

# ANÁLISIS SISTEMÁTICO

## DE ESTRATEGIAS DE ECOEFICIENCIA PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

### SYSTEMATIC ANALYSIS OF ECO-EFFICIENCY STRATEGIES FOR SOLID WASTE MANAGEMENT

Kevin Eduardo Malca-López <sup>1\*</sup>

E-mail: [KMALCAL@ucvvirtual.edu.pe](mailto:KMALCAL@ucvvirtual.edu.pe)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3271-5233>

Jhonny Alex Herrera-Flores <sup>1</sup>

E-mail: [herrerafj@ucvvirtual.edu.pe](mailto:herrerafj@ucvvirtual.edu.pe)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4249-9113>

Erikson Diomar Esparza-Rodríguez <sup>1</sup>

E-mail: [EESPARZAO@ucvvirtual.edu.pe](mailto:EESPARZAO@ucvvirtual.edu.pe)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4139-3723>

Jorge Chauca Valqui <sup>1</sup>

E-mail: [JCHAUCAV@ucvvirtual.edu.pe](mailto:JCHAUCAV@ucvvirtual.edu.pe)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8650-5805>

<sup>1</sup> Universidad Cesar Vallejo. Perú.

\*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Malca-López, K. E., Herrera-Flores, J. A., Esparza-Rodríguez, E. D. & Chauca Valqui, J. (2025). Análisis sistemático de estrategias de ecoeficiencia para la gestión de residuos sólidos. *Universidad y Sociedad* 17(1), e4897.

#### RESUMEN

Las estrategias ecoeficientes para la administración de residuos sólidos (R. S) han sido históricamente escasas, lo que ha generado problemas significativos en la conservación y cuidado medioambiental. La falta de enfoques adecuados ha contribuido al incremento de residuos mal gestionados, afectando tanto a las comunidades locales como al ecosistema global. Por ello, resultó fundamental implementar estrategias que promovieran una economía circular basada en la educación ambiental, permitiendo a los ciudadanos generar ingresos mediante el reciclado y una conveniente gestión de los residuos sólidos. Este enfoque no solo beneficia económicamente a las comunidades, sino que también reduce el impacto ambiental producido por la basura. El propósito de la investigación es analizar la influencia de las estrategias de ecoeficiencia en la gestión de residuos sólidos en una municipalidad. Para alcanzar este objetivo, se formularon tres preguntas de investigación siguiendo la metodología PICO, realizándose una búsqueda sistemática en la base de datos Scopus. Se aplicaron criterios estrictos de inclusión y exclusión, complementados con el método PRISMA, lo que permitió identificar, cribar e incluir 45 artículos relevantes y actuales sobre el tema. Obteniendo como resultados que la implementación de estrategias adecuadas en la gestión de residuos sólidos redujo significativamente su generación, fortaleció la educación ambiental en los ciudadanos y promovió una economía circular sostenible. Se concluyó que las estrategias de ecoeficiencia ejercen una influencia positiva en la gestión de residuos sólidos, consolidándose como un proceso esencial para el desarrollo sostenible de sociedades y tener un mejor cuidado del ambiente.

**Palabras clave:** Estrategias Ecoeficientes, Gestión de Residuos Sólidos, Educación Ambiental, Economía Circular.

#### ABSTRACT

Eco-efficient strategies for solid waste management have historically been limited, leading to significant issues in environmental conservation and care. The lack of appropriate approaches has contributed to an increase in poorly managed waste, negatively affecting both local communities and the global ecosystem. For this reason, it became essential to implement strategies that promote a circular economy based on environmental education, enabling citizens to



## INTRODUCCIÓN

A nivel mundial existe un crecimiento acelerado de la generación de RS, es por ello que el Banco Mundial pronostica que para el año 2050 habrá un incremento del 70% de desechos sólidos en comparación al 2023. Además, se debe considerar que en toda actividad humana se generan RS, lo que conlleva a una incorrecta manipulación de estos (Vorobeva et al., 2023). En ese sentido, en Sudáfrica, por ejemplo, viendo el aumento acelerado de la producción de residuos se planteó una selección tecnológica adecuada para convertir los RS en energía basándose sobre todo en tres procesos, incineración (24%), gasificación (13%) y la pirolisis (6%); todo ello basado en plan ecoeficiente de los residuos (Adenuga et al., 2020).

Ahora, la dificultad no solo parte de la generación de los RS los cuales son generados por cualquier actividad productiva, sino sobre todo en cómo es la gestión de los mismo y mediante qué planes ecoeficientes se busca reducirlos, transportarlos, clasificarlos y tener una correcta disposición final (Shrestha et al., 2023). Por otra parte, la ecoeficiencia es una estrategia esencial para la preservación del medio ambiente, en donde se busca optimizar en las instituciones públicas el gasto del manejo de los residuos, generando así una economía circular, con la cual existe una correcta gestión y una reducción en la emisión de residuos traduciéndose en un ahorro económico (Liu & Hung, 2023).

Además, el tratamiento de residuos es un proceso muy costoso, y que tarda mucho tiempo en implementarse a nivel de Latinoamérica y no se puede cumplir con los enfoques ecológicos y el objetivo del pacto verde, relacionados de manera más fácil y rentable, todo ello establecido en los diferentes planes de ecoeficiencia de entidades públicas para el cuidado del medio ambiente (Bucea-Manea-Toniş & Zecheru, 2022).

En Perú, se promulga el D.S N°011-2010-MINAM, donde se establece incentivar una cultura ambiental en la cual se dé un uso eficaz de los recursos en las entidades privadas y públicas, mejorando así el tratamiento de los residuos y sobre todo buscando crear una economía circular en la población de cada entidad. Así mismo, el estilo de vida y los cambios de hábitos de los ciudadanos durante una crisis sanitaria (como fue la pandemia del COVID-19) ha generado un exorbitante aumento sin precedentes de luchas por la gestión de RS en todo el mundo, afectando a economías desarrolladas y subdesarrolladas por el mismo incremento, anulando así ciertos planes ecoeficientes que se planifican (Yadav et al., 2023).

Por consiguiente, la evaluación de los planes de ecoeficiencia en una entidad pública o privada es utilizada como una herramienta de transacción para una economía circular, logrando así estipular normativas regulatorias las

cuales sirven en la toma de una decisión basada en des-empañes medio ambientales y económicos de los municipios. Además, la adecuada gestión de los RS es crucial para una economía circular sostenible, la cual se basa en sustituir parcialmente materias primarias por otras secundarias, limitando los recursos naturales y, reduciendo la cantidad de residuos generados, logrando así establecer un modelo circular que beneficie la preservación del medio ambiente y fomentación la educación ambiental, con ello los municipios cumplen con un desarrollo sostenible (Molinos-Senante et al., 2023).

De ahí que, en las áreas rurales pueden recolectarse considerables volúmenes de desechos orgánicos y no orgánicos que, en promedio, rara vez se manejan adecuadamente, es por ello que existe un gran déficit en planes de ecoeficiencia y por consiguiente no existe una economía circular adecuada (Salleh et al., 2022). En tal sentido, la presente RSL se justifica teniendo en cuenta que la gestión de RS es crucial para una economía circular sostenible y considerando que la municipalidad de Hualgayoc no es ajena a esta realidad, debido que no existe ningún plan de ecoeficiencia para el manejo de residuos y sobre todo no hay ningún tipo de educación ambiental, ni un plan de economía circular; como el compostaje. El cual es un método de gestión de residuos que descompone biológicamente los residuos orgánicos, contribuyendo así a una mejor gestión de residuos y sostenibilidad ambiental, generando ingresos potenciales económicos para los hogares (Cristóbal et al., 2023). De tal manera que, también la calidad de vida de los ciudadanos mejore ya que, las calles estarán más limpias, presentando un ambiente mejor cuidado con lo cual se genera una educación ambiental para futuras generaciones.

Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente, la presente RSL tiene como objetivo determinar la influencia de las estrategias de ecoeficiencia en la gestión de residuos sólidos de una municipalidad. Así mismo, la investigación se considera relevante porque contribuye a la economía circular y la sostenibilidad ambiental, al abordar la gestión ecoeficiente de residuos sólidos, promoviendo el reciclaje y la educación ambiental para generar cambios de hábitos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se basa en una revisión sistemática literaria (RSL) siendo un proceso fundamental que permite compilar, evaluar y presentar de manera sistemática los hallazgos de múltiples estudios de investigación, proporcionando así una base sólida para avanzar en la comprensión y el conocimiento en una determinada área temática (Garrard, 2019). En ese sentido, respecto a la pregunta de investigación se ha planteado la siguiente metodología PICO, popularizada en el contexto de la

rama de la salud, evidenciando que es una estrategia valiosa para formular preguntas de investigación clínicamente relevantes. Además, la aplicación y difusión de enfoques sistemáticos como PICO para optimizar la toma de decisiones en la práctica clínica (Ioannidis, 2016). Para este estudio se formulan las siguientes preguntas PICO para cada uno de sus componentes, ver tabla 1.

Tabla 1: Preguntas por cada componente PICO.

Componente PICO	Pregunta por componente
Problema / Población	¿Cómo influyen los planes de ecoeficiencia en la gestión de residuos sólidos de municipios?
Intervención	¿Qué estrategias, medidas o acciones se han adoptado en los planes de ecoeficiencia para gestionar los residuos sólidos de manera más eficiente y sostenible?
Resultados	¿Cuáles son los resultados y beneficios observados en términos de reducción de residuos, eficiencia en el uso de recursos, mejora ambiental y sostenibilidad a partir de la implementación de los planes de ecoeficiencia?

Cabe indicar que el componente PICO, C= comparación al ser opcional, no se ha tenido en cuenta para el presente estudio.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 2 se presenta un desglose de cada componente junto con sus elementos de búsqueda y términos clave.

Tabla 2: Elementos de búsqueda y palabras clave por cada componente PICO.

Componentes PICO	Elementos de búsqueda	Palabras clave
Problemas / Población	Municipios con planes de ecoeficiencia en la gestión de residuos sólidos	Trends, waste management programs, Waste Management, Circular Economy.
Intervención	Planes de ecoeficiencia para gestionar los residuos sólidos de manera más eficiente y sostenible	Eco-efficiency plans, eco-efficiency strategies, environmental education, waste reduction policies.
Resultados	Mejora ambiental y sostenibilidad a partir del manejo de residuos sólidos.	Management of solid waste, municipal solid waste, treatment efficiency, Waste Reduction.

Cabe indicar que el componente PICO, C= comparación al ser opcional, no se ha tenido en cuenta para el presente estudio.

Fuente: Elaboración propia.

La búsqueda sistemática de publicaciones se lleva a cabo en la base de datos científica Scopus, considerando los siguientes criterios de inclusión, ver tabla 3.

Tabla 3: Criterios de inclusión.

Ítem	Criterios de inclusión
CI1	Las investigaciones publicadas y revisadas deben referirse a planes de ecoeficiencia.
CI2	Las investigaciones publicadas y revisadas deben discutir sobre el impacto de los planes de ecoeficiencia en la gestión de los residuos sólidos.
CI3	Las investigaciones publicadas y revisadas deben mostrar formas de gestión de residuos sólidos.
CI4	Las investigaciones publicadas y revisadas deben mostrar resultados en cuidado del medio ambiente mediante gestión de residuos sólidos.

Fuente: Elaboración propia.

Con ello se configura la siguiente cadena de búsqueda canónica: ( ALL ( “Solid Waste Management” ) AND ALL ( “Ecoefficiency” OR “Environmental efficiency” OR “Sustainable management” ) AND ALL ( “Solid waste” OR “Municipal waste” OR “Solid waste disposal” ) AND ALL ( “Plan” OR “Strategy” OR “Program” ) ) AND ( LIMIT-TO ( OA , “all” ) ) AND ( LIMIT-TO ( SUBJAREA , “ENVI” ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , “English” ) ) AND ( LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , “Waste Management” ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , “Recycling” ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , “Article” ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , “ar” ) )

También se aplican los siguientes criterios de exclusión, ver tabla 4:

Tabla 4: Criterios de exclusión.

Ítem	Criterios de exclusión
CE1	Las investigaciones publicadas y revisadas que no son de acceso abierto.
CE2	Las investigaciones publicadas y revisadas que no corresponden al área de cuidado del medio ambiente y del territorio.
CE3	Las investigaciones publicadas y revisadas que no corresponden a artículos científicos.
CE4	Las investigaciones publicadas y revisadas se encuentren dentro de la línea de tiempo de los últimos 5 años 2019-2023.
CE5	Publicaciones no recuperadas en pdf y que no sean en el idioma inglés.
CE6	Considerar las exact keyword para una mejora búsqueda exacta: article; environmental impact; recycling; waste management; municipal solid waste; renewable energy resources; waste disposal; solid waste management; municipal solid waste; waste reduction and circular economy.

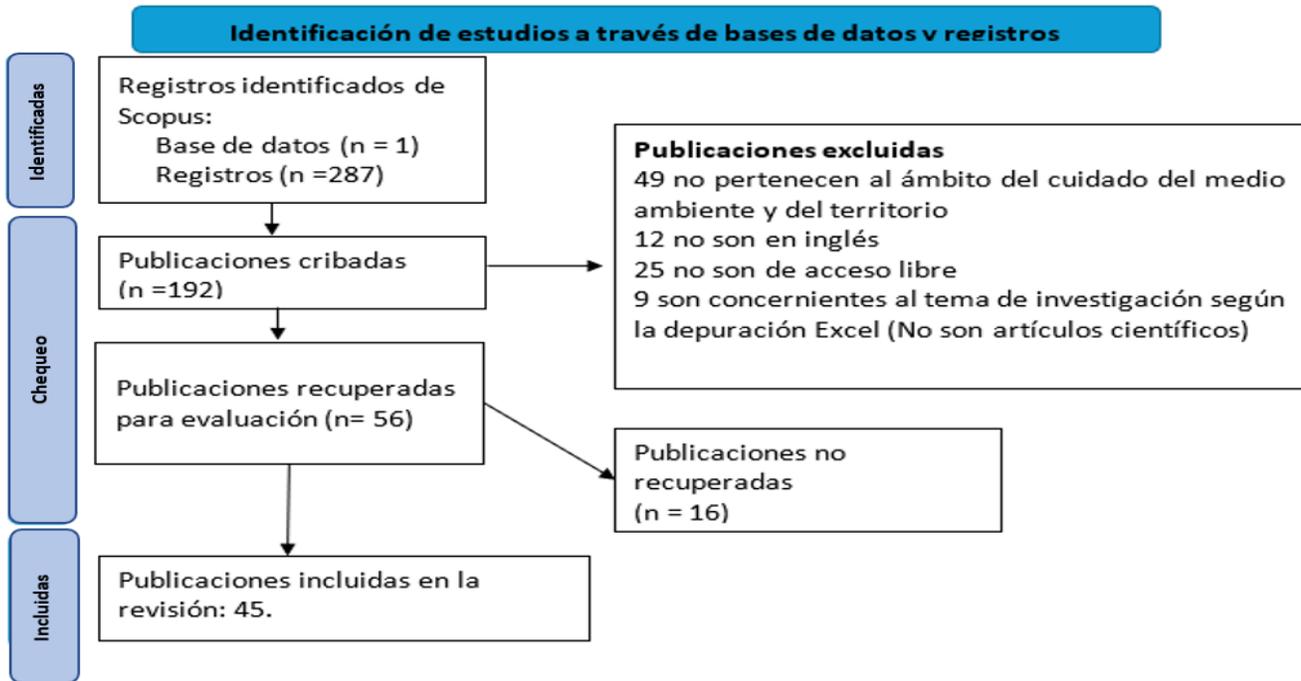
Fuente: Elaboración propia.

Teniendo como cadena resultante: TITLE-ABS-KEY ( “urban residents” OR “manufacturing companies” OR “municipalities” OR “waste generators” OR “\*al government” ) AND TITLE-ABS-KEY ( “waste management programs” OR “recycling initiatives” OR “waste treatment technologies” OR “waste reduction policies” OR “Waste \*” ) AND TITLE-ABS-KEY ( “waste reduction” OR “treatment efficiency” OR “environmental impact” OR “solid waste management outcomes” ) AND PUBYEAR > 2019 AND PUBYEAR < 2023 AND ( LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , “Article” ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , “Environmental Impact” ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , “Recycling” ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , “Waste Management” ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , “Municipal Solid Waste” ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , “Renewable Energy Resources” ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , “Waste Disposal” ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , “Municipal Solid Waste Management” ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , “Waste Reduction” ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , “Circular Economy” ) OR LIMIT-TO ( EXACTKEYWORD , “Solid Waste” ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , “English” ) ) AND ( LIMIT-TO ( OA , “all” ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , “ar” ) )

Con la finalidad de conseguir un mejor entendimiento de los artículos seleccionados, se aplica el método PRISMA, ya que, es una iniciativa diseñada para mejorar la calidad y claridad en la presentación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. Su objetivo principal es proporcionar pautas detalladas que faciliten la planificación, ejecución y elaboración de informes para estos estudios, contribuyendo así a una síntesis más efectiva y a una evaluación crítica de la evidencia científica (Page et al., 2021). Toda esta búsqueda se realiza en la base Scopus.

Siguiendo el procedimiento PRISMA (ver figura 1), en un primer momento se identifican 287 documentos; para el cribado de las publicaciones se excluyen 25 documentos que no son de acceso abierto, también se excluyen 9 publicaciones que no corresponden a artículos científicos, así mismo no se consideran 12 publicaciones distintas al idioma inglés y 49 publicaciones distintas al área del cuidado del medio ambiente y del territorio, con lo cual se obtuvo 56 artículos para evaluar. Al momento de la recuperación de las publicaciones 16 no se pueden descargar en formato PDF o HTML, es por ello que con fecha 24 de noviembre de 2023, queda un total de 45 publicaciones para la revisión sistemática.

Fig 1: Flujo de trabajo PRISMA para la identificación, selección e inclusión de las publicaciones.

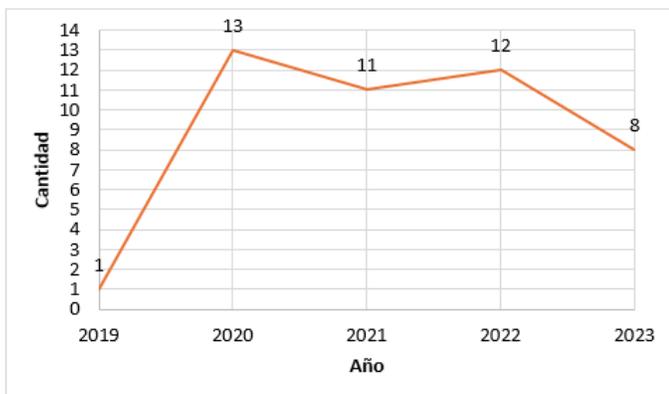


Fuente: Elaboración propia.

## RESULTADOS-DISCUSIÓN

En esta fase de la investigación, se pretende recopilar información relevante, tomando en cuenta los años de publicación de cada artículo seleccionado, según los criterios previamente establecidos, en tal sentido, como se visualiza en la figura 2, se observa los avances de investigaciones con referencia a los planes de ecoeficiencia para una mejor gestión de residuos sólidos, recuperando información de la base Scopus en los años 2019-2023, teniendo como resultado que en el año 2020 llegando a su máximo pico con 13 publicaciones, como se evidencia en este año hay mayor producción de artículos, debido a la situación que existe del Covid-19, por el hecho del gran incremento de utilizar residuos inorgánicos y orgánicos los cuales no tienen ninguna clasificación ni manejo. Así mismo se observa que en los años 2021, 2022 y 2023, el número de publicaciones no es menos de 8 publicaciones, con lo cual se puede apreciar que la preocupación por una gestión adecuada de residuos sólidos está plasmándose en la gran mayoría de localidades, sabiendo que es un gran problema sanitario para las sociedades.

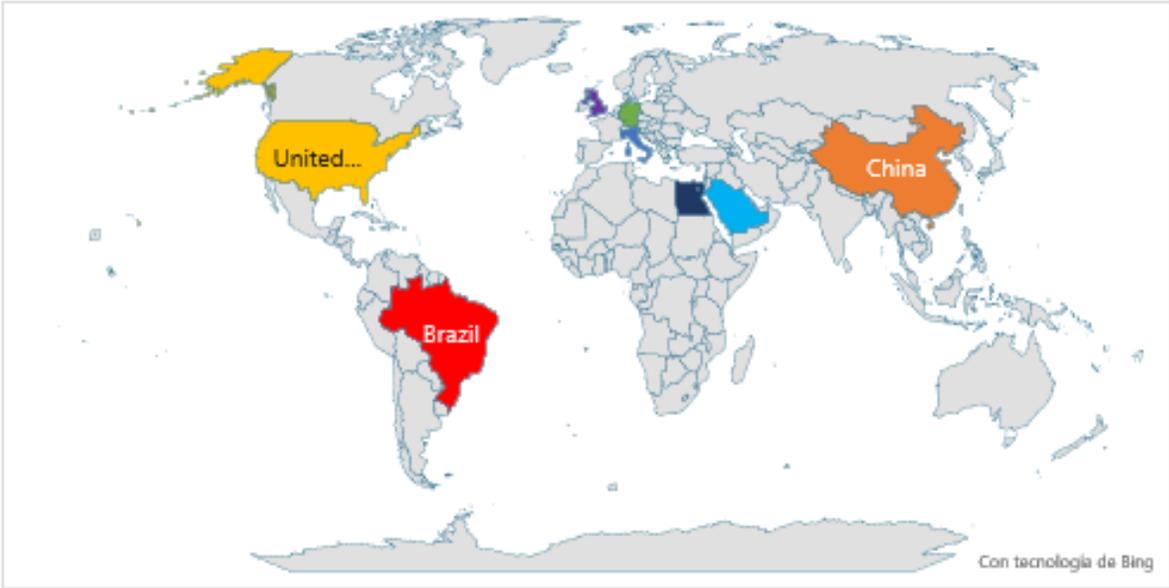
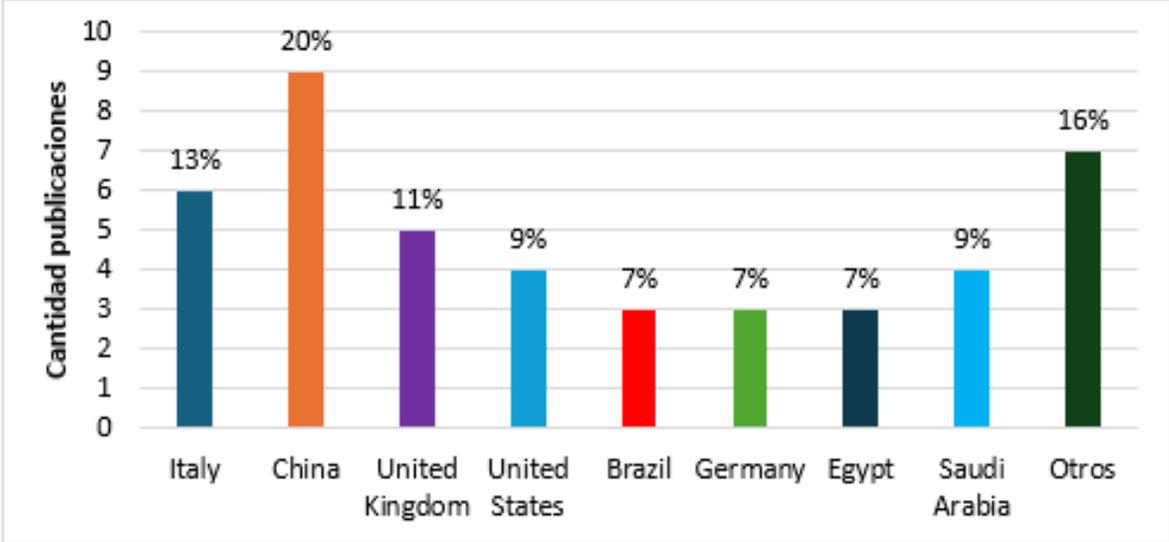
Fig 2: Repartición numérica por años de artículos considerados para revisión.



Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, se muestra en la figura 3 que el país de China es el más preocupado por incentivar investigaciones sobre una adecuada gestión de residuos sólidos alcanzando un 20% de todas publicaciones, así mismo Italia con un 13%, Reino unido con 11% y otros un 56%. Llegando a la conclusión que, los países industrializados tratan de mitigar en cierta parte la contaminación que realizan, gestionando planes ecoeficientes para una mejora continua de cómo manejar sus residuos y así poder crear una conciencia ambiental en sus ciudadanos, así como también incentivar a una economía circular que beneficia a las grandes industrias y a los mismos hogares.

Fig 3: Distribución de publicaciones de artículos por países considerados en la RSL.



Fuente: Elaboración propia.

Ahora como resultados de la primera pregunta de investigación: ¿Cómo influyen los planes de ecoeficiencia en la gestión de residuos sólidos de municipios?, (ver tabla 5) se tiene que, la relación que existe entre los planes de ecoeficiencia y la gestión de residuos sólidos en los municipios cada año está más deteriorada, ya que la administración de residuos municipales es actualmente un tema crucial relacionado con una variedad de procesos, como generación, almacenamiento, recolección, transporte, recuperación y eliminación de residuos de acuerdo con las

políticas económicas, de desarrollo sostenible y de salud pública, por tanto, la no existencia de una buena relación de las mismas crea tendencias medioambientales negativas (Laurieri et al., 2020).

Tabla 5: Palabras clave utilizadas en la pregunta ¿Cómo influyen los planes de ecoeficiencia en la gestión de residuos sólidos de municipios?

Cita	Palabra Clave
Ghinea et al. (2021); Laurieri et al. (2020)	Trends
Dewilda et al. (2023) , Shukla & Choudhary, (2022),	Waste management programs
Jacintos & Delgado (2023); Musliu et al. (2023).	Waste Management
Dewilda et al. (2023)	Circular Economy

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, los residuos no solo causan problemas en el proceso de eliminación, sino que también constituyen un importante contribuyente a los gases de efecto invernadero, con una contribución total de alrededor del 5% de las emisiones globales y al no existir programas de gestión de residuos relacionados al recojo adecuado de los RS, no hay ninguna respuesta positiva que contribuya al cambio, sino más bien esta sigue en aumento, además al tener datos limitados sobre la generación y las características de los residuos en los países en desarrollo, dificultan que los gobiernos locales desarrollen programas de gestión de residuos eficientes y llevaderos. Además, para lograr estándares más altos de sostenibilidad, el sector de la gestión de residuos ahora requiere la incorporación de principios de economía circular (CE). Sin embargo, una transición fácil hacia un objetivo particular requiere el uso de tecnologías inteligentes de residuos (Dewilda et al., 2023).

El aumento de la generación mundial de RS urbanos (RSU), de los cuales una parte importante se gestiona de forma inadecuada, ha tenido una influencia negativa en ambientes ecológicos, por la inexistencia de un enfoque óptimo de gestión de residuos que brinde un modelo de sistema que incorpore de manera integral las siguientes características esenciales: a) La interconexión entre varios elementos de la gestión de residuos, recursos, infraestructura y usuarios; b) Las relaciones entre elementos clave del sector de gestión de desechos y componentes del sistema socioecológico; c) Las interrelaciones entre tomadores de decisiones, proveedores y usuarios, con el objetivo de promover acciones integrales y colaborativas para la gestión sostenible de residuos. En tal sentido, si se busca que haya una influencia positiva de los planes de ecoeficiencia, la cantidad en peso de los residuos municipales depositados en vertedero debe reducirse hasta un máximo del 10% del total. Logrando así soluciones para la gestión de residuos viables y aceptables en términos sociales y económicos (Jacintos & Delgado, 2023).

La gestión de residuos es un tema crucial, que tiene influencia significativa tanto en la salud pública como en el medio ambiente. Sin embargo, en Kosovo, aunque hay avances, los intentos de gestión de residuos son inadecuados y un alto porcentaje de residuos se eliminan en vertederos no controlados o se queman en fosas abiertas, lo que tiene efectos perjudiciales en el medio ambiente y en la salud pública. Estas prácticas no cumplen con los planes ecoeficientes requeridos para la gestión de residuos y plantean desafíos importantes para una gestión efectiva de los residuos (Musliu et al., 2023). En consecuencia, la mala aplicación de los programas de RS es una dificultad global que afecta a personas, comunidades y gobiernos en la mayoría de los países, estas decisiones deficientes e inadecuadas en materia de gestión de residuos pueden afectar la salud, la limpieza y la productividad diarias, afectando así el desarrollo económico de la sociedad en todos los niveles. Algunos de los problemas incluyen la contaminación de los océanos, inundaciones, drenajes obstruidos, enfermedades respiratorias, partículas en el aire, consumo de desechos por parte de los animales y contaminación del aire y la tierra (Shukla & Choudhary, 2022).

En este contexto, el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) ha ganado importancia en los últimos tiempos como una gran estrategia, la cual se basa en ayudar a tomar decisiones sobre la política y la planificación de la gestión de residuos en Europa basándose en la economía circular. Además, el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) se desarrolla originalmente para observar el desempeño ambiental de los sistemas de producción, sin embargo, esta metodología también se ha utilizado para el análisis de sistemas de gestión de residuos, mostrando que los impactos de los RS producidos tienen una influencia negativa cuando no son tratados adecuadamente y que pueden ayudar para poder tener una economía circular eficaz. Además, la predicción de las cantidades de residuos sólidos que se generarán sigue siendo un desafío

importante para la toma de decisiones en la gestión de residuos. Este aspecto es crucial, ya que influye directamente en la reducción de los impactos ambientales y en la efectividad de los planes ecoeficientes (Ghinea et al., 2021).

Por otra parte, como resultados de la segunda pregunta de investigación ¿Qué estrategias, medidas o acciones se han adoptado en los planes de ecoeficiencia para gestionar los residuos sólidos de manera más eficiente y sostenible? Ver tabla 6.

**Tabla 6: Palabras clave utilizadas en la pregunta ¿Qué estrategias se han adoptado en los planes de ecoeficiencia para gestionar los residuos sólidos de manera más eficiente y sostenible?**

Cita	Palabra Clave
Lee & Lee (2022), Voukkali et al. (2023).	Eco-efficiency plans
Abdeljaber et al. (2022)gasification and mechanical biological treatment (MBT; Gastaldi et al. (2020)	Eco-efficiency strategies
Aikowe & Mazancová (2021); Mohamad et al. (2022)a	Environmental education
Przydatek (2023).	Waste reduction policies

Fuente: Elaboración propia

En un intento por abordar los reveses y hacer frente a los problemas de los desechos electrónicos, se determina que los elementos que influyen en las intenciones de reciclaje de desechos electrónicos (ERI) y el comportamiento de reciclaje de desechos electrónicos (ERB) entre los consumidores en Malasia, son la obligación moral la cual, buscan concientizar a través de la educación ambiental tener una cultura de reciclaje, respaldándose de una teoría extendida de modelo de comportamiento planificado (TPB) (Mohamad et al., 2022)a regulatory system for effective collection and treatment of e-waste disposed of by the community and business sectors is in dire need. In an attempt to address the setbacks and cope with e-waste issues, this study determined factors that influence e-waste recycling intentions (ERIs). Es por ello que, con una creciente legislación ambiental y una creciente preocupación popular por la necesidad de lograr un crecimiento sostenible, ha habido un reconocimiento cada vez mayor en las naciones desarrolladas de la importancia de la reducción, el reciclaje y la maximización de la reutilización de desechos; creando así un plan de educación ambiental eficiente para poder realizar la medición de la eficiencia, representado por una estrategia del análisis envolvente de datos (DEA), la cual tiene una eficiencia del 15% en Italia (Gastaldi et al., 2020).

La conciencia medioambiental de las comunidades, así como la responsabilidad individual por el desarrollo de estrategias sostenibles de gestión de residuos, aumentan en demanda, desde los planificadores urbanos y las partes interesadas hasta las industrias, logrando así que existan mayores planes de ecoeficiencia; como es el de la integración de la economía circular, en entornos urbanos e industriales comprometidos, en crear una educación ambiental en base a la economía circular erradicando la falta de conocimiento y creando conciencia de los beneficiarios, así como la participación activa de cada ciudadano logrando que el plan ecoeficiente sea eficaz (Voukkali et al., 2023).

De los residuos plásticos adicionales generados durante la pandemia, aproximadamente el 87,4 % se descarta en instituciones sanitarias, incluidos equipos de protección personal (como mascarillas, guantes sanitarios y protectores faciales) y materiales de embalaje en línea (debido al aumento de las compras en línea) y kits de prueba de virus, que representan el 7,6%, el 4,7% y el 0,3%, respectivamente. Geográficamente, la generación de residuos fue mayor en Asia (46,3%), seguida de Europa (23,8%), América del Sur (16,4%), África (7,9%) y América del Norte (5,6%); es por ello que la estrategia ecoeficiente para una adecuada gestión de estos residuos se centra en el personal clínico, el cual debe ser plenamente consciente de su papel fundamental en la gestión eficaz de los desechos médicos, porque son ellos quienes clasifican los desechos en el punto de generación, logrando un impacto positivo al momento de generar los desechos y una mayor eficacia del desarrollo de un ecosistema de atención médica sostenible. Por lo tanto, la eficiencia y efectividad de la gestión de residuos médicos se puede mejorar clasificándolos en el punto de uso del material (Lee & Lee, 2022).

Por otra parte, el desarrollo tecnológico y la industrialización sin precedentes afectan el volumen y los patrones de desechos generados en todo el mundo, lo cual conlleva a que se busque estrategias ecoeficientes de la gestión integrada de residuos sólidos para promover enfoques sostenibles (Przydatek, 2023)WA, in the United States. The study considers the significance of these cities' rates of waste accumulation and the application of the autoregressive integrated moving average model for forecasting. Within a 4-year period, Spokane recorded a higher total mass of waste collected (4175.4 Mg. En consecuencia, una estrategia ecoeficiente recientemente reconocida para el tratamiento de RS urbanos eficaz son las tecnologías de gasificación y tratamiento biológico mecánico, las cuales se basan en el

potencial de generación de energía, la huella de carbono y el costo del ciclo de vida. Obteniendo como resultados después de un análisis ecoeficiente que las estrategias MBT y gasificación son las más sostenibles en comparación a las estrategias basadas en incineración y digestión anaeróbica. La sostenibilidad de los sistemas evaluados mejoró mediante la implementación de reformas políticas y legales, incluyendo programas de incentivo. Todo ello basado en el análisis del ciclo de vida (ACV) se ha consolidado como una herramienta clave para evaluar las cargas ambientales asociadas a los procesos químicos y los ciclos de materiales. En este contexto, los procesos de pos-tratamiento termo-químico, como el pirólisis, se destacan como la opción ecoeficiente más rentable y adecuada. Este método consiste en la degradación de los polímeros presentes en los materiales plásticos mediante el calentamiento en atmósferas inertes (Abdeljaber et al., 2022) gasification and mechanical biological treatment (MBT).

Por último, las intenciones de clasificación de residuos plásticos para abordar los desafíos de los RS en los países sub desarrollados, en base a la educación ambiental, se centra en la estrategia del comportamiento planificado (TPB) la cual explica que las intenciones de clasificar los residuos plásticos entre los estudiantes de nivel superior tienen un 77% de aceptación, considerando que los factores que influyen son la conciencia ambiental, el voluntariado y el programa de estudio, verificando que dichos factores son significativos. Además, el rápido crecimiento de la población en áreas urbanas plantea un desafío significativo para las políticas y estrategias actuales de gestión de residuos sólidos. En este contexto, prácticas como la prevención, el reciclaje, la reutilización y la recuperación de materiales se convierten en pilares esenciales para reducir la cantidad de residuos enviados a los vertederos (Aikowe & Mazancová, 2021).

Por último, como resultados de la tercera pregunta de investigación ¿Cuáles son los resultados y beneficios observados en términos de reducción de residuos, eficiencia en el uso de recursos, mejora ambiental y sostenibilidad a partir de la implementación de los planes de ecoeficiencia? Ver tabla 7.

**Tabla 7: Palabras clave utilizadas en la pregunta ¿Cuáles son los resultados y beneficios observados en términos de reducción de residuos, eficiencia en el uso de recursos, mejora ambiental y sostenibilidad a partir de la implementación de los planes de ecoeficiencia?**

Cita	Palabra Clave
Nizar et al. (2021).	Management of solid waste
Andrić et al. (2023)	Municipal solid waste
Asare et al. (2020); Llanquileo-Melgarejo et al. (2021).	Treatment efficiency
(Andrić et al., 2023)	Waste Reduction

Fuente: Elaboración propia

Como se sabe, los beneficios de la reducción de RS se basan en desarrollar una estrategia para gestionar los desechos domésticos basada en cinco aspectos que son política, institucional, financiación, participación comunitaria y técnica operativa; pueden reducir significativamente los residuos domésticos. Por lo que se busca la concienciación pública sobre la gestión de residuos, promoviendo más programas como: campañas de residuos, educación ambiental, promoción y llamamiento; logrando que consideren el reciclaje como un ingreso para su hogar (Nizar et al., 2021).

La recolección selectiva y el reciclaje de RSU en Chile tienen un impacto significativo en el desempeño de sus municipios que prestan estos servicios. Los porcentajes de municipios eficientes y ecoeficientes van aumentando en (4,70% y 4,36% respectivamente), demostrando el gran margen de mejora de los municipios en su desempeño de gestión de RSU, esto se debe básicamente a la promoción de la educación ambiental a nivel local, en instituciones sin fines de lucro (Llanquileo-Melgarejo et al., 2021). Asimismo, la formación de alianzas estratégicas con el sector privado para financiar instalaciones y medidas específicas destinadas al reciclaje de residuos sólidos urbanos (RSU) contribuye significativamente a mejorar la ecoeficiencia en los municipios, los cuales deben ser considerados como ejemplo para los demás municipios y por lo tanto, las acciones y políticas implementadas por ellos deben ser monitoreadas, recopiladas y difundidas al resto de los municipios para mejorar su ecoeficiencia (Andrić et al., 2023).

Por último, un plan ecoeficiente debe brindar incentivos que puedan promover la recuperación de materiales de reciclaje que estén dentro de los RS municipales, evaluándose la cantidad de materiales separados, así como la eficiencia de separación de los materiales seleccionados en el plan y la tasa de replanteo. El resultado del estudio indica un alto factor de recuperación para los reciclables secos (53,97%) frente a los residuos de alimentos (10,03%); es por ello que dicho plan ecoeficiente es viable y de alta demanda ya que promueve una educación sobre el futuro, incentivando a un plan de separación/reciclaje desde el origen de las zonas de servicio para una mayor eficiencia (Asare et al., 2020).

## CONCLUSIONES

Las estrategias de ecoeficiencia influyen de manera positiva en la gestión de R.S, ya que es un proceso de gran relevancia que se desarrolla a nivel urbano y rural, tanto en ciudades desarrolladas como subdesarrolladas, en las cuales se busca crear una conciencia ambiental en los ciudadanos y sobre todo implementar estrategias ecoeficientes para el adecuado manejo de RS, como por ejemplo, la utilización de incentivos para el reciclado de materiales, así como también la promulgación de la economía circular en cada hogar. Por otra parte, se debe mencionar que un adecuado manejo de residuos crea ambientes saludables libres de enfermedades y sobre todo generan en la sociedad una cultura ambiental que esta intrínsecamente relacionada con la gestión de residuos, ejerciendo una influencia significativa en el desarrollo sostenible de las comunidades, siendo un factor crucial en su crecimiento a largo plazo, en la cual se busque reducir las cantidades de residuos arrojados a los botaderos, tratando de reutilizar a lo máximo.

Para una adecuada gestión de residuos se debe dar un adecuado tratamiento de RS, considerando que cada escenario diseñado tiene características distintas que lo diferenciaban de los demás, es por ello que al tener una adecuada estrategia ecoeficiente existe un adecuado manejo medioambiental de los mismos. No obstante, entra a tallar el análisis de ciclo de vida de cada material, para poder tener una mejor noción de cómo tratarlos, así como algunas estrategias como: la incineración, la gasificación, el reciclaje, la pirolisis y el compostaje, que sirven para una adecuada gestión de RS.

La gestión de residuos se presenta como un proceso de gran importancia tanto en países y ciudades densamente poblados, en donde se busque minimizar el impacto ambiental mediante las estrategias ecoeficientes, como es el caso de la economía circular, que se fundamenta en promover una cultura ambiental que genere ingresos al hogar, a partir de la segregación, reciclaje y la sustitución parcial de materias primas por otras secundarias, promoviendo así agotamiento rápido de los recursos naturales. Por último, las investigaciones futuras deben centrarse en evaluar las posibilidades de implementación de dicho modelo en los países de América, creando modelos que comparen la producción de residuos dividida por sector industrial y ciudadanos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdeljaber, A., Zannerni, R., Masoud, W., Abdallah, M., & Rocha-Meneses, L. (2022). Eco-Efficiency Analysis of Integrated Waste Management Strategies Based on Gasification and Mechanical Biological Treatment. *Sustainability*, *14*(7), 3899. <https://doi.org/10.3390/su14073899>
- Adenuga, O. T., Mpofu, K., & Modise, K. R. (2020). An approach for enhancing optimal resource recovery from different classes of waste in South Africa: Selection of appropriate waste to energy technology. *Sustainable Futures*, *2*, 100033. <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2020.100033>
- Aikowe, L. D., & Mazancová, J. (2021). Plastic Waste Sorting Intentions among University Students. *Sustainability*, *13*(14), 7526. <https://doi.org/10.3390/su13147526>
- Andrić Gušavac, B., Karagoz, S., Popović, M., Pamučar, D., & Devenci, M. (2023). Reconciliation of conflicting goals: A novel operations research-based methodology for environmental management. *Environment, Development and Sustainability*, *25*(8), 7423-7460. <https://doi.org/10.1007/s10668-022-02329-z>
- Asare, W., Oduro Kwarteng, S., Donkor, E. A., & Rockson, M. A. D. (2020). Recovery of Municipal Solid Waste Recyclables under Different Incentive Schemes in Tamale, Ghana. *Sustainability*, *12*(23), 9869. <https://doi.org/10.3390/su12239869>
- Bucea-Manea-Toniș, R., & Zecheru, T. (2022). Untapped Aspects of Waste Management versus Green Deal Objectives. *Sustainability*, *14*(18), 11474. <https://doi.org/10.3390/su141811474>
- Cristóbal, J., Federica Albizzati, P., Giavini, M., Caro, D., Manfredi, S., & Tonini, D. (2023). Management practices for compostable plastic packaging waste: Impacts, challenges and recommendations. *Waste Management*, *170*, 166-176. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.08.010>
- Dewilda, Y., Fauzi, Mhd., Aziz, R., & Utami, F. D. (2023). Analysis of Food Industry Waste Management Based-On the Food Recovery Hierarchy and 3R Concept – A Case Study in Padang City, West Sumatra, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, *24*(7), 198-208. <https://doi.org/10.12911/22998993/164749>
- Garrard, J. (2019). *Health sciences literature review made easy: The matrix method* (Fifth edition). Jones & Bartlett Learning.
- Gastaldi, M., Lombardi, G. V., Rapposelli, A., & Romano, G. (2020). The Efficiency of Waste Sector in Italy: An Application by Data Envelopment Analysis. *Environmental and Climate Technologies*, *24*(3), 225-238. <https://doi.org/10.2478/rtuect-2020-0099>

- Ghinea, C., Cozma, P., & Gavrilescu, M. (2021). Artificial neural network applied in forecasting the composition of municipal solid waste in IASI, ROMANIA. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 29(3), 368-380. <https://doi.org/10.3846/jeelm.2021.15553>
- Ioannidis, J. P. A. (2016). Evidence-based medicine has been hijacked: A report to David Sackett. *Journal of Clinical Epidemiology*, 73, 82-86. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2016.02.012>
- Jacintos Nieves, A., & Delgado Ramos, G. C. (2023). Advancing the Application of a Multidimensional Sustainable Urban Waste Management Model in a Circular Economy in Mexico City. *Sustainability*, 15(17), 12678. <https://doi.org/10.3390/su151712678>
- Laurieri, N., Lucchese, A., Marino, A., & Digiesi, S. (2020). A Door-to-Door Waste Collection System Case Study: A Survey on its Sustainability and Effectiveness. *Sustainability*, 12(14), 5520. <https://doi.org/10.3390/su12145520>
- Lee, S. M., & Lee, D. (2022). Effective Medical Waste Management for Sustainable Green Healthcare. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22), 14820. <https://doi.org/10.3390/ijerph192214820>
- Liu, C.-H., & Hung, C. (2023). Reutilization of solid wastes to improve the hydromechanical and mechanical behaviors of soils—A state-of-the-art review. *Sustainable Environment Research*, 33(1), 17. <https://doi.org/10.1186/s42834-023-00179-6>
- Llanquileo-Melgarejo, P., Molinos-Senante, M., Romano, G., & Carosi, L. (2021). Evaluation of the Impact of Separative Collection and Recycling of Municipal Solid Waste on Performance: An Empirical Application for Chile. *Sustainability*, 13(4), 2022. <https://doi.org/10.3390/su13042022>
- Mohamad, N. S., Thoo, A. C., & Huam, H. T. (2022). The Determinants of Consumers' E-Waste Recycling Behavior through the Lens of Extended Theory of Planned Behavior. *Sustainability*, 14(15), 9031. <https://doi.org/10.3390/su14159031>
- Molinos-Senante, M., Maziotis, A., Sala-Garrido, R., & Mocholi-Arce, M. (2023). The eco-efficiency of municipalities in the recycling of solid waste: A stochastic semi-parametric envelopment of data approach. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, 41(5), 1036-1045. <https://doi.org/10.1177/0734242X221142223>
- Musliu, M., Bilalli, A., Ibrahim, H., Berisha, N., Grapci-Kotori, L., & Geci, D. (2023). Analysis of the Quantity and Composition of Waste in the Peja District, Kosovo. *Journal of Ecological Engineering*, 24(8), 228-235. <https://doi.org/10.12911/22998993/166391>
- Nizar, M., Munir, E., Universitas Sumatera Utara, Irvan, I., Universitas Sumatera Utara, Munawar, E., & Universitas Syiah Kuala. (2021). Household waste management strategy toward zero waste city: a case study of BANDA ACEH. *Journal of sustainability science and management*, 16(3), 257-275. <https://doi.org/10.46754/jssm.2021.04.018>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Alonso-Fernández, S. (2021). Declaración PRISMA 2020: Una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790-799. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>
- Przydatek, G. (2023). Recognition of systemic differences in municipal waste management in selected cities in Poland and the United States. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(30), 76217-76226. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27911-4>
- Salleh, N. A., Mohd Shafiei, M. W., Anwar, A., Zulhumadi, F., & Hubadillah, S. K. (2022). Sustaining the Environment: Critical Success Factors and Barriers of Solid Waste Management through Composting Practices by Rural Communities in Malaysia. *Sustainability*, 14(20), 13541. <https://doi.org/10.3390/su142013541>
- Shrestha, P. P., Ghimire, A., Dangi, M. B., & Urynowicz, M. A. (2023). Development of a Municipal Solid Waste Management Life Cycle Assessment Tool for Banepa Municipality, Nepal. *Sustainability*, 15(13), 9954. <https://doi.org/10.3390/su15139954>
- Shukla, P., & Choudhary, S. (2022). A Critical Review of the Impact of COVID-19 on Plastic and Food Waste. *Nature Environment and Pollution Technology*, 21(5(Suppl)), 2283-2290. <https://doi.org/10.46488/NEPT.2022.v21i05.023>
- Vorobeva, D., Scott, I. J., Oliveira, T., & Neto, M. (2023). Leveraging technology for waste sustainability: Understanding the adoption of a new waste management system. *Sustainable Environment Research*, 33(1), 12. <https://doi.org/10.1186/s42834-023-00174-x>
- Voukkali, I., Papamichael, I., Economou, F., Loizia, P., Klontza, E., Lekkas, D. F., Naddeo, V., & Zorpas, A. A. (2023). Factors affecting social attitude and behavior for the transition towards a circular economy. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 36, 101276. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2023.101276>
- Yadav, D., Mann, S., & Balyan, A. (2023). Waste management model for COVID-19: Recommendations for future threats. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20(6), 6117-6130. <https://doi.org/10.1007/s13762-022-04357-8>