



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



## **[Reconocimiento-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)**

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre y cuando den crédito y licencia a las nuevas creaciones bajo los mismos términos. Esta licencia suele ser comparada con las licencias copyleft de software libre y de código abierto. Todas las nuevas obras basadas en la suya portarán la misma licencia, así que cualesquiera obras derivadas permitirán también uso comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA  
EVALUACION DE ORIGINALIDAD

ATIT\_2023-FIAS-061

CONSTANCIA

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

“EVALUACIÓN DE LA HUELLA ECOLÓGICA POR LA SEGREGACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS EN LA PROVINCIA DE ICA, AÑO 2022”

Presentado por:

**CUBA CCENCHO ESLEYTER ANDRISH**

Autor(a) del nivel PREGRADO de la Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria El resultado obtenido es **PORCENTAJE DE SIMILITUD del 2%** por el cual se otorga el calificativo de:

**APROBADO,**

Según Reglamento de Evaluación de la Originalidad

Con CÓDIGO DE MATRÍCULA N° 20154537

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

25 de Septiembre del 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"  
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
*[Firma]*  
Dr. Domingo Jesús Cabel Moscoso  
DIRECTOR



**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**  
**Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria**



**INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION**  
**Evaluación de la huella ecológica por la segregación de**  
**residuos sólidos domiciliarios en la Provincia de Ica, Año 2022**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**  
**Ciencias naturales, ingeniería y tecnologías sostenibles**

**AUTOR:**  
Bach. ESLEYTER ANDRISH CUBA CCENCHO

**ICA - PERÚ**  
**2022**

## **DEDICATORIA**

Al ser supremo que nos da vida para  
realizar nuestros sueños.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres, familia y docentes.

## INDICE

Portada	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Índice	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I.- INTRODUCCION .....	8
II.- ESTRATEGIA METODOLOGICA .....	21
2.1. Tipo, Nivel y Diseño de la investigación .....	21
2.2. Población, muestra y muestreo .....	21
2.3. Técnica e instrumento de recojo de información .....	21
2.4. Procedimiento de recolección de datos .....	21
2.5. Técnica de procesamiento, análisis e interpretación .....	22
2.6. Ámbito de estudio .....	22
III.- RESULTADOS .....	23
IV.- DISCUSIÓN .....	32
V.- CONCLUSIONES .....	34
VI.- RECOMENDACIONES .....	35
VII.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	36
VIII.- ANEXOS .....	46

## **INDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Composición de los residuos sólidos	22
<b>Tabla 2.</b> Clasificación de residuos sólidos	23
<b>Tabla 3.</b> Cuantificación de los RS en la provincia de Ica	25
<b>Tabla 4.</b> Cuantificación de RS para compostaje / huella ecológica	26
<b>Tabla 5.</b> Clasificación de los residuos sólidos según escenario del WARM	26
<b>Tabla 6.</b> Cuantificación y tipo de RS en escenario alterno en la provincia de Ica	27
<b>Tabla 7.</b> Emisiones de gases de efecto invernadero	28

## RESUMEN

El principal objetivo del estudio fue realizar una evaluación de la huella ecológica por la segregación de residuos sólidos domiciliarios en la Provincia de Ica, a través de una metodología de tipo aplicada, de diseño no experimental, considerando los resultados más relevantes, que los residuos sólidos de la Provincia de Ica están compuestos por 54.29% de residuos orgánicos, no aprovechables 16.32%, Inorgánicos 29.39%; para identificar los residuos aprovechables para compostaje desde su origen son de mercado (1.04 Ton/año) y áreas verdes (9.75 ton/año); por lo tanto mediante el modelo WARM se determinó la huella ecológica solo de los residuos sólidos municipales llegando a 1143.745 Tn Co<sub>2</sub>-e, por lo tanto se llegó a la conclusión que se logró estimar la huella ecológica que genera los residuos sólidos en la provincia de Ica, considerando la información de la gestión de los residuos sólidos que alcanza 2974.0 TMCO<sub>2</sub>E en ese sentido para valorizar los RRSS e implementar programas se supera la cantidad de 2766.31 TMCO<sub>2</sub>E, así mismo; se estimó la minimización de estas emisiones de gases contaminantes, también se estableció la huella ecológica y la disminución de esta en -160.83 TMCO<sub>2</sub>E, a través de aplicar el modelamiento WARM en la provincia de Ica para las gestiones realizadas en temas de RRSS.

## **ABSTRACT**

The main objective of the research was to evaluate the ecological footprint for the segregation of household solid waste in the Province of Ica, through an applied methodology, of a non-experimental design, considering the most relevant results, that the solid waste of the Province from Ica are composed of 54.29% organic waste, 16.32% non-usable, 29.39% inorganic; to identify usable waste for composting from its origin are from the market (1.04 tons/year) and green areas (9.75 tons/year); Therefore, using the WARM model, the ecological footprint of only municipal solid waste was determined, reaching 1143,745 Tn Co<sub>2</sub>-e, therefore it was concluded that the ecological footprint generated by solid waste in the province of Ica was estimated. , taking into account the base scenario of waste management that was 2974.0 TMCO<sub>2</sub>E and the alternative scenario when implementing the recovery of waste within the management program whose result was 2766.31 TMCO<sub>2</sub>E, likewise; the reduction of the carbon footprint was estimated, which was -160.83 TMCO<sub>2</sub>E, through the application of the WARM model in the province of Ica for the management of its waste.

## I.- INTRODUCCION

La humanidad en su día a día realiza actividades que producen gases contaminantes y así mismo eso aumenta los GEI (gases de efecto invernadero) en su totalidad esto aumenta las condiciones de la huella ecológica que se menciona en unidades de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e), en la actualidad los factores sostenibles de la huella ecológica, son referencias para la transformación de procesos como en el consumo y procesos energéticos, áreas de agricultura y ganadería, que son procesos productivos primarios que emiten cantidades importantes de CO<sub>2</sub>, así mismo los pastos, las zonas cultivables, los bosques, las áreas de pescas; a raíz de eso se tiene un enfoque de consecuencias negativas que tiene sobre el ambiente. [1]

A través de estudios científicos y el avance de la tecnología se ha demostrado la adaptabilidad que tienen los factores físicos, biológicos, químicos, que determinan las consecuencias a nivel mundial de los impactos generados por las condicionantes humanas, sin embargo, estos indicadores se deben estudiar desde muchas perspectivas ya que su enfoque es muy amplio, y sus resultados deben satisfacer las exigencias actuales y las tendencias a reducir los niveles y las emisiones de GEI que alteran al comportamiento climatológico y en consecuencia impactan a las actividades humanas.

Hay que tener en cuenta que, para satisfacer nuestras necesidades demandamos cada día que se realicen nuevos y mas productos que nos faciliten la vida y debido a este aumento desproporcionado de procesos y servicios se aumenta la cantidad de los RRSS que son depositados en los rellenos sanitarios o botaderos informales.

Asimismo, [2] se sabe que los seres humanos necesitamos de esos productos para mantener nuestro estilo de vida, pero estos residuos deben tener un tratamiento especial, una reutilización hasta una revalorización, alargar su

vida útil de uso, disminuir las cantidades de componentes contaminantes, para que el ambiente tenga de nuevo la capacidad de regenerarse dependiendo la capacidad ecológica; a este proceso se le puede llamar huella ecológica, considerado como un instrumento para medir las cantidades de áreas de suelo productivo que son necesarios para que este recurso regenere su capacidad de producción. La provincia de Ica, esta relacionad a esta problemática que está impactando en el medio ambiente, por lo que se hace necesario gestionar ambientalmente de forma eficiente desde su origen hasta su disposición final, que permitirá de esta forma disminuir la huella ecológica.

El problema principal de la investigación fue, ¿Cómo evaluar la huella ecológica por la segregación de residuos sólidos domiciliarios en la Provincia de Ica, Año 2022?, y nuestros problemas específicos, ¿Qué características y volumen presentan los residuos sólidos domiciliarios en la Provincia de Ica, Año 2022?; así mismo, ¿Cómo disminuir la huella ecológica mediante la segregación en la fuente y recolección de residuos sólidos domiciliarios en la Provincia de Ica, Año 2022?

Por lo que se establecieron las siguientes Hipótesis, general: La implementación de una adecuada segregación de residuos sólidos domiciliarios disminuye la huella ecológica en la Provincia de Ica, Año 2022., así mismo se establecieron hipótesis específicas: La determinación de las características y volumen que presentan los residuos sólidos domiciliarios disminuye la huella ecológica en la Provincia de Ica, Año 2022; y como segunda hipótesis específica: Se disminuye la huella ecológica mediante la segregación en la fuente y recolección de residuos sólidos domiciliarios en la Provincia de Ica, Año 2022

Se consulto fuentes bibliográficas y antecedentes que le dio un sustento teórico a nuestra investigación:

En ese sentido, Gautam, M. y Agrawal, M. (2021), tuvieron como propósito en su investigación la evaluación de las fuentes de emisión los gases

de efecto invernadero – GEI que se producen en la gestión de los residuos sólidos municipales y las consecuencias que tienen en la población; así como en el aspecto social y económico, llegando a tener como resultados, que los residuos sólidos municipales no son gestionados eficientemente, eso representa un 50% de RS que son dispuestos de manera incorrecta, así mismo de esa cantidad un 10% se lleva a cabo tratamiento de compostaje y reciclaje, el estudio destaca estrategias como el principio 5-R, la segregación de residuos a nivel doméstico para mitigar las emisiones para el progreso sostenible, las emisiones que se estimaron de los GEI totales (CH<sub>4</sub> , CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O). Las emisiones de la gestión de residuos contribuyen aproximadamente con el 5% de las emisiones totales de GEI a la atmósfera. [3]

Otro estudio, de Naderipour, A. et al. (2021), menciona que el objetivo principal fue de estimar la cantidad total de CO<sub>2</sub> producidos por la Universidad Tecnológica de Malaysia durante 4 años, considerando la generación de los residuos sólidos. El método de evaluación especial es un método alternativo para calcular los gases de efecto invernadero y mide todos los elementos/fuentes de gases de efecto invernadero bajo la misma unidad funcional. Los resultados del estudio demostraron que la generación de los residuos sólidos contribuyeron al 34,74 %, 19,37 % y 18,19 % de las emisiones de carbono, . El CO<sub>2</sub> total de emisiones de la fuente durante 4 años fueron 48.442 TM. Los datos sobre la huella de carbono del centro superior de estudios pueden constituir la base para el seguimiento, la evaluación y considerando regular las emisiones de GEI. [4]

Sun, L., et al. (2018), en su estudio los autores evaluaron la huella de carbono del sector de gestión de residuos para identificar las emisiones de carbono directas e indirectas, las emisiones de carbono del reciclaje de residuos utilizando una evaluación del ciclo de vida híbrido y un análisis de entrada-salida. China y Japón fueron seleccionados como áreas de estudio de caso para resaltar los efectos de diferentes industrias en la gestión de residuos. Los resultados muestran que las huellas de carbono del ciclo de vida para el tratamiento de residuos son 59,01 millones de toneladas en China y 7,01

millones de toneladas en Japón. La brecha entre estas huellas se debe a los diferentes sistemas de gestión de residuos y procesos de tratamiento utilizados en los dos países.

Para las huellas de carbono indirectas, La huella de carbono material y la huella de carbono de la depreciación de China son mucho más altas que las de Japón, mientras que la huella de carbono de la electricidad y el calor comprados en China es la mitad de la de Japón. China y Japón tienen huellas de carbono de consumo directo de energía similares. Sin embargo, CO<sub>2</sub> Las emisiones de los procesos de tratamiento de RSU en China (46,46 millones de toneladas) son significativamente más altas que las de Japón (2,72 millones de toneladas). Los efectos correspondientes del reciclaje de residuos en la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> son considerables, hasta 181,37 millones de toneladas para China y 96,76 millones de toneladas para Japón. Además, se propusieron medidas adicionales para optimizar los sistemas de gestión de residuos en los dos países. Además, se argumenta que la experiencia avanzada que tienen los países desarrollados en temas de gestión de residuos puede brindar apoyo científico para el tratamiento de residuos en países en desarrollo como China. [5]

En la investigación de Pérez, J., et al (2018), se enfoca en aplicar el marco metodológico del Análisis de Ciclo de Vida que como resultado nos da hallazgos de manera rápida y simple los cálculos de la huella ecológica en las fases de gestión de los RS municipales, se siguió la estructura metodológica de procedimiento: i) la emisión directa de GEI producidas en el tratamiento de residuos, que tiene lugar dentro de los límites de la ciudad (alcance 1 de los estándares internacionales de huella de carbono); ii) la emisión indirecta de GEI relacionadas con consumo eléctrico suministrado por la red, así como con la producción y distribución de combustibles (emisiones de alcance 2 y 3 según los estándares internacionales de huella de ecológica); y iii) las generaciones de GEI evitadas como impactos de los productos obtenidos (en su caso) que puedan sustituir a otros productos o a las materias primas utilizadas para producirlos. La huella de carbono para la situación actual es igual a 224 kg CO<sub>2</sub> eq/t de

residuos, el escenario actual reduce su huella de carbono en 1597 kg CO<sub>2</sub> eq/ t residuo ( una reducción del 88%). Cuando los hallazgos son evidentes, se pueden enfocar en diversos métodos que se adapten a la regeneración y recuperación de áreas valiosas a través de procesos y tratamientos de valorización de los RRSS en energía que se pueda aprovechar de manera directa y bajo ese enfoque la huella ecológica disminuiría considerablemente. [6]

Así mismo, Ramachandra, T. et al. (2018), menciona en su estudio basado en el objetivo de la proporcionalidad de desechos sólidos municipales recolectados por las agencias que se desechan en sitios identificados es de alrededor del 60%, mientras que el resto se desecha en sitios de disposición no autorizados, lo que tiene consecuencias ambientales, incluidas el aumento de los GEI. El estudio reveló en generación de RRSS per cápita es de aproximadamente 91,01± 45,5 g/día con una generación de residuos orgánicos per cápita de 74±35 g/persona/día.

La generación de residuos domésticos per cápita está vinculado significativamente con los rangos de ingresos económicos y educación, mientras que se relacionó negativamente con el tamaño de la familia (hogar). Las fracciones orgánicas constituyen el 82% con un fuerte potencial de valorización y conversión a rango energético o compost. El total de residuos orgánicos generados es de unos 231,01 Gg/año y debido a la mala gestión las emisiones consecuentes son de unos 604,80 Gg/año. Se sugiere un enfoque estratégico de gestión integrada de RRSS que reduzca las fracciones orgánicas a través de intervenciones tecnológicas y políticas, lo que ayuda a mitigar las emisiones de GEI con posibles beneficios económicos. [7]

En las investigaciones de ámbito nacional, encontramos a Leon, E. y Lopez, K. (2022), donde propuso como objetivo identificar las fórmulas propuestas para disminuir los GEI a través de la huella de carbono vinculados a la generación de los residuos sólidos de la empresa Imaq Perú SAC, la muestra de estudio estuvieron organizadas por las funciones vinculadas a las fuentes de generación de GEI así mismo a las personas de la organización del año 2021. Para que la

generación de datos, se usó la del MINAM, Huella de carbono; conforme a los hallazgos se encontró un total de 8.35 tCO<sub>2</sub>eq, así mismo se recomienda en este aspecto que se evalúe e incorpore estrategias fundamentales como la separación de los RRSS en la fuente domiciliaria, así mismo valorizarlos tomando en cuenta la economía circular, de la misma manera disponer de manera adecuada de los mismo, los residuos producidos por los procesos productivos de las organizaciones.[8]

De acuerdo con Muller, G. (2022), la autora tuvo como finalidad valorar la huella ecológica, hídrico, y de la estimación de cantidades de RRSS en las Municipalidad Provincial de Pachitea, y se aplicó una metodología de términos cuantitativos, correlacional de no experimental, la muestra a estudiar fueron los colaboradores municipales del área de gestión de residuos sólidos, como resultados se llegaron a evidenciar que se emitieron una cantidad aproximada de 0.096637183 toneladas de CO<sub>2</sub> (Ton CO<sub>2</sub>), 0.000127154 toneladas de CH<sub>4</sub> (Ton CH<sub>4</sub>), 0.002204622 toneladas de NO<sub>2</sub> (Ton NO<sub>2</sub>), y realizando los cálculos se obtuvieron una huella de carbono HC de 0.098996896 de GEI, y considerando estos datos se concluye que existen una relación significativa entre las variables de estudio. [9]

También, Ribero, G. (2021), realiza su estudio con el objetivo de realizar una identificación de manera cuantitativa de las emisiones de GEI aplicando la metodología de Huella de carbono, instrumento fundamental considerado en las actividades de gestión ambiental, se siguió los lineamientos del ISO 14064-1:2016, los resultados que se corresponden a que se calculó una cantidad de 3107,789 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (tn CO<sub>2</sub>-eq) en el distrito de Independencia análisis realizado en el año 2018 donde se evidencia una mayor cantidad de generación de los residuos sólidos, y en el año 2015 se realizó los mismos análisis llegando a 1222,067 tn CO<sub>2</sub>-eq., la diferencia corresponde a que se incorporaron políticas y estrategias de gestión de residuos sólidos como prácticas de reciclaje y valorización de residuos orgánicos a través de compostaje, por lo que este estudio se enfocó en identificar esos niveles de

emisiones, por lo tanto se concluye que se reducen de acuerdo a las acciones que se tomen de las autoridades correspondientes. [10]

Carrillo, L, y Saenz, A. (2020), nos menciona en su investigación que tuvo como finalidad estimar la huella ecológica acerca de los procesos de generación de los RRSS municipales de tipos aprovechables y no aprovechables, estudio aplicado en el distrito de La Punta, para llegar a la estimación se utilizó la metodología WARM, mediante fases se estimo primero los GEI base de los procesos de reciclaje y compostaje, así mismo se consideraron las cantidades totales de generación de estos residuos que fue 5397,11 ton/año en el año 2019, al culminar este análisis se halló, e 5532,63 T<sub>MCO2E</sub> en términos de huella de carbono enfocado a los residuos sólidos, y según el modelaje de nuestro software se estimo una disminución de -321,66 T<sub>MCO2E</sub>, esta cantidad estimada de disminución correspondería a un 60% a las emisiones de fases de uso de vehículos motorizados públicos. [11]

Finalmente en la revisión de los artículos e investigaciones, tenemos a Meza, L. (2020), su estudio estuvo enfocado a determinar la famosa huella de carbono de las personas del Distrito de Yauyos, ahora para cumplir con esa finalidad se tuvo que observar las actividades económicas y domesticas de los pobladores, se clasifico los RRSS generados, y de esa forma determinar la huella ecológica; así mismo la huella hídrica enfocado a los indicadores sociodemográficos de la comunidad, se obtuvo como resultado que las personas generan una cantidad de residuos sólidos 1.1364 hag/persona, y su Huella ecologica es de acuerdo a las actividades que realizan, HE de cultivo con 0.3237 hag/persona, HE de pastoreo con 0.3992, HE de transporte con 0.0745 hag/persona, HE energética con 0.1300 hag/persona, HE energética para agua con 0.0023 hag/persona y HE adicional con 0.1917 hag/persona. [12]

La huella ecológica basada en la disposición de residuos sólidos fue el área productiva ecológica que consume desechos producidos por el hombre, que reflejaron principalmente el consumo de todos los recursos y contaminantes

ambientales producidos en las etapas de procesamiento y de disponer los RRSS, así como la huella ecológica ocupada por la parte no procesada de los RRSS. Los cálculos de la huella ecológica se basaron en los siguientes pasos: Correspondencia de los residuos sólidos con las tierras ecológicamente productivas, Teniendo en cuenta que el proceso de eliminación de residuos era muy complicado, al calcular el consumo huella ecológica de algunos residuos sólidos, los principales contaminantes ambientales y la producción energética en la etapa de procesamiento de residuos fueron generalmente elegidos como componentes de la huella ecológica correspondiente. [13]

Este instrumento conocido como huella ecológica tiene un enfoque cuantitativo de los recursos brindados por la naturaleza, que fue desarrollada a principios de la década de 1990 por Mathis Wackernagel y Bill Rees en la Universidad de Columbia Británica. En la actualidad es referencia para determinar huella ecológica en diversos procesos y comúnmente se usa para analizar de manera comparativa las funciones ambientales de las áreas de producción, también ejecuta en sus funciones diversas pruebas de control y evaluación para un desarrollo sostenible. [14]

El método para determinar la huella ecológica responde a la primera pregunta de la ecología humana: ¿Qué parte de la biocapacidad de la Tierra se dedica a mantener a una población específica en su nivel de vida material promedio? El método muestra que la huella ecológica agregada de la sociedad global ya es efectivamente más grande que el planeta. La humanidad está en 'sobregiro', utilizando los recursos del ecosistema más rápido de lo que se regeneran y llenando los sumideros de desechos hasta el desbordamiento. Financiamos el crecimiento económico liquidando la naturaleza. La sostenibilidad con justicia requiere vivir más equitativamente dentro de los medios de la naturaleza. Esto implica una reducción del 50 al 80 por ciento en la energía fósil y el consumo de materiales para mediados o finales de siglo. [15]

A pesar del amplio reconocimiento de la importancia de cumplir la finalidad de desarrollarnos de manera sostenible, ejemplificado por la Declaración de Río de

1992 y los ODS, la economía mundial no cumple con los indicadores mínimos importantes para que las demandas que necesitan satisfacer la humanidad de productos y servicios deban tener un proceso sostenible, con capacidad de regenerar el ambiente natural. En 2002, se tenía información que los recursos naturales se estaban agotando y que se debían poner un alto a las grandes cantidades de productos para que la tierra regenerar estos recursos. Usando la Huella Ecológica como herramienta de contabilidad, proponemos y discutimos tres posibles escenarios globales para el futuro de la demanda humana y el suministro de los ecosistemas. [16]

Cuantificar este cálculo de la huella de carbono nos va ayudar a estimar las contribuciones que realizan las actividades antropológicas al cambio climático y alteraciones de las condiciones de nuestro medio ambiente, así como indagar las propuestas o estrategias que ayudaran a minimizar las fuentes de emisión de gases contaminantes y que alteran las condiciones salubres humanas. [17]

Entre los gases contaminantes que constituyen los GEI se encuentran el Dióxido de Carbono, Metano, Óxido Nitroso, Hidrofluorocarbonos, Perfluorocarbonados, Hexafluoruro de azufre.

En procedimiento para calcular a la huella ecológica tiene etapas:

- Cálculo: se considera en esta etapa la estimación y contabilización de los GEI que se expanden desde la fuente de generación al ambiente por las actividades antropológicas y económicas, así mismo de sus procesos, los servicios y bienes de manera directa e indirecta, y de sus colaboradores o personales, por lo que el procedimiento se trata de: a) la identificación de los puntos emisibles de los GEI y actores que nos brindan los datos; b) analizar la información recolectada en los controles de calidad; c) la estimación de los GEI y d) realizar un reporte de las cuantificaciones de la huella ecológica.

En ese sentido, se consideran la aplicación de normas como el ISO 14067 e ISO 14064-1.

- Verificación: Aquí se verifica de manera exacta y de acuerdo a los datos recolectados de la huella ecológica, a través de metodologías que satisfagan los principios de objetivos.

Se requiere que la información sea clara y transparente, que no sean ambiguos que tengan doble sentido o distorsione la realidad.

- Neutralización: finalmente teniendo un resultado, las organizaciones o empresas tienen las alternativas para proponer medios de mitigación o reducción de sus sustancias contaminantes.

Analizar la huella ecológica, también conocido como emisión de GEI, son causadas por la fabricación de un producto o cualquier actividad dada que contribuye al calentamiento global, la huella es también un componente importante de la Huella ecológica, este puede ser seguido en cuatro categorías: Energía, Agrícola, Industria y Residuos. El sector de transporte es el que más emisión expulsa al ambiente; de 16.27% de todos los GEI. Los residuos industriales son responsables del 24,2% de emisión de gases de efecto invernadero, etc.

Calcular una huella ecológica es un primer paso para cualquier actividad que busque entender su impacto ambiental, aunque se centra en emisiones de GEI. El cálculo no es el objetivo final, pero el objetivo principal es lograr un reducción de la huella de carbono. [18]

Las ciudades, los intereses económicos, el factos sociocultural y los patrones del consumidor; así mismo el auge de las empresas industriales de productos traen como consecuencia las malas prácticas de desechos de los RRSS, esta disposición final es fundamental en el proceso de reducir y encontrar un valor y que esta sea sostenible en el tiempo cumpliendo los criterios de una economía

circular, entre mas demanda haya de productos en la humanidad los procesos van a ir desarrollando y evolucionando terminando de contaminar las pocas áreas ambientales que tenemos aún. [19]

La gestión de los RRSS es un componente de los documentos de gestión ambiental y forma parte del programa integral de manejo de residuos sólidos a nivel nacional (PIGARS) del Ministerio del Ambiente; por ello, implementar estas acciones son políticas de las municipalidades para garantizar y prevenir la contaminación ambiental y garantizar calidad de vida y salubridad de la población y el medio que los rodea.

Los RRSS son sustancias, productos o subproductos estables o semisólidos, generados por el uso de los servicios o productos que cumplen con su vida útil. Un generador se define como una persona que produce residuos sólidos como resultado de sus actividades. Suelen considerarse de nulo carácter financiero y popularmente se le menciona como “basura”. Sin embargo, es fundamental mencionar que las normas en torno a los RRSS clasifican a estos subproductos. [20]

Según su origen, se consideran los producidos en las zonas domésticas, comercial, en instituciones o empresas, restos de construcciones o que son parte de demoliciones de edificios, así mismo de origen municipales, también son considerados los de PTAR, de origen industrial y agrícola. Los RRSS domiciliarios, se organizan en residuos de alimentos, papelería, cartones, envases plásticos o botellas, telas o derivados, cueros, residuos de jardinería, restos de madera, vidrio, latas de aluminio, restos generales y residuos domiciliarios peligrosos. [21]

Las oportunidades de desarrollo sostenible acompañan el problema que se generan por los RRSS de origen doméstico, esta información se ve reflejado en los estudios que indican que los pasivos ambientales generan ahorros en los gastos cuantiosos en salud, así mismo generan beneficios económicos y

socioambientales cuando implementamos programas de regeneración y aprovechamiento de los RRSS, por lo que se trata de a través políticas publicas incentivar a la valorización, generando empleos de manera directa e indirecta, con la ayuda de instituciones públicas y privadas. [22]

Tenga en cuenta que, aunque el modelo WARM se desarrolló para evaluar solo los impactos ambientales que están intrínsecamente relacionados con el cambio climático, excluyendo los impactos causados en el suelo, el agua y la salud humana, se ha aplicado para guiar las decisiones relacionadas con la gestión de residuos sólidos. En la literatura se encontraron algunos estudios que utilizan el software WARM como herramienta de ayuda en la toma de decisiones. Estos estudios muestran el potencial de aplicación del software desarrollado por la USEPA. [23].

#### Importancia y justificación:

Los seres humanos nos enfrentamos en tiempos difíciles que no tienen precedentes, ya que conocemos ampliamente la biodiversidad que se desarrolla en la Tierra, y que los seres humanos compartimos con otras especies, en la actualidad es imposible sostener un nivel adecuado de manera sostenible entre los consumos de los recursos naturales, las actividades extractivas, económicas, el consumo de productos, la alta demanda, la generación de grandes cantidades de RRSS.

No aseguramos la convivencia de todas nuestras actividades sin ejercer un impacto negativo al medio ambiente y a nuestros recursos naturales, para generar una renovación de los suelos, aire, agua; así mismo, los RRSS tienen la capacidad de durar mucho tiempo que no le da tiempo al ambiente a degradar sin antes afectar significativamente el medio, en ese sentido la huella ecológica incentiva a determinar a través de un enfoque cuantitativo analizar y mediante una evaluación de los recursos y emisiones que se generan el impacto negativo a este sistema estructurado de convivencia entre recursos y actividades humanas,

estos RRSS son considerados un problema global donde se buscan alternativas para disminuir, valorizar o reutilizar y así evitar la emisión de estos gases al medio ambiente, siendo uno de los más dañinos y más frecuentes el dióxido de carbono CO<sub>2</sub>. Por lo que se hace necesario que la gestión municipal en la provincia de Ica, debería evaluar la problemática ambiental generado por el inadecuado manejo de estos RSD e implemente programas de segregación que permita reducir la huella ecológica. Por lo tanto, la investigación es importante porque determinara las características y volumen de los RSD, para que se ejecute acciones de manejo y reciclaje de los RSD.

La investigación tiene los siguientes objetivos, principal: Evaluar la huella ecológica por la segregación de residuos sólidos domiciliarios en la Provincia de Ica, Año 2022; específicos: Determinar las características y volumen que presentan los residuos sólidos domiciliarios en la Provincia de Ica, Año 2022.; Disminuir la huella ecológica mediante la segregación en la fuente y recolección de residuos sólidos domiciliarios en la Provincia de Ica, Año 2022

La investigación está distribuida de la siguiente manera, en el I capítulo se presenta la introducción; en esta parte se analiza la realidad problemática a través de un contexto internacional, nacional y local así como la presentación de los problemas, objetivos e hipótesis; en el II capítulo tenemos la estrategia metodológica que presenta el diseño del tipo, nivel y enfoque de la investigación, la población y muestra y las técnicas e instrumentos empleados; en el III capítulo se presentan los resultados a través de tablas y gráficos, en el IV capítulo tenemos la discusión de resultados donde se compara los hallazgos de este estudio con las investigaciones previas y similares a esta investigación, en el capítulo V se presenta las conclusiones, en un VI capítulo las recomendaciones y finalmente en el VII las referencias bibliográficas que se utilizaron para darle sustento teórico y científico al estudio; por último en el VIII capítulo los anexos, que es la información complementaria de la investigación.

## **II.- ESTRATEGIA METODOLOGICA**

### **2.1. Tipo, Nivel y Diseño de la investigación**

El tipo de investigación fue aplicada de diseño no experimental.

### **2.2. Población, muestra y muestreo**

#### **Población:**

Estuvo conformada por los RSD de la provincia de Ica, con un total de 2698.34 Ton/año.

#### **Muestra:**

Fue la totalidad de la población bajo un muestreo censal.

### **2.3. Técnica e instrumento de recojo de información**

Se empleó:

- Análisis y sistematización de fuentes documentales
- Observación cualitativa
- Observación cuantitativa de las etapas de segregación y recolección de RSD

#### **Instrumentos**

- Fichas bibliográficas
- Formato de Check list
- Cuestionario

### **2.4. Procedimiento de recolección de datos**

- Programa Excel
- Paquete estadístico SPS
- Software ArcGis

Los resultados se presentaron en cuadros y gráficas, de acuerdo a los objetivos planteados en la investigación.

## **2.5. Técnica de procesamiento, análisis e interpretación**

Por las características de la investigación, se diseñarán y aplicaron las siguientes etapas:

Etapas 1:

Revisión bibliográfica de los antecedentes internacionales, nacionales y locales, asimismo para las definiciones conceptuales de:

- Huella ecológica
- Residuos sólidos domiciliarios
- Gestión ambiental
- Normativa nacional e internacional

Etapa 2:

Sistematización de la información recolectada de residuos sólidos generados en la provincia de Ica. Se caracterizaron los residuos sólidos según su clasificación.

Etapa 3:

Cuantificación de los RS en la provincia de Ica.

Etapa 4:

Residuos WARM

Etapa 5:

Determinación de la HE de generación de los RSM: Proyección de población, generación per cápita de RSD

Etapa 7:

Elaboración de conclusiones, recomendaciones y entrega del informe final.

## **2.6. Ámbito de estudio**

El presente estudio se desarrolló en la Provincia de Ica

### III.- RESULTADOS

**Tabla 01**

*Etapa 1: Composición de los residuos sólidos*

<b>Clasificación de residuos sólidos</b>	<b>%</b>
<b>Residuos orgánicos</b>	<b>54.29</b>
Residuos de alimentos	42.17
Residuos de maleza	8.23
Otros residuos orgánicos	3.89
<b>Papel</b>	<b>7.08</b>
Blanco	2.09
Periódico	3.21
Mixto	1.78
<b>Cartón</b>	<b>4.45</b>
Blanco (liso y cartulina)	1.06
Marrón (corrugado)	1.74
Mixto	1.65
<b>Vidrio</b>	<b>4.74</b>
Transparente	3.16
Otros colores (marrón, ámbar, verde, azul, otros)	1.02
Otros (vidrio de ventana)	0.56
<b>Plástico</b>	<b>4.68</b>
Tereftalato de polietileno	1.32
Polietileno de alta densidad	0.95
Polietileno de baja densidad	1.06
Polipropileno	1.02
Poliestireno	0.05
Policloruro de vinilo	0.07
Otros plásticos	0.09
Tetra brik	0.12
<b>Metales</b>	<b>1.26</b>
Lata	1.02
Acero	0.06
Fierro	0.11
Aluminio	0.04
Otros metales	0.03
<b>Residuos no aprovechables</b>	<b>16.32</b>
Bolsas plásticas	4.26
Papel higiénico, pañales, toallas sanitarias	6.28
Pilas	1.05
Tecnopor	1.52
Otros no aprovechables	3.21
<b>Residuos inorgánicos</b>	<b>7.18</b>
Otros residuos inorgánicos	7.18
<b>Total</b>	<b>100.00</b>

Según información sistematizada de la plataforma del SINIA – MINAM, se ha encontrado un resultado de 2494.59 Ton/año, entonces para clasificar los residuos solidos se empleó la siguiente formula:

$$CRRSSTC=CTRRSS \times PGRRSS$$

Dónde:

CRRSSTC: Cantidad de Residuos Sólidos por Tipo.CTRRSS: Cantidad Total de Residuos Sólidos.

PGRRSS: Porcentaje de Generación de Residuos Sólidos.

En la Tabla 02, que se muestra a continuación podemos evidenciar el resultado

**Tabla 02***Clasificación de residuos sólidos*

<b>Clasificación de residuos sólidos</b>	<b>%</b>	<b>Ton/año</b>
<b>Residuos orgánicos</b>	<b>54.29</b>	<b>1384.00</b>
Residuos de alimentos	42.17	1107.55
Residuos de maleza	8.23	162.86
Otros residuos orgánicos	3.89	113.59
<b>Papel</b>	<b>7.08</b>	<b>119.03</b>
Blanco	2.09	27.80
Periódico	3.21	63.73
Mixto	1.78	27.501
<b>Cartón</b>	<b>4.45</b>	<b>109.10</b>
Blanco (liso y cartulina)	1.06	24.46
Marrón (corrugado)	1.74	50.89
Mixto	1.65	33.75
<b>Vidrio</b>	<b>4.74</b>	<b>79.02</b>
Transparente	3.16	57.79
Otros colores (marrón, ámbar, verde, azul, otros)	1.02	12.01
Otros (vidrio de ventana)	0.56	9.23
<b>Plástico</b>	<b>4.68</b>	<b>141.67</b>
Tereftalato de polietileno	1.32	61.81
Polietileno de alta densidad	0.95	28.17
Polietileno de baja densidad	1.06	33.64
Polipropileno	1.02	2.23
Poliestireno	0.05	2.23
Policloruro de vinilo	0.07	2.23
Otros plásticos	0.09	2.23
Tetra brik	0.12	9.13
<b>Metales</b>	<b>1.26</b>	<b>48.27</b>
Lata	1.02	37.93
Acero	0.06	2.23
Fierro	0.11	3.65
Aluminio	0.04	2.23
Otros metales	0.03	2.23
<b>Residuos no aprovechables</b>	<b>16.32</b>	<b>579.15</b>
Bolsas plásticas	4.26	94.74
Papel higiénico, pañales, toallas sanitarias	6.28	320.85
Pilas	1.05	6.68
Tecnopor	1.52	15.01

### Etapa 3:

*Cuantificación de los RS en la provincia de Ica.*

Clasificación de residuos	Cantidad de residuos reciclados (ton/mes)											Peso total (ton)
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	
Plástico duro	0.8	0.7	0.6	0.8	0.8	0.9	0.9	0.7	0.8	0.8	0.05	7.85
Botella descartable (PET)	0.14	0.16	0.16	0.14	0.12	0.11	0.12	0.24	0.23	0.19	0.17	1.78
Cartón	1.5	1.3	1.4	1.3	1.5	1.3	1.4	1.3	1.4	1.4	1.7	15.5
Papel blanco	0.2	0.2	0.18	0.2	0.3	0.2	0.2	0.12	0.2	0.15	0.18	2.13
Papel de color cuche	0.1	0.9	0.12	0.9	0.9	0.9	0.13	0.14	0.11	0.11	0.9	5.21
Fierro pesado	0.43	0.42	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.41	0.1	4.16
Fierro liviano	0.17	0.16	0.16	0.15	0.17	0.17	0.16	0.14	0.16	0.16	0.23	1.83
Fill limpio	0.1	0.9	0.8	0.9	0.9	0.8	0.9	0.8	0.19	0.19	0.19	6.67
Papel mixto	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.11	0.9	0.1	0.8	8.11
Papel periódico	0.18	0.19	0.17	0.19	0.17	0.18	0.19	0.19	0.19	0.17	0.18	2
Aluminio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Botellas de vidrio	0.1	1.13	1	0.9	0.7	0.7	0.6	0.5	0.8	0.6	0.6	7.63
PVC	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.7	0.04	0.5	0.04	0.04	4.72
Chatarra	0.45	4.41	0.45	0.5	0.46	0.48	0.47	0.49	0.49	0.44	0.31	8.95
<b>Total</b>	<b>5.57</b>	<b>11.97</b>	<b>6.94</b>	<b>7.78</b>	<b>7.82</b>	<b>7.64</b>	<b>7.07</b>	<b>5.17</b>	<b>6.37</b>	<b>4.76</b>	<b>5.45</b>	<b>76.54</b>

Nota: Informe de valorización del municipio de Ica

**Tabla 4***Cuantificación de RS para compostaje / huella ecológica*

<b>Residuo origen</b>	<b>Cantidad de residuos para compostaje (ton/año)</b>
Centro de Abastos	1.04
Áreas verdes	9.75
<b>Total</b>	<b>10.79</b>

Nota: Informe de valorización del municipio

Este resultado permite conocer la huella ecológica de los RRSS en la provincia de Ica, mediante el modelo de reducción WARM. Por tanto, fueron distribuidos según tipo de RS y convertidos de TM a TC.

**Tabla 5***Clasificación de los residuos sólidos según escenario del WARM*

<b>Tipo de residuo solido</b>	<b>Tipo de residuo según WARM</b>	<b>Cantidad por tipo (ton)</b>	
		<b>Tonelada métrica</b>	<b>Tonelada corta</b>
Residuos orgánicos	Residuos orgánicos mixtos	1384.00	1525.60
Papel blanco	papel de oficina	27.80	30.64
Periódico	Periódico	63.73	70.25
Papel	Papel mixto	27.50	30.32
Cartón	Cartón corrugado	109.10	120.27
Vidrio	Vidrio	79.02	87.11
PEBD	LDPE	33.21	36.65
PEAD	HDPE	28.11	31.00
Poliestireno	PS	2.23	2.46

Polipropileno	PP	2.23	2.46
Tereftalato de poliestireno	PET	61.81	68.13
Policloruro de vinilo	PVC	2.23	2.46
Otros plásticos	Plásticos mixtos	2.23	2.46
Tetra brik	PS	9.13	10.06
Metales	Metales mixtos	48.27	53.21
Otros residuos inorgánicos	Residuos sólidos	817.73	901.35
<b>Total</b>		<b>2698.34</b>	<b>2974.44</b>

Nota: elaboración propia

La información evidenciada fue convertida de toneladas métricas a toneladas cortas de acuerdo a las cualidades de los RS, tal como lo señala la tabla 5.

**Tabla 6**

*Cuantificación y tipo de RS en escenario alterno en la provincia de Ica*

Tipo de residuos	Tipo de residuos según WARM	Cantidad por tipo (ton)	
		Tonelada métrica	Tonelada corta
Residuos orgánicos	Residuos orgánicos mixtos	10.05	11.08
Papel blanco	Papel de oficina	2.175	2.4
Papel periódico	Periódico	2	2.205
Papel mixto	Papel mixto	2.085	2.3
Cartón	Cartón corrugado	15.05	16.59
Fil limpio	LDPE	1.025	1.13
Plástico duro	HDPE	0.99	1.09
Botellas descartables	PET	1.4	1.545

PVC	PVC	0.56	0.615
Botellas de vidrio	Vidrio	8	8.82
Fierro liviano y pesado	Metales mixtos	6.04	6.66
Otros residuos inorgánicos	Residuos sólidos municipales mixtos	5.22	5.755
	<b>Total</b>	<b>54.595</b>	<b>60.19</b>

Pata obtener la cantidad de CO<sub>2</sub> de las emisiones de GEI, que son producidos tomando el punto de partida a los RRSS Provincia de Ica se ha estimado a partir de una ecuación matemática que luego de reemplazar la información en el modelamiento de disminución de RRSS, permite estimar en unidades de Tn de CO<sub>2</sub> que son equivalentes (MT Co<sub>2</sub>E).

La fórmula empleada fue:

$$TDHC=GA-GLB$$

Dónde:

TDHC: Total de Disminución de Huella de Carbono.

GLB: Gestión Línea Base.

GA: Gestión Alternativa.

**Tabla 7**

Emisiones de gases de efecto invernadero

Material	Escenario base					Total TMCO <sub>2</sub> E
	Ton Recicladas	Ton Dispuestas	Ton Incineradas	Ton Compostadas	Ton Digestión anaeróbica	
Cartón corrugado	0	120.28	0	N/A	N/A	199.95
Periódico	0	70.27	0	N/A	N/A	-16.30
Papel de oficina	0	30.65	0	N/A	N/A	104.11

Papel mixto	0	30.39	0	N/A	N/A	43.80
HDPE	0	31.06	0	N/A	N/A	0.60
LDPE	N/A	37.09	0	N/A	N/A	0.71
PET	0	68.14	0	N/A	N/A	1.30
PP	N/A	2.46	0	N/A	N/A	0.05
PS	N/A	12.53	0	N/A	N/A	0.24
PVC	N/A	2.46	0	N/A	N/A	0.05
Plástico mixto	0	2.46	0	N/A	N/A	0.05
Metales mixtos	0	53.22	0	N/A	N/A	1.02
Vidrio	0	87.12	0	N/A	N/A	1.67
Residuos orgánicos mixtos	N/A	1525.63	0	0	0	1285.35
Residuos sólidos		0.00				0.00
Residuos sólidos mixtos	N/A	900.93	0	N/A	N/A	1143.75
<b>Total</b>						<b>2766.31</b>

Nota: Modelo de reducción de residuos sólidos

Para estimar la huella ecológica se ha empleado el modelamiento de disminución de RRSS (WARM), la información se registra como la cantidad de RRSS domiciliarios, luego se hallaron las emisiones de gases invernaderos con un valor de 2766.31 MTCO<sub>2</sub>E.

**Tabla 8**  
Emisiones de gases de efecto invernadero

Material	Escenario alternativo						Total TMCO <sub>2</sub> E
	Ton Fuente reducida	Ton Recicladas	Ton Dispuestas	Ton Quemadas	Ton Compostadas	Ton Digestión anaeróbica	
Cartón corrugado	0	16.59	103.69	0	N/A	N/A	120.295
Periódico	0	2.205	68.06	0	N/A	N/A	-21.76
Papel de oficina	0	2.4	28.25	0	N/A	N/A	89.07
Papel mixto	0	2.3	28.085	0	N/A	N/A	32.32
HDPE	0	1.09	29.97	0	N/A	N/A	-0.36
LDPE	1.13	N/A	35.955	0	N/A	N/A	-1.34

PET	0	1.545	66.59	0	N/A	N/A	-0.505
PP	0	N/A	2.46	0	N/A	N/A	0.045
PS	0	N/A	12.52	0	N/A	N/A	0.24
PVC	0.62	N/A	1.845	0	N/A	N/A	-1.15
Plástico mixto	0		2.46	0	N/A	N/A	0.045
Metales mixtos	0	6.66	46.55	0	N/A	N/A	-28.38
Vidrio	0	8.82	78.29	0	N/A	N/A	-0.97
Residuos orgánicos mixtos	N/A	0	0				
Residuos sólidos municipales mixtos	N/A	N/A	1514.55	0	11.08	0	1274.18
	N/A	N/A	900.93	0	N/A	N/A	1143.745
			<b>Total</b>				<b>2605.48</b>

En esta tabla se evidencia las emisiones de los gases invernaderos del escenario alternativo de gestión de RS se encontró 2605.48 MTCO<sub>2</sub>E.

Evaluación de la disminución de la huella ecológica a partir de la valorización de RS en la provincia de Ica.

$$TDHC = GA - GLB$$

$$TDHC = 2766.31 - 2605.48$$

$$TDHC = -160.83$$

La disminución encontrada fue de -160.83 MTCO<sub>2</sub>E, Este valor corresponde a la eliminación por año de 34 34 vehículos, a la conversión de 18097 galones de gasolina y a la conversión de 6701 cilindros de propano.

#### **IV.- DISCUSIÓN**

Con los hallazgos que proporciona la realidad, se evidencia que los GEI tienen una considerable cantidad en emisiones, esto es representado por 1285.35 TMCO<sub>2</sub>E, que es producto mayormente de los residuos orgánicos cuando están en descomposición y no tienen un tratamiento efectivo y adecuado, en comparación con una alternativa diferente sobre la emisión de los GEI de 54.46 TMCO<sub>2</sub>, hallado de los materiales de papel, diarios, HDP, LDPE, PET y PCV, metales mixtos y vidrio.

Este resultado explica la influencia que tienen los residuos sólidos en la reducción del TMCO<sub>2</sub>E. Así mismo, con la ejecución de procesos de valorizar los RRSS que se producen, estos tienen a disminuir totalmente en unidades de TMCO<sub>2</sub>E correspondiente al 19.92%, 7.22%, 13.10 % y 0.43% para residuos inorgánicos como papelerías, cartones, papeles reciclados de oficina, etc.

Por otro lado, se evidencia en otras alternativas la disminución en unidades de TMCO<sub>2</sub>E que son originados por RRSS es del 2.905% si comparamos con las alternativas anteriores base.

La caracterización de los tipos de RS generado en mayor proporción en la provincia de Ica fue la materia orgánica con un 20.52%. A diferencia del estudio de Gautam, M. y Agrawal, M. (2021) acerca de la emisión de GEI que se producen en la gestión de los residuos sólidos municipalidades y las consecuencias que tienen en la población; así como en el aspecto social y económico, llegando a tener como resultados, que los residuos sólidos de origen municipal no se gestionan de manera adecuada, eso representa un 50% de RS que son dispuestos de manera incorrecta, así mismo de esa cantidad un 10% se lleva a cabo tratamiento de compostaje y reciclaje. La mayor parte de los RRSS tienen origen de la materia orgánica.

El sistema de modelamiento de disminución de RRSS (WARM) es una herramienta con la cual podemos analizar y realizar estimaciones de emisión de GEI, esto como parte de una disminución de fuentes de emisión y alternativas de utilización de residuos para la valorización como reciclaje, compostaje y una eficiente disposición final producidos en la en la provincia de Ica, en la realidad nos muestran dos opciones, realidad base y alternativa, considerando la cantidad de RRSS, la clasificación y las alternativas de

valorización. La reducción de GEI que se producen en la generación de los residuos para los dos enfoques base y alternativo es de  $-160.83$  MTCO<sub>2</sub>E. A partir de esos resultados Carrillo (2020), quien estimó una disminución de  $-321,66$  TMCO<sub>2</sub>E e, esta cantidad estimada de disminución correspondería a un 60% a las emisiones de fases de uso de vehículos motorizados públicos.

De acuerdo a los resultados obtenidos aplicando el modelamiento de disminución de RRSS (WARM), luego se hallaron la emisión de gases invernaderos con un valor de  $2766.31$  MTCO<sub>2</sub>E, contrastando con el artículo científico de Ribero (2021) quien calculó una cantidad de  $3107,789$  toneladas de CO<sub>2</sub>. Esta diferencia se basa en la cantidad de residuos evaluados.

En los resultados encontrados en el estudio se tuvieron en cuenta dos realidades base y alternativa, para la opción base se tomo en cuenta la cuantificación de los RRSS, y para la opción alternativa se tomo la información de cantidades de RRSS reciclados y que fueron tratados bajo el sistema de compostaje, resultando para la opción base una huella ecológica de  $2974.0$  TMCO<sub>2</sub>Eq y para el opción alternativa de  $2766.31$  TMCO<sub>2</sub>Eq, el cual se puede evidenciar que sus niveles es mas bajo porque tienen prácticas de reciclaje. Por lo que, la disminución encontrada fue de  $-160.83$ , comparando con el estudio de Montejano, N. (2018) su estudio arrojó un resultado de huella ecológica de  $294$  kgCO<sub>2</sub>eq/t, teniendo en cuenta las opciones mas desafortunadas, entre ellas esta la etapa de disponer los RRSS en los rellenos sanitarios con  $487$  kgCO<sub>2</sub>eq/t, por otro lado a través de una digestión anaeróbica el resultado era más favorable de la huella ecológica de  $128$  kgCO<sub>2</sub>eq/t, y se demuestra que ese proceso es el adecuado de manera biológica para clasificar y recuperar en su totalidad los residuos que tienen valor y tendencia a ser recuperados.

## V.- CONCLUSIONES

1. Se logró estimar la huella ecológica que genera los RRSS en la provincia de Ica, considerando el escenario base de la gestión de los residuos que fue de 2974.0 TMCO<sub>2</sub>E y el escenario alternativo al implementar la valorización de los residuos sólidos dentro del programa de gestión cuyo resultado fue 2766.31 TMCO<sub>2</sub>E.
2. Se caracterización los residuos sólidos siendo el más frecuente los residuos orgánicos con 54.29%, seguido de los residuos no aprovechables con 16.32%, residuos inorgánicos con 7.18%, el papel con 7.08%, el vidrio con 4.74%, el plástico con 4.68% y el cartón con 4.45%. Asimismo, se identificó un incremento en la generación de residuos durante los meses de enero, febrero y marzo, debido a la mayor cantidad de personas que circulan por la provincia producto del periodo vacacional e incremento turístico.
3. Se estimó la disminución de la huella de carbono la cual fue de -160.83 TMCO<sub>2</sub>E, mediante la aplicación del modelo WARM en la provincia de Ica para la gestión de sus residuos.

## **VI.- RECOMENDACIONES**

Se recomienda a otras municipalidades aplicar el modelo para calcular toneladas métricas de dióxido de carbono (TMCO<sub>2</sub>E).

Se recomienda realizar futuras investigaciones en el mismo escenario, pero analizando todos los residuos que considera el modelo WARM.

Se recomienda aplicar el modelo WARM para conseguir la reducción de mayores proporciones de emisiones de gases invernaderos.

## VII.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] J. Huerta Esquivel and E. Popayán Valverde, “Determinación de la huella ecológica en la comunidad universitaria ‘Santiago Antúnez de Mayolo ’, campus universitario de Shancayán - período anual 2014,” Universidad Nacional “Santiago Antúnez de Mayolo,” 2018.
- [2] A. M. Pacheco, I. D. Porras, and D. A. Rodríguez, “Dispositivo para la clasificación de residuos sólidos y medición de huella ecológica,” *Rev. Habitus Semilleros Investig.*, vol. 1, no. 2, p. e12181, 2021.
- [3] Gautam, M., Agrawal, M. (2021). Emisiones de gases de efecto invernadero de la gestión de residuos sólidos municipales: una revisión del escenario global. En: Muthu, SS (eds) Estudios de casos de huella de carbono. Huellas Ambientales y Ecodiseño de Productos y Procesos. Springer, Singapur. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-9577-6\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-15-9577-6_5)
- [4] Naderipour, A., Abdul-Malek, Z., Arshad, R. et al. Evaluación de la huella de carbono del transporte, la electricidad, el agua y la generación de residuos: hacia la utilización de fuentes de energía renovables. *Política ambiental de tecnología limpia* 23 , 183–201 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10098-020-02017-4>
- [5] Sun, L., Li, Z., Fujii, M. et al. Evaluación de la huella de carbono para el sector de la gestión de residuos: un análisis comparativo de China y Japón. *Frente. Energía* 12 , 400–410 (2018). <https://doi.org/10.1007/s11708-018-0565-z>
- [6] Pérez, J., de Andrés, J. M., Lumbreras, J., & Rodríguez, E. (2018). Evaluating carbon footprint of municipal solid waste treatment: Methodological proposal and application to a case study. *Journal of Cleaner Production*, 205, 419-431.
- [7] Ramachandra, T. V., Bharath, H. A., Kulkarni, G., & Han, S. S. (2018). Municipal solid waste: Generation, composition and GHG emissions in Bangalore, India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 1122-1136.
- [8] Leon Alvarez, E. D., & Lopez Severino, K. B. (2022). Cálculo de la huella de carbono y formulación de estrategias para la reducción de GEI en la empresa Imaq Perú.

- [9] Muller Espinoza, G. K. (2022). ESTIMACIÓN DE LA HUELLA HÍDRICA, CARBONO Y GESTION DE LOS RESIDUOS DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE PACHITEA–HUÁNUCO 2021. Universidad de Huanuco.
- [10] Rivera Jara, G. K. (2021). Evaluación de la huella de carbono de la planta de tratamiento de residuos sólidos y el relleno sanitario de póngor, distrito de Independencia, Huaraz, Ancash periodo 2015–2018.
- [11] Carrillo Ramírez, L. G., & Saenz Huaman, A. (2020). Estimación de la huella de carbono de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos en el Distrito de Punta Hermosa, aplicando el modelo WARM, 2019.
- [12] Meza Vargas, L. V. (2020). Huella ecológica en la población del Distrito de Yauyos, Jauja. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- [13] Tian, M., Gao, J., Zheng, Z. y Yang, Z. (2012). El estudio sobre la huella ecológica de la eliminación de residuos sólidos rurales: ejemplo en el distrito de Yuhong de Shenyang. *Procedia ciencias ambientales* , 16 , 95-101.
- [14] Red, GF (2019). Huella ecológica. Research and Standards Director of Global Footprint Network.
- [15] Rees, W. (2018). Huella ecológica. En *Compañero a los estudios ambientales* (págs. 43-48). Routledge.
- [16] Kitzes, J., Wackernagel, M., Loh, J., Peller, A., Goldfinger, S., Cheng, D. y Tea, K. (2008). Reducir y compartir: la Huella Ecológica presente y futura de la humanidad. *Transacciones filosóficas de la Royal Society B: Ciencias biológicas* , 363 (1491), 467-475.
- [17] Rondón, M. (2006), Huella de carbomo, compromiso Perú climatico. Ministerio del Ambiente. Lima.
- [18] Thakare, CD y Thakare, MJC (2022). CÁLCULO Y REDUCCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO DE TRANSPIRACIÓN, RESIDUOS DOMÉSTICOS E INDUSTRIALES. *Desarrollo Sostenible para la Sociedad, Industrial* , 129.
- [19] Awasthi, MK, Zhao, J., Soundari, PG, Kumar, S., Chen, H., Awasthi, SK, ... & Zhang, Z. (2019). Gestión sostenible de los residuos sólidos. En *Enfoques de recuperación sostenible de recursos y desperdicio cero* (págs. 79-99). Elsevier.
- [20] Huamaní Montesinos, C., Tudela Mamani, JW, & Huamaní Peralta, A. Gestión de residuos sólidos de la ciudad de Juliaca (Puno, Perú).

- [21] Ceribeli, K. B., & de Souza-Santos, M. L. (2019). Effect of dry-solid content level in feeding slurry of municipal solid waste consumed by FSIG/GT power generation process; a theoretical study. *Fuel*, 254, 115727. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.115727>
- [22] Gwenzi, W. (2021). ¿No dejar piedra sin remover a la luz de la hipótesis fecal-oral de COVID-19? Una perspectiva de agua, saneamiento e higiene (WASH) dirigida a países de bajos ingresos. *Ciencia del Medio Ambiente Total*, 753, 141751. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141751>
- [23] MONTEJANO Nares, Elena. 2018. Comparación de distintos escenarios de tratamiento de residuos urbanos en la ciudad de Madrid mediante la metodología de la huella de carbono. Madrid, España : s.n., 2018

## **VIII.- ANEXOS**

**ANEXO N° 01: Matriz de Consistencia**

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>MARCO TEORICO</b>	<b>MÉTODOS</b>
<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b> ¿Cómo evaluar la huella ecológica por la segregación de residuos sólidos domiciliarios en la Provincia de Ica, Año 2022?</p> <p><b>PROBLEMAS ESPECIFICOS</b> ¿Qué características y volumen presentan los residuos sólidos domiciliarios en la Provincia</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b> Evaluar la huella ecológica por la segregación de residuos sólidos domiciliarios en la Provincia de Ica, Año 2022.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECIFICOS:</b> Determinar las características y volumen que presentan los residuos sólidos domiciliarios en la Provincia de Ica, Año 2022. Disminuir la huella ecológica</p>	<p><b>HIPOTESIS GENERAL:</b> La implementación de una adecuada segregación de residuos sólidos domiciliarios disminuye la huella ecológica en la Provincia de Ica, Año 2022.</p> <p><b>HIPOTESIS ESPECIFICOS:</b> La determinación de las características y volumen que presentan los residuos sólidos domiciliarios disminuye la</p>	<p>Residuos Sólidos domiciliarios</p> <p>Huella ecológica</p>	<p>Residuos Solidos Domiciliarios</p> <p>Gases de efecto invernadero</p> <p>Emisión de CO2</p> <p>Huella de Carbono Residuos WARM</p>	<p><b>TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b> Aplicado No experimental</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</b> Descriptivo</p> <p><b>MUESTRA:</b> RS de la Provincia de Ica</p>

<p>de Ica, Año 2022?</p> <p>¿Cómo disminuir la huella ecológica mediante la segregación en la fuente y recolección de residuos sólidos domiciliarios en la Provincia de Ica, Año 2022?</p>	<p>mediante la segregación en la fuente y recolección de residuos sólidos domiciliarios en la Provincia de Ica, Año 2022.</p>	<p>huella ecológica en la Provincia de Ica, Año 2022.</p> <p>Se disminuye la huella ecológica mediante la segregación en la fuente y recolección de residuos sólidos domiciliarios en la Provincia de Ica, Año 2022.</p>			
--	---	--	--	--	--

**ANEXO 02: INSTRUMENTO**

<b>Clasificación de residuos sólidos</b>	<b>%</b>
<b>Residuos orgánicos</b>	
Residuos de alimentos	
Residuos de madera	
Otros residuos orgánicos	
<b>Papel</b>	
Blanco	
Periódico	
Mixto	
<b>Cartón</b>	
Blanco (liso y cartulina)	
Marrón (corrugado)	
Mixto	
<b>Vidrio</b>	
Transparente	
Otros colores (marrón, ámbar, verde, azul, otros)	
Otros (vidrios de ventana)	
<b>Plástico</b>	
Tereftalato de polietileno	
Policileno de alta densidad	
Policileno de baja densidad	
Polipropileno	
Poliestireno	
Policloruro de vinilo	
Otros plásticos	
Tetra brick	
<b>Metales</b>	
Lata	
Acero	
Hierro	
Aluminio	
Otros metales	
<b>Residuos no aprovechables</b>	
Bolsas plásticas	
Papel higiénico, pañales, toallas sanitarias	
Filas	
Tecnopor	
Otros no aprovechables	
<b>Residuos inorgánicos</b>	
Otros residuos inorgánicos	
<b>Total</b>	

<b>Clasificación de residuos sólidos</b>	<b>%</b>	<b>Ton/año</b>
<b>Residuos orgánicos</b>		
Residuos de alimentos		
Residuos de maleza		
Otros residuos orgánicos		
<b>Papel</b>		
Blanco		
Periódico		
Mixto		
<b>Cartón</b>		
Blanco (liso y cartulina)		
Marrón (corrugado)		
Mixto		
<b>Vidrio</b>		
Transparente		
Otros colores (marrón, ámbar, verde, azul, otros)		
Otros (vidrio de ventana)		
<b>Plástico</b>		
Tereftalato de polietileno		
Poliétileno de alta densidad		
Poliétileno de baja densidad		
Polipropileno		
Poliestireno		
Policloruro de vinilo		
Otros plásticos		
Tetra brick		
<b>Metalos</b>		
Lata		
Acero		
Fierro		
Aluminio		
Otros metales		
<b>Residuos no aprovechables</b>		
Bolsas plásticas		
Papel higiénico, pañales, toallas sanitarias		
Pilas		
Tecnopor		
Otros no aprovechables		
<b>Residuos inorgánicos</b>		
Otros		

Tipo de residuo sólido	Tipo de residuo según WARM	Cantidad por tipo (ton)	
		Tonelada métrica	Tonelada corta
Residuos orgánicos	Residuos orgánicos mixtos		
Papel blanco	papel de oficina		
Periódico	Periódico		
Papel	Papel mixto		
Cartón	Cartón corrugado		
Vidrio	Vidrio		
PEBD	LDPE		
PEAD	HDPE		
Poliestireno	PS		
Polipropileno	PP		
Tereftalato de poliestireno	PET		
Policloruro de vinilo	PVC		
Otros plásticos	Plásticos mixtos		
Tetra brick	PS		
Metales	Metales mixtos		
Otros residuos inorgánicos	Residuos sólidos		
<b>Total</b>			

---

INFORME DE ORIGINALIDAD

---

<b>19%</b> INDICE DE SIMILITUD	<b>18%</b> FUENTES DE INTERNET	<b>8%</b> PUBLICACIONES	<b>7%</b> TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

---

FUENTES PRIMARIAS

---

<b>1</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>5%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.unasam.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.unfv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.unica.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>www.nveo.org</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>distancia.udh.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>link.springer.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>9</b>	<b>repositorio.uncp.edu.pe</b> Fuente de Internet	