2019.05.001>
- Ramírez-Melgarejo, M., Güereca, L. P., Gassó-Domingo, S., Salgado, C., & Reyes-Figueroa, A. (2021). Eco-efficiency evaluation in wastewater treatment plants considering greenhouse gas emissions through the data envelopment analysis-tolerance model. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193, 301. <https://doi.org/10.1007/s10661-021-09063-5>
- Rasheed, R., Umer, R., Hamid, A., Rizwan, A., Javed, H., Rashid, S., & Su, Y. (2020) Waste valorization and resource conservation in rice processing industries—an analytical study from Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 43372–43388. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10457-0>
- Rashidi, K., & Farzipoor Saen, R. (2015). Measuring eco-efficiency based on green indicators and potentials in energy saving and undesirable output abatement. *Energy Economics*, 50, 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.04.018>
- Ravindran, V., & Shankar, S. (2015). Systematic reviews and meta-analysis demystified. *Indian Journal of Rheumatol*, 10, 89–94. <http://dx.doi.org/10.1016/j.injr.2015.04.003>
- Skrydstrup, J., Lyster Larsen, S., & Rygaard, M. (2020). Eco-efficiency of water and wastewater management in food production: a case study from a large dairy in Denmark. *Journal of Industrial Ecology*, 24(5), 1101-1112, 12p. <https://doi.org/10.1111/jiec.13011>
- Song Wang., Xueli Wang., Fei Lu., & Fei Fan. (2021). The impact of collaborative innovation on ecological efficiency – empirical research based on China’s regions, *Technology Analysis & Strategic Management*, 33(2), 242-256, <https://doi.org/10.1080/09537325.2020.1812564>
- Tang, J., Tang, L., Li, Y. et al. (2020). Measuring eco-efficiency and its convergence: empirical analysis from China. *Energy Efficiency*, 13, 1075–1087. <https://doi.org/10.1007/s12053-020-09859-3>
- Ul Haq, S., Boz, I., Shahbaz, P., Yıldırım, Ç. (2020). Evaluating eco-efficiency and optimal levels of fertilizer use based on the social cost and social benefits in tea production.

- Environmental Science and Pollution Research*, 27, 33008–33019  
<https://doi.org/10.1007/s11356-020-09533-2>
- Viegas, C. V., Bond, A. J., Vaz, C. R., Borchardt, M., Pereira, G. M., Selig, P. M., Varvakis, G. (2016). Critical attributes of sustainability in higher education: a categorization from literature review. *Journal of Cleaner Production*, 126, 260–276.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.106>
- Wei Zhu, Lingxing Xu, LinaTang., & Xueqin Xiang. (2019). Eco-efficiency of the Western Taiwan straits economic zone: an evaluation based on a novel eco-efficiency model and empirical analysis of influencing factors. *Journal of Cleaner Production*, 234, 638-652.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.157>
- Xiancun Hu., & Chunlu Liu. (2017). Slacks-based data envelopment analysis for eco-efficiency assessment in the Australian construction industry. *Construction Management and Economics*, 35(11-12), 693-706. <https://doi.org/10.1080/01446193.2017.1325963>
- Xinlin Zhang. (2020). Estimation of eco-efficiency and identification of its influencing factors in China's Yangtze River Delta urban agglomerations. *Journal Growth and Change*, 51, 792–808. <https://doi.org/10.1111/grow.12376>
- Xu, S. & Wang, C. (2021). City image and eco-efficiency: evidence from China. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 52459–52474 <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14219-4>
- Yong Zhou., Zhiying Liu., Shidong Liu., Mingchun Chen., Xiaolu Zhang., & Yong Wang. (2020). “Analysis of industrial eco-efficiency and its influencing factors in China”. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 22, 2023–2038. <https://doi.org/10.1007/s10098-020-01943-7>
- Yook, K.- H., Song, H., Patten, D. M., & Kim, I.-W. (2017). The disclosure of environmental conservation costs and its relation to eco-efficiency: Evidence from Japan. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*, 8(1), 20-42.  
<https://doi.org/10.1108/SAMPJ-07-2016-0039>
- Yu, S., Liu, J. & Li, L. (2020) Evaluating provincial eco-efficiency in China: an improved network data envelopment analysis model with undesirable output. *Environment Science and Pollution Research*, 27, 6886–6903. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06958-2>
- Zhang Jingjing., Wang Jiaxin., Liu Ta., & Han Dongping. (2019). Intuitionistic fuzzy measures of enterprise Eco-efficiency and its influencing factors. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 37, 185–192. <https://doi.org/10.3233/JIFS-179076>
- Zhimin Dai., Lu Guo., & Zhengyi Jiang. (2016). Study on the industrial eco-efficiency in east China based on the super efficiency DEA Model: an example of the 2003–2013 panel data. *Applied Economics*, 48(59), 5779-5785. <https://doi.org/10.1080/00036846.2016.1184380>
- Zhou, X. & Seydehmet, J. (2021). An empirical study on industrial eco-efficiency in arid resource exploitation region of northwest China. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 53394–53411. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14438-9>

## Apéndice

### Apéndice 1

#### *Artículos que son parte de la revisión*

N°	Autores	Título	Base de datos
1	Halkos y Papageorgiou (2016)	Indicadores de eficiencia ambiental espacial en residuos regionales generación: un enfoque no paramétrico.	Taylor y Francis
2	Lahouel (2016).	Análisis de ecoeficiencia de las empresas francesas: un enfoque de análisis envolvente de datos.	Springer
3	Ounsaneha y Rattanapan (2016).	Definición de la eficiencia ecológica de los guantes de goma Productos Fabricados a partir de Concentrados Látex en Tailandia.	Wiley
4	Passetti y Tenucci (2016)	“La medición de la ecoeficiencia y la influencia de los factores organizacionales: evidencia de grandes empresas italianas”	Science direct
5	Pérez Urdiales et al (2016)	Ecoeficiencia entre productores de leche: la importancia de las características socioeconómicas y actitudes de los agricultores.	Springer
6	Zhimin et al (2016)	Estudio sobre la ecoeficiencia industrial en el este de China basado en el modelo DEA de super eficiencia: un ejemplo de datos de panel de 2003-2013.	Taylor y Francis
7	Czerny y Letmathe, (2017).	Ecoeficiencia: Reducción de GEI relacionada con el medio ambiente y desempeño económico. El caso de las empresas participando en el Régimen de Comercio de Emisiones de la UE.	Wiley
8	Díaz et al. (2017)	“Factores que Influyen en la Gestión Ecoeficiente de Residuos Urbanos: Evidencia de Municipios Españoles”	Science direct
9	Ghimire y Johnston (2017)	“Un marco y una metodología de ecoeficiencia modificados para avanzar en el estado de la práctica del análisis de la sostenibilidad aplicado a la infraestructura verde”	Wiley
10	Gusmão et al, (2017)	“Hacia el desarrollo sostenible a través de la Perspectiva de ecoeficiencia. Una revisión sistemática de la literatura”	
11	Köne y Büke (2017)	Análisis de ecoeficiencia utilizando el enfoque de proceso de jerarquía analítica.	Scopus
12	Mami et al (2017)	Evaluación de la eficiencia ecológica de la impresión 3D en la Industria Aeronáutica.	Wiley
13	Masternak-Janus y Rybaczewska-Błazejowska (2017)	Ecoeficiencia regional integral Análisis Basado en Análisis Envolvente de Datos. El caso de las regiones polacas.	Wiley
14	Orea y Wall (2017)	Un análisis paramétrico para la estimación de la ecoeficiencia.	Wiley

N°	Autores	Título	Base de datos
15	Xiancun y Chunlu (2017)	Análisis envolvente de datos basado en Slacks para la evaluación de la ecoeficiencia en la industria de la construcción australiana.	Taylor y Francis
16	Yook et al (2017)	La divulgación del medio ambiente costos de conservación y su relación con la ecoeficiencia Evidencia de Japón.	Emerald
17	Arceo et al (2018)	Análisis de ecoeficiencia para la selección de fuentes de alimentación en áreas remotas en Australia Occidental.	Springer
18	Chunshan et al. (2018)	“Estimación de la ecoeficiencia y sus factores influyentes en la provincia de Guangdong basada en Super-SBM y modelos de regresión de panel”	Science direct
19	Lorenzo-Toja et al (2018)	Evaluación dinámica de la eficiencia ambiental para aguas residuales plantas de tratamiento.	Springer
20	Ma (2018)	Eficiencia ecológica en China y sus factores influyentes: un estudio de modelo super eficiente SBM metafrontier Malmquist-Tobit	Springer
21	Wei et al. (2019)	“Ecoeficiencia de la Zona Económica del Estrecho de Taiwán Occidental: Una evaluación basada en un nuevo modelo de ecoeficiencia y análisis empírico de los factores influyentes”	Science direct
22	Zhang et al. (2019)	“Medidas borrosas intuicionistas de la empresa La ecoeficiencia y sus factores de influencia”	Ios Press
23	Chen, JX. Y Chen, J. (2020)	Medición y mejora de la ecoeficiencia.	Springer
24	De Oliveira et al (2020)	Simulación de eventos discretos para ayudar en la toma de decisiones y mitigación en el manejo de residuos sólidos.	Springer
25	Deng Y Gibson (2020)	Gestión sostenible del uso de la tierra para mejorar la tierra ecoeficiencia: un estudio de caso de Hebei, China.	Springer
26	Hermoso Orzáez (2020)	Medición de la eficiencia ambiental en los países de la Unión Europea con el análisis envolvente de datos mejorado (DEA) durante el período 2005–2012	Springer
27	Miranda et al (2020)	Gestión ecoeficiente de un sistema de alimentación en una cadena de montaje de automóviles.	Research gate
28	Rasheed (2020)	Valorización de residuos y conservación de recursos en el procesamiento de arroz industrias: un estudio analítico de Pakistán	Springer
29	Skrydstrup et al. (2020)	“Ecoeficiencia de la gestión del agua y las aguas residuales en la producción de alimentos: un estudio de caso de una gran lechería en Dinamarca”	Wiley
30	Tang et al (2020)	Medición de la ecoeficiencia y su convergencia: análisis empírico de China.	Springer
31	Ul Haq et al (2020)	Evaluar la ecoeficiencia y los niveles óptimos de uso de fertilizantes basados sobre el costo y los beneficios sociales en producción de té	Springer
32	Yu et al (2020)	Evaluación de la ecoeficiencia provincial en China: una red mejorada	Springer

Nº	Autores	Título	Base de datos
33	Xinlin Zhang (2020)	modelo de análisis envolvente de datos con resultados no deseados “Estimación de la ecoeficiencia identificación de sus factores influyentes en las aglomeraciones en el delta del río Yangtzé de China”	Wiley
34	Yong et al. (2020)	“Análisis de la ecoeficiencia industrial y sus factores influyentes en China”	Springer
35	Chuanjin et al. (2021)	“Ecoeficiencia de la inversión industrial y los factores de influencia en China Basados en un nuevo Modelo SeUo-SBM-DEA y Regresión de Tobit”	Windawi
36	Dan Xue et al. (2021)	“Ecoeficiencia urbana y sus factores influyentes en el oeste de China: evidencia de ciudades chinas basada en el US-SBM”	Elsevier
37	Broadstock et al (2021)	¿Hacer “bien” siempre se traduce en hacer “bien”? Una perspectiva de ecoeficiencia	Wiley
38	Delgado-Antequera et al. (2021)	“Evaluación de la ecoeficiencia de los servicios de residuos sólidos municipales: Influencia de variables exógenas”	Science direct
39	Llanquileo et al. (2021)	“Evaluación del Impacto de la Recolección Separativa y Reciclaje de Residuos Sólidos Urbanos en el Desempeño: Una Aplicación Empírica para Chile”	MDPI
40	Long (2021).	“Evaluación de la ecoeficiencia y la eficacia hacia el desarrollo urbano sostenible en China: una SBM-DEA de super eficiencia con resultados no deseados”	Springer
41	Matsumoto y Chen (2021)	“La ecoeficiencia industrial y sus determinantes en China: un enfoque en dos etapas”	Science direct
42	Oluwatobi Adeleke et al. (2021)	“Hacia la sustentabilidad en los residuos sólidos municipales administración en Sudáfrica: un estudio de los desafíos y perspectivas”	Research gate
43	Pais-Magalhães et al, (2021)	“Método de puntuación de la ecoeficiencia utilizando el enfoque DEA: evidencia de los sectores europeos de residuos”	Springer
44	Ramírez-Melgarejo, M. et al (2021)	Evaluación de ecoeficiencia en plantas de tratamiento de aguas residuales teniendo en cuenta las emisiones de gases de efecto invernadero a través de los datos modelo de tolerancia de análisis envolvente.	Springer
45	Xu y Wang (2021)	Imagen de la ciudad y ecoeficiencia: evidencia de China	Springer
46	Song et al (2021)	El impacto de la innovación colaborativa en la eficiencia ecológica, investigación empírica basada en las regiones de China.	Taylor y Francis
47	Zhou et al. (2021)	Un estudio empírico sobre la ecoeficiencia industrial en la región de explotación de recursos áridos del noroeste de China.	Springer
48	Gao Genyu et al, (2022)	“Evaluación de la ecoeficiencia de los parques industriales en China central: un análisis envolvente de datos basado en la holgura”	Springer

N°	Autores	Título	Base de datos
49	Lee (2022)	Ranking Toma de Decisiones para la Ecoeficiencia Utilizando la Eficiencia Operacional, Energética y Ambiental.	MDPI
50	Li, Y., et al. (2022)	“Bootstrapped DEA y análisis de agrupamiento de la ecoeficiencia en la industria hotelera de China”	MDPI

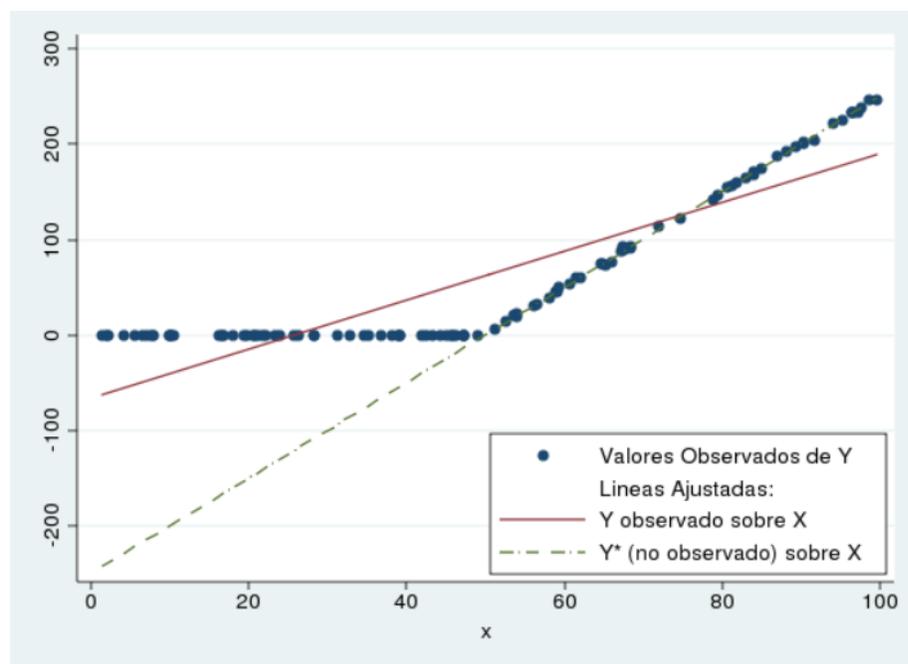
## Apéndice 2

### Regresión de Tobit

Se puede presentar el caso que solo se observan los valores verdaderos de una variable a analizar solo para una porción de la muestra, como se puede observar en la figura 6. A este tipo de situación de la variable se le conoce como variable censurada.

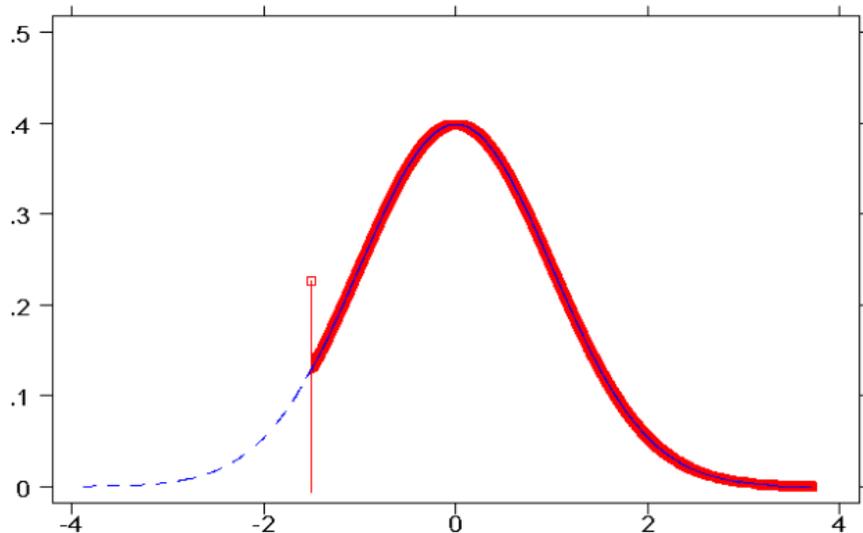
**Figura 6**

*Valores observados*



### Variables censuradas

La censura no es una propiedad intrínseca de la distribución de la variable estudiada, es un defecto de los datos de la muestra, que de darse el caso que no tengan la censura sería una muestra representativa de la población del estudio no censurada. Si se presenta la censura la distribución de los datos es una mezcla de distribución continua y discreta. En la figura 7 se puede ver una distribución normal estándar con un punto de censura a = -1.5

**Figura 7***Variable normal censurada*

Para algunas observaciones solo se conoce que la variable puede ser mayor o menor, así la censura se puede producir por la derecha cuando el valor es superior o por la izquierda cuando el valor es menor.

**Modelo de regresión Tobit**

Lo propuso Tobin en el año de 1958. Para definir la distribución de esta variable censurada  $y$ , que tiene una sola censura inferior  $a$  se debe usar la variable aleatoria original latente  $y^*$ . De esta manera la variable que tiene la censura toma los valores:

$$\begin{aligned} y &= a \text{ cuando } y^* \leq a \\ y &= y^* \text{ cuando } y^* > a \end{aligned}$$

Se estima que existe una variable aleatoria original latente  $Y^*$  que no puede ser observada y la variable  $Y$  que puede ser observada. El modelo Tobit estudia la variable latente  $y^*$  en el modelo el valor medio de esta variable  $y^*$  es una función lineal de las variables explicativas  $E[y_i^* | x_i] = X_i \beta$ . No se conoce los valores de  $y^*$ , y sólo se conocen los valores de la variable censurada  $y$ , el modelo de la  $E[y_i | x_i]$  será expresada en función de  $E[y_i^* | x_i]$  como:

$$E[y_i | x_i] = E[y_i^* | x_i, y_i^* > a] \cdot \Pr[y_i^* > a | x_i] + a \cdot \Pr[y_i^* \leq a | x_i]$$