

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTA DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**T E S I S**

**Estimación de la huella de carbono generado por los residuos sólidos municipales en el distrito de Yanahuanca, Provincia de Daniel Alcides Carrión, Región de Pasco – 2023**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Ambiental**

**Autor:**

**Bach. Bethzabe Zelmira RUBIN TORRES**

**Asesor:**

**Mg. Josué Hermilio DIAZ LAZO**

**Cerro de Pasco – Perú – 2025**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTA DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL**



**T E S I S**

**Estimación de la huella de carbono generado por los residuos sólidos municipales en el distrito de Yanahuanca, Provincia de Daniel Alcides Carrión, Región de Pasco – 2023**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA**  
**PRESIDENTE**

---

**Dr. David Johnny CUYUBAMBA ZEVALLOS**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Lucio ROJAS VITOR**  
**MIEMBRO**



Universidad Nacional Daniel Alcides  
Carrión Facultad de Ingeniería  
Unidad de Investigación

### INFORME DE ORIGINALIDAD N° 001-2025-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**Estimación de la huella de carbono generado por los residuos sólidos municipales en el distrito de Yanahuanca, Provincia de Daniel Alcides Carrión, Región de Pasco - 2023**

Apellidos y nombres del tesista:

**Bach. RUBIN TORRES, Bethzabe Zelmira**

Apellidos y nombres del Asesor:

**Mg. DIAZ LAZO, Josué Hermilio**

Escuela de Formación Profesional

**Ingeniería Ambiental**

Índice de Similitud

**6 %**

**APROBADO**

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 16 de enero del 2025



Firmado digitalmente por MEJIA  
CACERES Reynaldo FAU  
20154605046 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 16.01.2025 11:40:56 -05:00

## **DEDICATORIA**

A mis padres, quienes han sido mi mayor pilar a lo largo de este camino. Su amor, sacrificio y apoyo incondicional me han dado la fortaleza para seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. Gracias por creer en mí, por sus consejos llenos de sabiduría y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. Este logro es también de ustedes, pues sin su ejemplo, nada de esto sería posible.

A mis hermanos, por ser mi inspiración constante. Gracias por su compañía, su ánimo y por estar siempre presentes, celebrando cada uno de mis logros y brindándome su apoyo cuando más lo necesitaba. Ustedes son una parte esencial de mi vida y de este logro que hoy celebro.

Esta dedicatoria va con todo mi amor y gratitud, porque este camino no lo recorrí solo, lo hice de su mano.

## **AGRADECIMIENTO**

Con gran satisfacción y orgullo, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de Pasco. Su compromiso, dedicación y vocación por la enseñanza han sido fundamentales para mi formación académica y el desarrollo de esta tesis.

A lo largo de estos años, cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en mi vida, no solo como profesionales en su campo, sino también como guías que han sabido inspirarme a perseverar, a investigar con pasión y a comprometerme con el cuidado de nuestro medio ambiente.

Gracias por su apoyo constante, por sus valiosos conocimientos y por su paciencia al corregir y orientar mi trabajo Mg. Josué Hermilio Díaz Lazo, sin su esfuerzo y dedicación, este logro no habría sido posible. Cada consejo brindado, cada lección impartida y cada palabra de aliento fueron pilares que me ayudaron a llegar hasta aquí.

Esta tesis es tanto mía como de ustedes, porque sin su enseñanza y acompañamiento, este sueño no se habría hecho realidad. Agradezco profundamente por el ejemplo que son para mí y para todos los estudiantes que tienen el privilegio de aprender de ustedes.

## RESUMEN

La gestión de residuos sólidos municipales en el Distrito de Yanahuanca, Provincia de Daniel Alcides Carrión, región de Pasco, representa un desafío significativo en la lucha contra el cambio climático, dado su impacto en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Esta investigación tiene como objetivo estimar la huella de carbono generada por los residuos sólidos municipales y diagnosticar los factores ambientales que contribuyen al cambio climático. Utilizando el Modelo IPCC para Residuos y el Método de Factores de Emisión, se cuantificaron las emisiones de CO<sub>2</sub>e para diversos tipos de residuos. Los resultados mostraron que la materia orgánica genera 0.2085 ton CO<sub>2</sub>e, destacando la necesidad de adoptar prácticas de compostaje que pueden reducir estas emisiones a 0.0695 ton CO<sub>2</sub>e. La investigación también comparó estos resultados con estudios internacionales, mostrando que las prácticas de gestión de residuos en Yanahuanca están alineadas con estándares globales, aunque existe margen para mejoras. Las conclusiones enfatizan la importancia de mejorar la infraestructura de gestión de residuos y promover el compostaje y reciclaje para reducir la huella de carbono. Además el estudio proporciona un análisis basado en datos del INEI para desarrollar políticas públicas efectivas y estrategias sostenibles, contribuyendo significativamente a la mitigación del cambio climático en la región.

**Palabras Claves:** Huella de carbono, IPCC, GEI, residuos municipales.

## ABSTRACT

Municipal solid waste management in the Yanahuanca District, Daniel Alcides Carrión Province, Pasco Region, represents a significant challenge in the fight against climate change, given its impact on greenhouse gas (GHG) emissions. This research aims to estimate the carbon footprint generated by municipal solid waste and diagnose the environmental factors that contribute to climate change. Using the IPCC Waste Model and the Emission Factor Method, CO<sub>2</sub>e emissions were quantified for various waste types. The results showed that organic matter generates 0.2085 tons of CO<sub>2</sub>e, highlighting the need to adopt composting practices that can reduce these emissions to 0.0695 tons of CO<sub>2</sub>e. The research also compared these results with international studies, showing that waste management practices in Yanahuanca are aligned with global standards, although there is room for improvement. The findings emphasize the importance of improving waste management infrastructure and promoting composting and recycling to reduce the carbon footprint. In addition, the study provides an analysis based on INEI data to develop effective public policies and sustainable strategies, significantly contributing to climate change mitigation in the region.

**Keywords:** Ecotourism, Huarautambo, socioeconomic development, Yanahuanca.

## INTRODUCCIÓN

La creciente preocupación por el cambio climático ha llevado a una mayor atención hacia la medición y reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) generadas por diversas actividades humanas. En este contexto, la huella de carbono se ha convertido en una herramienta fundamental para cuantificar el impacto ambiental de estas emisiones. La huella de carbono se refiere a la cantidad total de GEI emitidos directa o indirectamente por una actividad, y es esencial para la planificación de estrategias de mitigación (Espindola & Valderrama, 2018; Ministerio para la Transición Ecológica, 2018; Saavedra, 2020; Eckelman, 2018). En particular, la gestión de residuos sólidos municipales representa una fuente significativa de emisiones de GEI debido a la descomposición de materia orgánica y otros materiales en vertederos y otros métodos de disposición.

La presente investigación se centra en la estimación de la huella de carbono generada por los residuos sólidos municipales en el distrito de Yanahuanca, provincia de Daniel Alcides Carrión, región de Pasco, durante el año 2023. Este estudio se enmarca en la necesidad de desarrollar una comprensión detallada de las emisiones de GEI asociadas a la gestión de residuos sólidos y de identificar oportunidades para mejorar las prácticas de manejo de residuos en la región. Según datos preliminares, la composición de los residuos en Yanahuanca incluye una alta proporción de materia orgánica (52.31%), papel (2.12%), cartón (3.51%), y otros materiales como vidrio y metales, que contribuyen significativamente a las emisiones de GEI si no se gestionan adecuadamente

El modelo utilizado para esta investigación combina el Modelo IPCC para Residuos y el Método de Factores de Emisión para proporcionar una estimación precisa de las emisiones de CO<sub>2</sub>e. Los resultados muestran que, por ejemplo, la materia orgánica genera 0.2085 ton CO<sub>2</sub>e cuando se utiliza el modelo IPCC, comparado con 0.0695 ton CO<sub>2</sub>e en prácticas de compostaje recomendadas internacionalmente. Esta diferencia subraya la importancia de adoptar métodos más sostenibles de gestión de

residuos para reducir la huella de carbono. Además, la investigación incorpora datos comparativos de estudios similares en otros contextos, como el análisis de la huella de carbono en los Juegos Panamericanos y Parapanamericanos, que proporcionan un marco de referencia útil para evaluar y mejorar las prácticas actuales en Yanahuanca (Farroñan Lara, 2023).

Este estudio también tiene como objetivo realizar un diagnóstico de los aspectos y factores ambientales que influyen en el cambio climático en la región. La evaluación detallada de los componentes de los residuos sólidos y las prácticas de gestión actuales revelan que la mejora de la infraestructura y la adopción de estrategias como el compostaje y el reciclaje pueden reducir significativamente las emisiones de GEI. Estas medidas no solo contribuyen a la mitigación del cambio climático, sino que también promueven un desarrollo sostenible en la comunidad local.

## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

### CAPITULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema .....	1
1.2. Delimitación de la investigación .....	5
1.3. Formulación del problema.....	6
1.3.1. Problema general .....	6
1.3.2. Problemas específicos .....	6
1.4. Formulación de Objetivos .....	6
1.4.1. Objetivo general .....	6
1.4.2. Objetivos específicos.....	6
1.5. Justificación de la investigación .....	8
1.6. Limitaciones de la investigación.....	9

### CAPITULO II

#### MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio .....	11
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	11
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	15
2.2. Bases teóricas - científicas .....	21
2.2.1. Huella de Carbono.....	21

2.2.2.	El efecto invernadero.....	22
2.2.3.	Factores Climáticos.....	23
2.2.4.	Forzamiento del efecto invernadero .....	28
2.2.5.	Gases de Efecto Invernadero (GEI) directos .....	30
2.3.	Definición de términos básicos .....	35
2.4.	Formulación de hipótesis .....	41
2.4.1.	Hipótesis general.....	41
2.4.2.	Hipótesis específicas .....	41
2.5.	Identificación de las variables .....	41
2.5.1.	Variable independiente.....	41
2.5.2.	Variable dependiente.....	42
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores.....	42

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION**

3.1.	Tipo de Investigación .....	43
3.2.	Nivel de Investigación .....	43
3.3.	Métodos de investigación .....	44
3.4.	Diseño de investigación .....	44
3.5.	Población y muestra .....	45
3.5.1.	Población .....	45
3.5.2.	Muestra .....	45
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	45
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación. ....	46
3.8.	Técnicas de procesamientos y análisis de datos .....	46
3.9.	Tratamiento Estadístico .....	47
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica.....	47

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	
4.1.1. Ubicación de la zona de estudio.....	48
4.1.2. Accesibilidad .....	48
4.1.3. Descripción de la gestión de residuos en el distrito de Yanahuanca.....	50
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	52
4.3. Prueba de Hipótesis.....	60
4.4. Discusión de resultados.....	62

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Matriz de operacionalización de las variables</i> .....	42
Tabla 2 <i>Estimación de la Generación de residuos sólidos domiciliarios</i> .....	51
Tabla 3 <i>Composición Física de los residuos sólidos expresada en porcentaje actualizado</i> .....	51
Tabla 4 <i>Resultados de la investigación</i> .....	58
Tabla 5 <i>Detalle comparativa con los estándares internacionales</i> .....	59
Tabla 6 <i>Datos para el Análisis estadístico</i> .....	61
Tabla 7 <i>Prueba de hipótesis</i> .....	61

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>El clima en Yanahuanca</i> .....	24
Figura 2 <i>Temperatura máxima y mínima promedio en Yanahuanca</i> .....	26
Figura 3 <i>Energía solar de onda corta incidente diario promedio en Yanahuanca</i> .....	28
Figura 4 <i>Contribuciones al forzamiento radiactivo positivo de algunos GEI</i> .....	29
Figura 5 <i>Variación espacio-temporal del CO<sub>2</sub> a escala global</i> .....	31
Figura 6 <i>Ubicación del distrito de Yanahuanca</i> .....	49
Figura 7 <i>Ubicación de celdas transitorias en el distrito de Yanahuanca</i> .....	50

## **CAPITULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACION**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

En los años noventa, William Rees y Mathis Wackernagel de la Universidad de British Columbia, idearon la noción de huella ecológica. Esta herramienta contable permite estimar cuántos recursos naturales, como tierra y agua, se necesitan, así como cuántos residuos se generan para satisfacer las necesidades de una población, entidad, distrito, provincia, región o país específico. Esta estimación se expresa en términos de áreas de producción global. Rees y Wackernagel también desarrollaron un modelo de cálculo que se aplicó en países altamente desarrollados, revelando importantes déficits ecológicos, ya que dependían en gran medida de recursos externos para satisfacer las necesidades de su población.

La huella ecológica se desglosa en sub huellas, siendo la más significativa la huella de carbono, que representa cerca del 50% de la huella total. Esto resalta la importancia de no solo medirla, sino comprender todas sus dimensiones. Sin embargo, a pesar de su reconocimiento, la definición exacta de la huella de carbono sigue siendo objeto de debate, con diferentes enfoques que van desde considerar solo las emisiones directas de CO<sub>2</sub> hasta incluir el ciclo de vida completo de los gases de efecto invernadero.

La preocupación global por el cambio climático ha llevado a la adopción de la huella de carbono como un indicador clave para comprender la dinámica de las emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, su cálculo y definición son complejos, especialmente en relación con las emisiones indirectas y la responsabilidad de los consumidores.

A corto plazo, es crucial establecer el alcance y los límites del cálculo de la huella de carbono, así como decidir qué emisiones deben considerarse en cada etapa de su ciclo de vida. Además, las instituciones del gobierno local, regional y nacional como las empresas deben tener en cuenta la presentación de los resultados y adaptarse a las necesidades de comprensión de los consumidores.

Las iniciativas internacionales están comenzando a considerar el cambio climático en el comercio internacional, lo que podría llevar a restricciones basadas en las emisiones de carbono. Esto ha llevado a algunos países a implementar medidas como impuestos de carbono y programas de transacción de derechos de emisión. La divulgación del carbono producido en el ciclo de vida de los productos se está convirtiendo en un factor importante que influye en las decisiones de compra de los consumidores.

La humanidad tiene poco más de una década para contrarrestar su impacto climático. Uno de los principales impulsores de esta crisis son las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que están siendo liberadas a la atmósfera. Estas emisiones están provocando un calentamiento global sin precedentes y están generando perturbaciones en los ecosistemas. Si no actuamos con rapidez, según lo que nos indica la ciencia, podríamos estar presenciando el inicio de la extinción humana. La crisis climática es una realidad que no podemos ignorar.

No permitamos que el calentamiento global cause nuestra destrucción. Es hora de tomar medidas para salvar nuestro planeta.

El concepto de "Huella de Carbono" se refiere a la cantidad total de gases de efecto invernadero, especialmente CO<sub>2</sub>, que son liberados a la atmósfera como resultado de la actividad humana. Estas emisiones pueden ser calculadas y evaluadas en diversos niveles, ya sea a nivel nacional, municipal, empresarial o incluso individual.

El cambio climático es un desafío ambiental al que se enfrentarán muchas empresas de distribución de energía eléctrica, es decir el desarrollo económico y la alta demanda de electricidad obligan a las empresas a ampliar el suministro energético, al mismo tiempo aumentan el consumo de recursos, los impactos ambientales y las emisiones de carbono; factores que pueden contribuir a la degradación ambiental y cambio climático. Razón por la cual el uso herramientas de gestión nos ayudará a abordar los problemas ambientales y abordarlos de manera sostenible.

Para empezar el calentamiento global es un problema ambiental latente del que muchos países estarán en alerta, las actividades humanas, incremento de la temperatura y la degradación ambiental son responsables de estos efectos, estudios recientes muestran que las actividades humanas causan el calentamiento global de alrededor 1,0 °C con respecto a los niveles preindustriales, con un rango probable de 0,8 °C a 1,2 °C. Entre 2030 y 2052 que el calentamiento global puede llegar a 1,5 °C. (IPCC, 2022)

De igual forma el desarrollo económico y social conlleva a la demanda de energía eléctrica, a fin de abastecer las necesidades de la población se realizan actividades que generan impactos ambientales negativos como la emisión de gases de efecto invernadero. según el Grupo Intergubernamental de Experto sobre el Cambio Climático- IPCC informo que alrededor del 34 % (20 GtCO<sub>2</sub>-eq) del total de emisiones antropogénicas provino del sector de suministro energético en el año 2019 y el 24 % (14 tCO<sub>2</sub>-eq) de la industria. (IPCC, 2022)

Es preciso tener presente que la interrelación entre medio ambiente, la energía y el cambio climático están indisolublemente unidas, toda producción y consumo de energía conlleva a generar elementos nuevos que afectan el medio ambiente y contribuyen al cambio climático. La UE indica que toda producción y consumo de energía tiene impactos ambientales y a menudo es tentador pasar por alto el medio ambiente durante tiempos económicos difíciles. Por ello están trabajando para recopilar más conocimientos sobre los impactos ambientales y los riesgos de los recursos energéticos. (European Commission, 2020)

Por otro lado, el Perú contribuye a las emisiones de gases de invernadero, se han reportado emisiones de gases de efecto invernadero, según tipo de actividades que realizamos en diferentes sectores, según el Balance GEI: 171,309.57 GgCO<sub>2</sub>. Emisiones GEI totales (sin considerar sumideros): 187,533.63 GgCO<sub>2</sub>, entre los Principales sectores emisores es el uso de suelo, cambio de uso de suelo, y silvicultura (51 %), energía (26 %), donde transporte suma el 40 %), agricultura (15 %) y desechos (5 %). (LEDS LAC, 2019).

Prueba de ello, el departamento de Ucayali podría incrementar sus temperaturas en el futuro, debido a su ubicación en ceja de selva templado-cálido con las temperaturas que oscilan entre 33 y 22°C, según el resultado de INDECI el realizado el 27 de febrero del 2022, se registraron las temperaturas más altas a nivel nacional, en la estación Santa Ana con 36.4°C. Con respecto al día anterior, se observa un incremento de las temperaturas máximas en la selva norte, y de manera localizada en la selva sur (INDECI, 2022).

Mas aún que la red de transmisión de Perú que están en otras regiones menos pobladas no está interconectada, solo están conectadas por una sola línea al sistema, además generan su propia energía eléctrica a través de grupos térmicos a Diesel o pequeñas centrales hidroeléctricas, resaltando que la actualización de la infraestructura y la digitalización son la piedra angular para

sostener la transición hacia un modelo de energía sostenible con bajas emisiones de carbono. (DELOITTE, 2022)

Entre ellas merece la pena subrayar a la municipalidad distrital de Yanahuanca que atiende los servicios de la gestión integral de los residuos sólidos municipales, en la actualidad viene implementando una nueva administración y con una política ambiental enfocada al desarrollo sostenible, por lo que ve de prioridad de contar con un nuevo indicador ambiental, el de estimar la huella de carbono generado por los residuos sólidos municipales de su localidad (Camasca y otros, 2021).

## **1.2. Delimitación de la investigación**

La presente investigación se delimita según:

### **Delimitación teórica**

El objetivo principal de este estudio es estimar la huella de carbono generado por los residuos sólidos municipales de la población del distrito de Yanahuanca, provincia de Daniel Alcides Carrión. Se busca implementar prácticas que permitan un manejo efectivo, seguro y ambientalmente responsable de los residuos generados, con el fin de evitar impactos negativos en la salud y garantizar la protección adecuada del entorno. Además, se pretende fomentar una cultura ambiental en la comunidad, promoviendo la conciencia ambiental entre los trabajadores y promoviendo la mejora continua en este ámbito

### **Delimitación espacial**

Este estudio se llevó a cabo en el distrito de Yanahuanca, situado en la provincia de Daniel Alcides Carrión, Región Pasco. Yanahuanca se encuentra a una altitud de aproximadamente 3,184 metros sobre el nivel del mar, en la vertiente oriental de la cordillera de los Andes, en el valle formado por el río Chaupihuaranga, afluente del Huallaga.

### **Tiempo:**

La investigación se realizó durante un periodo específico, comprendido desde: 01 de abril del 2024 al 31 de julio de 2024.

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema general**

¿De qué manera se puede estimar la huella de carbono generado por los residuos sólidos municipales de la población del distrito de Yanahuanca de la provincia Daniel Alcides Carrión y región de Pasco-2023?

### **1.3.2. Problemas específicos**

- a. ¿En qué medida un diagnóstico de los aspectos y factores ambientales de los residuos sólidos municipales?
- b. ¿En qué medida la cuantificación de GEI influye estimación de la huella de carbono generados por los residuos sólidos municipales?

## **1.4. Formulación de Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar la estimación de la huella de carbono generados por los residuos sólidos municipales de la población del distrito de Yanahuanca de la provincia Daniel Alcides Carrión y región de Pasco-2023

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- a. Realizar el diagnóstico de los aspectos y factores ambientales influye en el Cambio Climático
- b. Cuantificar de concentración de GEI que influyen estimación de la huella de carbono generados por los residuos sólidos municipales

### **Importancia y alcances de la investigación**

#### **a. Importancia**

La investigación sobre la estimación de la huella de carbono generada por los residuos sólidos municipales en Yanahuanca es importante para

comprender y mitigar el impacto ambiental de la gestión de residuos en la región. Identificar y cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) proporciona una base sólida para implementar prácticas más sostenibles, como el compostaje y el reciclaje, que pueden reducir significativamente la huella de carbono. Además, esta investigación destaca la necesidad de mejorar la infraestructura de gestión de residuos y la concientización comunitaria, aspectos fundamentales para la mitigación del cambio climático y la promoción del desarrollo sostenible. Al alinearse con estándares internacionales, los resultados obtenidos ofrecen un marco comparativo que puede guiar políticas públicas efectivas y estrategias de gestión ambiental tanto a nivel local como regional.

**b. Alcances**

El alcance de esta investigación abarca no solo la evaluación actual de las emisiones de GEI derivadas de los residuos sólidos en Yanahuanca, sino también la proyección de mejoras prácticas de gestión de residuos que pueden ser adoptadas para reducir estas emisiones. La investigación proporciona un diagnóstico detallado de los aspectos y factores ambientales que influyen en el cambio climático, con énfasis en la composición y tratamiento de los residuos sólidos municipales. Además, ofrece una base comparativa con otros estudios y estándares internacionales, lo que facilita la adaptación de estrategias exitosas de otras regiones. El estudio también propone recomendaciones concretas para futuras investigaciones, enfocándose en la implementación de métodos sostenibles y el monitoreo continuo de emisiones, lo cual es esencial para un seguimiento efectivo y una mejora continua en la gestión de residuos y la reducción de la huella de carbono.

## **1.5. Justificación de la investigación**

La justificación de un estudio de huella de carbono puede basarse en varios argumentos importantes:

### **A. Impacto medioambiental:**

La huella de carbono es un indicador clave del impacto ambiental de una actividad, proceso, producto o entidad. Este estudio permite comprender y cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a una operación específica, lo que es crucial para evaluar su contribución al cambio climático y diseñar estrategias de mitigación.

### **B. Cumplimiento normativo y regulaciones**

En muchos lugares, especialmente en países con legislación ambiental avanzada, las organizaciones están obligadas a medir y reportar sus emisiones de carbono. Un estudio de huella de carbono es fundamental para cumplir con estas regulaciones y evitar sanciones legales.

### **C. Gestión de riesgos y reputación**

Las empresas y organizaciones que gestionan activamente sus emisiones de carbono están mejor preparadas para hacer frente a los riesgos asociados al cambio climático, como regulaciones más estrictas, escasez de recursos y cambios en las preferencias del consumidor. Además, una baja huella de carbono puede mejorar la reputación de una organización y su atractivo para clientes, inversionistas y empleados preocupados por el medio ambiente.

### **D. Eficiencia operativa y ahorro de costos**

Identificar fuentes de emisiones de carbono permite a las organizaciones identificar oportunidades para mejorar la eficiencia energética, reducir el consumo de recursos y optimizar procesos, lo que puede llevar a ahorros significativos en costos operativos a largo plazo.

## **E. Responsabilidad corporativa y compromiso social**

La medición y reducción de la huella de carbono son componentes clave de la responsabilidad corporativa y el compromiso social de una organización. Al demostrar un compromiso con la sostenibilidad ambiental, las empresas pueden mejorar su imagen y fortalecer sus relaciones con la comunidad y otras partes interesadas.

### **1.6. Limitaciones de la investigación**

La investigación sobre la estimación de la huella de carbono de los residuos sólidos municipales enfrenta diversas limitaciones que pueden influir en la calidad y precisión de los estudios. Estas limitaciones incluyen:

#### **A. Disponibilidad limitada de datos**

Obtener datos precisos y completos sobre la generación, composición y gestión de residuos sólidos a nivel municipal puede ser difícil debido a la falta de información o la incompletitud de los datos.

#### **B. Variabilidad estacional**

La generación de residuos sólidos puede experimentar fluctuaciones estacionales debido a eventos específicos, festividades u otras actividades, lo que dificulta obtener una imagen representativa a lo largo del año.

#### **C. Limitaciones en la infraestructura**

La eficacia de la gestión de residuos depende en gran medida de la infraestructura disponible, como la recolección, el transporte y la disposición final de los residuos.

#### **D. Participación comunitaria variable**

La participación activa de la comunidad en programas de segregación y reciclaje puede variar, lo que afecta la implementación de prácticas sostenibles.

**E. Tecnología obsoleta**

La falta de tecnologías modernas y equipamiento adecuado puede limitar las opciones de gestión ambientalmente amigables y eficientes.

**F. Presencia de vertederos clandestinos**

La existencia de vertederos clandestinos contribuye a problemas ambientales y puede no estar registrada en los datos oficiales.

**G. Factores socioeconómicos**

Las condiciones socioeconómicas influyen en la generación y gestión de residuos sólidos, afectando la composición y cantidad de residuos generados.

**H. Cambios en los patrones de consumo**

Las tendencias en los patrones de consumo pueden cambiar rápidamente y afectar la composición de los residuos sólidos.

**I. Problemas de fiscalización**

La falta de medidas efectivas de fiscalización puede permitir prácticas inadecuadas de gestión de residuos.

**J. Aspectos legales y políticos:**

Cambios en la legislación o la falta de políticas claras pueden afectar la implementación de medidas eficientes de gestión de residuos

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

Salmeron Gallardo, y otros (2017), llevaron a cabo un estudio para determinar la huella de carbono asociada al manejo de los residuos sólidos urbanos. Utilizando una herramienta especializada para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero mediante el análisis del ciclo de vida, se evaluó el impacto ambiental de diversas prácticas de gestión de residuos.

El área de estudio se encuentra en un estado de situación actual donde el 94% de los residuos son destinados a vertederos, tiraderos al aire libre y otros métodos no controlados. Como resultado de este manejo inadecuado, se generan anualmente 378.93 gigagramos de dióxido de carbono equivalente. A nivel nacional, esta cantidad representa el 0.85% de las emisiones totales del sector de desechos.

Los datos recopilados en este estudio proporcionan información crucial a nivel local, lo que permite identificar oportunidades para aplicar estrategias de mitigación. El objetivo es promover una transición hacia prácticas de gestión de residuos más sustentables, reduciendo así el impacto ambiental y contribuyendo a la protección del medio ambiente.

Pérez, Manuel de Andrés, Lumbreras, & Rodríguez (2018), en el trabajo aplican la metodología del Análisis del Ciclo de Vida para desarrollar un método sencillo de cálculo de la huella de carbono de la etapa de tratamiento de residuos sólidos urbanos. Este procedimiento metodológico sencillo y estructurado tiene en cuenta: i) las emisiones directas de gases de efecto invernadero producidas en el tratamiento de residuos, que tienen lugar dentro de los límites de la ciudad (ámbito 1 de las normas internacionales sobre la huella de carbono); ii) las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero relacionadas con el uso de electricidad suministrada por la red, así como la producción y distribución de combustible (ámbitos 2 y 3 de emisiones según las normas internacionales sobre la huella de carbono); y iii) las emisiones de gases de efecto invernadero evitadas como resultado de los productos obtenidos (si los hay) que pueden sustituir a otros productos o a las materias primas utilizadas para producirlos. La ciudad de Madrid (una ciudad europea representativa), capital de España, se utilizó como caso de estudio para demostrar la validez y utilidad de la metodología propuesta. En esta ciudad se produjeron 344 kg de residuos sólidos urbanos por habitante en 2013. Estos residuos se recogieron por separado en diferentes fracciones (envases, vidrio, papel/cartón y residuos mezclados, incluida la materia orgánica). Los residuos mezclados y las fracciones de envases se procesaron en el Parque Tecnológico de Valdemingómez. Se ha comparado la fase actual de tratamiento con varios escenarios alternativos que describen hipotéticas vías de gestión de las distintas fracciones de residuos. La huella de carbono para la situación actual es igual a 224 kg CO<sub>2</sub> eq/residuos. En comparación con la peor situación, correspondiente al escenario en el que los residuos municipales se depositaban en vertederos sin valorización energética, el escenario actual reduce su huella de carbono en 1597 kg CO<sub>2</sub> eq/residuo (una reducción del 88%). Las mejoras en los procesos de separación y valorización de materiales, junto con la implantación de tratamientos biológicos para la

fracción orgánica, contribuyen claramente a reducir la huella de carbono de los residuos sólidos urbanos gestionados en la ciudad de Madrid. Según los resultados obtenidos, los escenarios basados en una recuperación total de materiales valiosos y tratamientos de valorización energética o digestión anaerobia presentan la menor huella de carbono, ya que la carga evitada es más importante que las emisiones directas e indirectas de los tratamientos. Además, el consumo de electricidad y las emisiones derivadas de su generación (mix de generación), pueden aumentar la huella de carbono de los tratamientos intensivos en energía.

Seigné Itoiz, Gasol, Farreny, Rieradevall, & Gabarrell (2013), en el marco del proyecto europeo "Residuo Cero" (1G-MED08-533), se ha desarrollado una nueva herramienta llamada CO<sub>2</sub>ZW para estimar las emisiones de GEI de la gestión de RSU a nivel municipal, regional o nacional con pequeñas cantidades de datos de entrada. El objetivo de este trabajo es demostrar que la herramienta CO<sub>2</sub>ZW permite inventariar y monitorizar las emisiones de GEI de los RSU siguiendo las directrices del IPCC para inventarios nacionales y los principios de la evaluación del ciclo de vida (ECV). La herramienta CO<sub>2</sub>ZW incluye las etapas y parámetros clave para el cálculo de las emisiones de GEI e incluye varias ventajas relativas a la aplicación de los valores por defecto de los países europeos mediterráneos, una mejora de la accesibilidad (acceso gratuito en línea) y dos enfoques para el cálculo de las emisiones de GEI de los vertederos. Los resultados de este trabajo muestran que, para países con tasas de deposición medias y altas, la aplicación de las políticas europeas de limitación de residuos en vertederos puede contribuir a mitigar el cambio climático de forma notable. Con la herramienta CO<sub>2</sub>ZW, es posible evaluar las opciones de gestión de residuos en función de las infraestructuras y las políticas de gestión de residuos, junto con la cuantificación de las emisiones de GEI

derivadas de la gestión de RSU, lo que resulta esencial para orientar las opciones políticas en materia de residuos y las soluciones al cambio climático.

Cifrian, Andres, & Viguri (2013), en el estudio de la generación y gestión de residuos sólidos urbanos (RSU), señalan que puede tener impactos ambientales y generar emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Un enfoque sostenible y la aplicación de estrategias integradoras a la gestión de residuos requieren un sistema completo de gestión de la información que se utilizará en el proceso de toma de decisiones. Los indicadores ambientales son herramientas útiles para evaluar la sostenibilidad, el cumplimiento de metas y objetivos y para proponer y evaluar medidas de mitigación en materia de RSU. En este trabajo se han propuesto la generación de RSU, el tratamiento de los RSU (reciclaje, compostaje, incineración y vertedero), las tasas de reciclaje de vidrio, papel y cartón y residuos de envases (metales, plásticos y madera) y el vertido de biorresiduos, como indicadores para seguir el progreso en el tiempo (2005-2009) de la producción y gestión de residuos en la región de Cantabria, Norte de España. El indicador de la huella de carbono (FC) complementa los indicadores individuales de gestión de residuos y sería útil para apoyar la toma de decisiones y el análisis de políticas que evalúan las tecnologías y estrategias de gestión de residuos bajo los impactos del cambio global. El indicador de la FC se ha aplicado para medir el impacto global de la recogida, el transporte, la transformación y el tratamiento de los RSU en relación con las emisiones de GEI. Los resultados indican que es necesaria una reducción de la generación de RSU y del vertido de biorresiduos para alcanzar los objetivos de los Planes y Programas Regionales. La CF disminuyó de 2005 a 2009 en un 35%, siendo el vertedero la principal contribución a las emisiones de GEI.

Ramachandra, Shwetmala, & Dania (2014), indica que cada día, Bangalore genera aproximadamente entre 3.000 y 4.000 toneladas de residuos. Una fracción importante (72 %) del total de residuos son residuos orgánicos o húmedos, que se degradan en el medio natural. Este estudio se centra en la estimación de la huella de carbono de los residuos domésticos generados en la ciudad de Bangalore. Los resultados de dos métodos teóricos de estimación, el enfoque de balance de masas y la metodología por defecto, se comparan con los resultados de medición derivados de valores experimentales. Los experimentos revelaron una emisión de 0,013 g CH<sub>4</sub>/kg de fracción orgánica de residuos sólidos urbanos y 0,165 g CO<sub>2</sub>/kg, lo que es muy inferior en comparación con el método del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (0,036 kg CH<sub>4</sub>/kg de residuos) o los enfoques teóricos (0,355 kg CH<sub>4</sub>/kg, 0,991 kg CO<sub>2</sub>/kg de residuos). A partir de la composición elemental y la ecuación química teórica general de la degradación aeróbica y anaeróbica de las cantidades de residuos, se estimó que el metano y el dióxido de carbono totales eran de 670.950 y 1.870 toneladas por día (TPD) mediante el enfoque de balance de masas, que son considerablemente superiores a las 87,32 TPD de emisión de metano determinadas utilizando la metodología por defecto. Estos valores siguen siendo superiores a los valores experimentales estimados de metano y dióxido de carbono. La huella de carbono total de los residuos sólidos urbanos generados en la ciudad es de 361 kg/día de CO<sub>2</sub> equivalente en el medio ambiente.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Galvin (2013), concluye en la investigación que más del setenta por ciento de las 2.5 mil millones de personas que todavía carecen de acceso a saneamiento básico en todo el mundo viven en áreas rurales. A pesar de las preocupaciones sobre la escasez de agua, el agotamiento de recursos y el cambio climático, se ha realizado poca investigación sobre la sostenibilidad

ambiental de las tecnologías de saneamiento doméstico comunes en áreas rurales de países en desarrollo, o el potencial de recuperación de recursos para mitigar los impactos ambientales de estos sistemas.

Este estudio analizó la sostenibilidad ambiental, en términos de energía incorporada y huella de carbono, de cuatro sistemas de saneamiento doméstico: (1) Letrina mejorada ventilada (VIP), (2) letrina de descarga, (3) letrina de compostaje y (4) letrina biodigestora. Las variaciones en el diseño y los materiales de construcción utilizados afectan la energía incorporada de los sistemas. Se encontró que los sistemas que utilizaban ladrillos de arcilla en la construcción de la superestructura tenían una demanda energética acumulada promedio de 4,307 MJ y un potencial de calentamiento global de 362 kilogramos de equivalente de gases de efecto invernadero (kgCO<sub>2</sub> eq) más alto que los sistemas que utilizaban ladrillos de adobe en la construcción de la superestructura.

También se descubrió que los sistemas que incorporan la recuperación de recursos, como una letrina de compostaje o biodigestor, pueden convertirse en productores netos de energía durante su vida útil, recuperando entre 29,333 y 253,190 MJ durante un período de 20 años, en comparación con los 11,275 a 19,990 MJ requeridos para su construcción y mantenimiento. La recuperación de los recursos de los desechos también redujo significativamente el potencial de calentamiento global de estos sistemas, de 2,079-49,655 kgCO<sub>2</sub> eq a 616-1,882 kgCO<sub>2</sub> eq; significativamente menos que el potencial de calentamiento global de una letrina VIP o letrinas de descarga (8,642-15,789 kgCO<sub>2</sub> eq).

Además, dos sistemas comunitarios de tratamiento de aguas residuales que atienden a 420-1,039 personas, considerados en un estudio similar, tuvieron una demanda energética acumulada por hogar más alta (44,869 MJ y 38,403 MJ) que los sistemas de saneamiento doméstico (11,275-19,990 MJ). Los sistemas comunitarios de tratamiento de aguas residuales tuvieron un menor

potencial de calentamiento global (2019-2,092 kgCO<sub>2</sub> eq) que los sistemas domésticos que no recuperaban recursos (8,642-15,789 kgCO<sub>2</sub> eq), pero más alto que los sistemas domésticos que incorporaban recuperación de recursos (616-1,882 kgCO<sub>2</sub> eq).

El objetivo de este estudio es proporcionar información a los formuladores de políticas en el campo del desarrollo para promover la toma de decisiones basada en la sostenibilidad ambiental en la implementación de una mejor cobertura de saneamiento en áreas rurales de países en desarrollo.

En un estudio realizado en Perú por Balbuena, Segura, Rojas y Sosa (2023), se investigó la gestión de residuos sólidos, una labor crucial para el gobierno que ha experimentado un crecimiento constante a lo largo de los años. No obstante, se observó que ciertas actividades relacionadas con la gestión de estos residuos aún no se llevan a cabo. La mayoría de los residuos sólidos terminan incinerados o en el relleno sanitario, en consecuencia, los materiales reciclables no son recuperados y reutilizados. Según el Ministerio del Ambiente peruano, sólo el 1,9% de los materiales aprovechables fueron reciclados, y las instituciones públicas no son ajenas a este tema del reciclaje. El Cuartel General Militar del Perú es una institución pública enfocada principalmente en todo el trabajo administrativo del ejército peruano, por lo que la mayor parte de los residuos sólidos es material de oficina con alto potencial para ser reciclado. En este artículo se incluyó un proceso de segregación y caracterización de residuos sólidos en la antigua gestión de residuos sólidos del Cuartel General del Ejército Peruano con el propósito de identificar materiales potencialmente reciclables. Los resultados del proceso de caracterización y segregación permitieron reconocer tres clases de residuos sólidos reciclables, además, se estimó que en las instalaciones militares se produce un aproximado de 798 kg de material aprovechable por semana.

Arteaga, Silva y Yarasca Aybar (2023) destacan que la Gestión de Residuos Sólidos (GRSU) exige una planificación y coordinación técnica efectiva, ya que es clave para promover el desarrollo sostenible de las ciudades en aspectos sociales, físicos, territoriales y jurídico-políticos. En los últimos 20 años, Chiclayo ha sido identificada como la ciudad más contaminada del norte de Perú, atribuible a su ineficiente gestión de residuos sólidos urbanos (RSU).

El objetivo del estudio fue evaluar el nivel de impacto urbano causado por los RSU en la configuración de los espacios públicos de los distritos de José Leonardo Ortiz, La Victoria y Chiclayo (distrito homónimo). Mediante un diagnóstico territorial, se identificaron los actores involucrados en la gestión y se aplicaron metodologías como el método de Fisher-Davies y los diagramas de Leopold para determinar índices de eficiencia y el alcance de la gestión en la última década. Los resultados fueron comparados con la percepción de la población.

El análisis evidenció que la gestión de residuos sólidos genera un impacto ambiental urbano negativo en los espacios públicos, afectando gravemente tanto los factores bióticos y abióticos del paisaje urbano como los factores socioculturales.

Este estudio aporta pruebas de las implicaciones de la gobernanza de las ciudades en la sostenibilidad territorial. Esto permitirá desarrollar marcos temáticos que aborden las políticas urbanas, medioambientales, socioeconómicas y tecnológicas en respuesta a las nuevas dinámicas territoriales.

Ziegler Rodriguez, Margallo, Aldaco, Vázquez Rowe, & Kahhat (2019), el sector peruano en la gestión de residuos, está en constante transición de un sistema mayoritariamente informal y subdesarrollado basado en el uso de contenedores abiertos a un sistema basado en vertederos. Las consecuencias ambientales de estas políticas deben ser evaluadas con herramientas de gestión

ambiental como el Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Por lo tanto, el objetivo principal del estudio es analizar el desempeño ambiental del ciclo de vida de la disposición de residuos en tres diferentes rellenos sanitarios ubicados en tres zonas geográficas distintas del Perú: i) la costa hiperárida; ii) la sierra andina; y, iii) la selva amazónica. Con este objetivo, se realiza un análisis comparativo del proceso de tratamiento de residuos frente a otras tecnologías de vertederos (combustión de biogás o valorización energética) y vertederos a cielo abierto. La modelización de estos sistemas se realizó con la herramienta de ACV de residuos EASETECH, incluyendo un análisis de sensibilidad en cuanto a la composición de los residuos y las tasas de descomposición de los mismos. Los resultados muestran que el tratamiento de los gases de vertedero reduce considerablemente las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Sin embargo, éstas siguen siendo más elevadas en la Amazonia que en la sierra andina (+105%) y la costa hiperárida (+17%). La mayor parte de la descomposición en la cuenca amazónica se produce en los 5 años siguientes a la disposición (80%) debido al calor y la humedad, mientras que en las demás regiones los valores eran inferiores al 55%. La mayor parte de la descomposición en la cuenca del Amazonas se produce en los 5 años siguientes a la eliminación (80%) debido al calor y la humedad, mientras que en las demás regiones los valores eran inferiores al 55%. Es necesario el tratamiento o la recuperación del LFG para que estas emisiones sean menores que en los vertederos abiertos. La implantación de estas tecnologías reforzaría el plan de acción del país respecto al Acuerdo de París en el sector de los residuos. En otras categorías de impacto, la transición de contenedores a vertederos es más visible en los compartimentos de suelo y agua.

Vázquez Rowe, Kahhat, Larrea Gallegos, & Ziegler Rodriguez (2019), señalan que la mayoría de las naciones en desarrollo han tenido que realizar una rápida transición de las acciones voluntarias de mitigación de emisiones de

gases de efecto invernadero (GEI) comprometidas en el Acuerdo de Copenhague, a las mitigaciones relativamente ambiciosas firmadas en el marco del Acuerdo de París. Como resultado, Perú se encuentra en proceso de establecer su marco nacional destinado a enfrentar el cambio climático a través de medidas de mitigación y adaptación. Las contribuciones determinadas a nivel nacional (NDC, por sus siglas en inglés) representan las acciones planificadas por los países para lograr las reducciones esperadas en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Perú, en particular, ha asumido el compromiso de reducir sus emisiones anuales de GEI en un 30 % para 2030, en comparación con un escenario sin medidas adicionales proyectado para ese mismo año. Estas 76 NDC se agrupan en seis sectores principales: energía, transporte, procesos industriales, agricultura, silvicultura y residuos.

El propósito central de este estudio es llevar a cabo una revisión crítica sobre la validez y efectividad de las actuales NDC de mitigación presentadas por el gobierno peruano en el marco del cumplimiento del Acuerdo de París. Además, el análisis incluye una discusión sobre cómo los métodos basados en el ciclo de vida, como el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), pueden ser útiles para respaldar las políticas públicas. Esto incluye evaluar el potencial de mitigación de las NDC y señalar posibles contribuciones adicionales en sectores donde este potencial ha sido subestimado o pasado por alto.

Una de las ventajas clave de incorporar métodos de ciclo de vida en las políticas climáticas es la posibilidad de ampliar los límites del análisis más allá del contexto nacional, considerando la naturaleza global de los flujos comerciales actuales y modelando los impactos indirectos de políticas específicas. Este enfoque resulta particularmente relevante para las políticas climáticas y permite evaluar la sostenibilidad ambiental de la adopción o adaptación de tecnologías de bajas emisiones de carbono a las realidades locales.

El estudio, diseñado para ser de utilidad tanto para los responsables de políticas públicas en Perú como en otras economías emergentes y en desarrollo, resalta que los métodos de ciclo de vida son herramientas eficaces para supervisar y garantizar la sostenibilidad ambiental en la implementación de tecnologías de mitigación del cambio climático.

## **2.2. Bases teóricas - científicas**

### **2.2.1. Huella de Carbono**

La Huella de Carbono (HdC) es un indicador que cuantifica la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) liberados a la atmósfera como consecuencia de actividades humanas, tales como la producción y el consumo de bienes y servicios. Estos GEI, establecidos en el Protocolo de Kioto en 1997, forman una capa en la atmósfera que retiene la radiación solar, contribuyendo al incremento de la temperatura global.

En años recientes, se han desarrollado diversas metodologías y herramientas para medir las emisiones de GEI, siendo la HdC una de las más destacadas. Este concepto ha cobrado importancia en el debate global sobre el cambio climático, captando la atención de múltiples actores, como consumidores, empresas, gobiernos, organizaciones no gubernamentales y organismos internacionales.

Los países comprometidos con la reducción de emisiones según los lineamientos del Protocolo de Kioto lideran este debate, mostrando preocupación por el riesgo de que sus productores pierdan competitividad frente a naciones con menores costos asociados a la emisión de GEI.

En países en desarrollo, como muchos de América Latina, adoptar un enfoque más sostenible en la exportación es crucial para proteger su posición competitiva y enfrentar los desafíos climáticos.

El cambio climático, causado principalmente por las actividades humanas y el aumento de los GEI, representa uno de los mayores desafíos

ambientales del siglo XXI, con impactos significativos en la sociedad, la economía y los ecosistemas. Por ello, gobiernos e instituciones internacionales están tomando medidas para mitigar las emisiones de GEI y desarrollar métodos para cuantificar sus efectos (Espíndola & Valderrama, 2012).

### **2.2.2. El efecto invernadero**

El efecto invernadero ocurre porque ciertos gases en la atmósfera, como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y otros, atrapan el calor del sol que se refleja en la Tierra. Estos gases permiten que la luz solar entre, pero atrapan parte del calor que se emite, lo que eleva la temperatura del planeta. Esta retención de calor es similar a lo que sucede en un invernadero, donde la luz solar entra pero el calor no puede escapar fácilmente.

Algunos gases de efecto invernadero tienen un mayor impacto que otros. Por ejemplo, el clorofluorocarbono-13 (CFC-13) tiene un impacto mucho mayor que el CO<sub>2</sub> en términos de calentamiento global, pero como la cantidad de CO<sub>2</sub> en la atmósfera es mucho mayor, su contribución total al efecto invernadero es significativa.

En las últimas décadas, la concentración de estos gases en la atmósfera ha aumentado debido a las actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles y la deforestación.

Los científicos han advertido que un aumento en la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera podría provocar un aumento significativo en la temperatura global. Estudios sugieren que incluso un doble aumento en la concentración de CO<sub>2</sub> podría resultar en un calentamiento de entre 1.5 y 4.5 °C en la superficie terrestre.

Se espera que este calentamiento tenga impactos significativos en el clima y el medio ambiente, como el aumento del nivel del mar, eventos climáticos extremos y la pérdida de hábitats naturales. El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) predice un aumento adicional de temperatura de entre

1.0 y 3.5 °C para el año 2100 si no se toman medidas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

El clima y el tiempo atmosférico son conceptos relacionados pero diferentes. El tiempo se refiere a las condiciones atmosféricas específicas que experimentamos en un período corto, como horas o días. En contraste, el clima se centra en patrones de largo plazo y promedios de estas condiciones, evaluados durante períodos de tiempo más extensos, típicamente no menos de 30 años.

### **2.2.3. Factores Climáticos**

#### **A. El Clima**

El clima es el resultado de la interacción compleja entre diversos componentes del sistema climático, como la atmósfera, la superficie terrestre (incluyendo océanos, ríos y vegetación) y la criósfera (zonas cubiertas de hielo). Estos elementos están interrelacionados y se influyen mutuamente, dando forma a las condiciones climáticas. Aunque suele describirse a través de variables atmosféricas como la temperatura y la precipitación, el clima también está determinado por factores como la topografía, la cobertura vegetal y las actividades humanas.

A lo largo del tiempo, el clima ha mostrado fluctuaciones que van desde variaciones anuales hasta cambios globales que se desarrollan a lo largo de milenios. Estas modificaciones surgen de alteraciones en la interacción entre los componentes del sistema climático y los factores externos que los afectan.

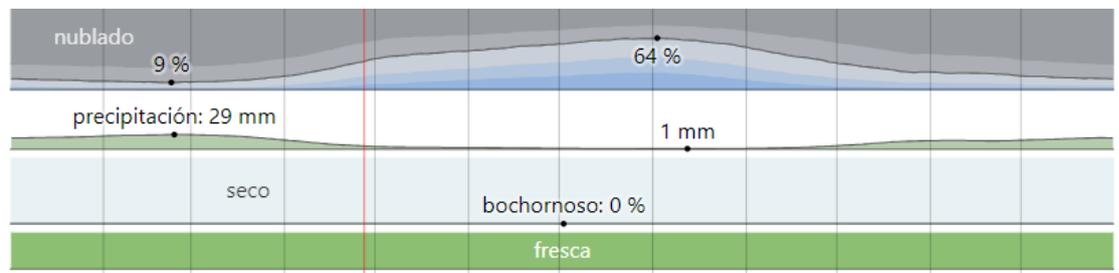
En la actualidad, el clima se analiza y se comprende mejor a través de herramientas estadísticas, como medias, frecuencias relativas y probabilidades de eventos extremos. Estas metodologías permiten

interpretar y predecir los posibles cambios en las condiciones climáticas de distintas regiones a lo largo del tiempo..

En lo referente al clima en Yanahuanca, se caracteriza por veranos cortos, frescos y nublados, y por inviernos cortos, muy fríos y parcialmente nublados. Además, el clima es generalmente seco durante todo el año.

La temperatura en Yanahuanca tiende a variar entre  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$  a lo largo del año, con raras ocasiones en las que desciende por debajo de  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  o supera los  $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Figura 1** El clima en Yanahuanca



## B. Temperatura

La temperatura atmosférica es la medida del calor presente en el aire en un lugar y momento específicos. Este factor, junto con otros elementos como la humedad, las precipitaciones, el viento y la presión atmosférica, contribuye a definir el clima de un área.

Cuando percibimos frío o calor, estamos experimentando la sensación térmica provocada por la temperatura atmosférica. Esta temperatura depende en gran medida de la radiación solar que llega a la Tierra. Los rayos solares calientan la superficie terrestre, el agua y las capas inferiores de la atmósfera, generando una sensación de calor indirecto.

La temperatura atmosférica se ve influenciada por dos fenómenos principales: la presión atmosférica y la radiación infrarroja. La

presión atmosférica comprime el aire, lo que aumenta su temperatura, mientras que la radiación infrarroja emitida por la Tierra calienta las capas inferiores de la atmósfera.

La temperatura máxima representa el punto más alto que puede alcanzar la temperatura del aire en un día, mes o año determinado, mientras que la temperatura mínima indica el punto más bajo registrado en el mismo período. La temperatura media es el promedio estadístico entre estas dos mediciones.

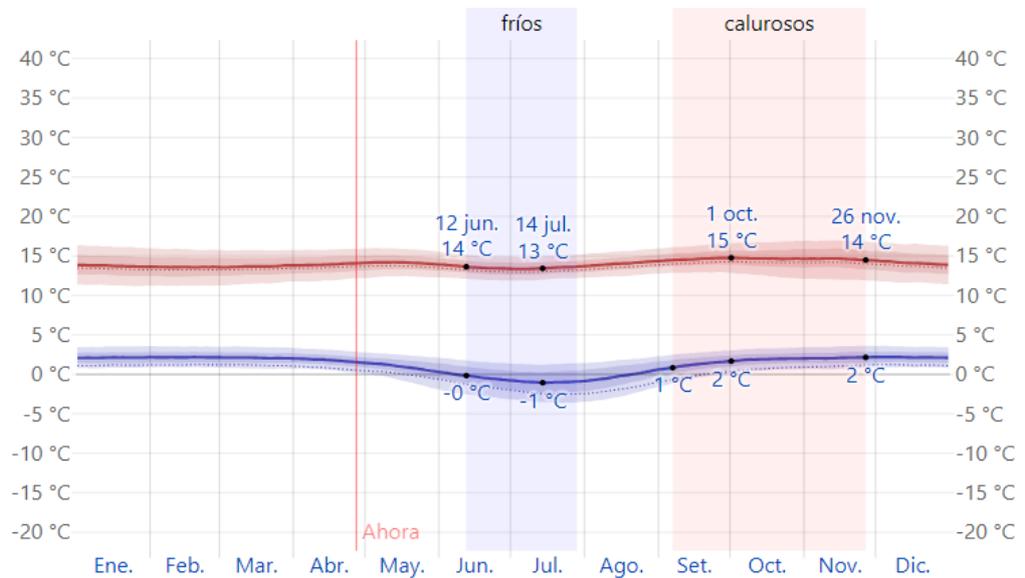
La temperatura atmosférica influye significativamente en la vida cotidiana, ya que determina cómo nos vestimos y qué actividades realizamos. Por ejemplo, en días calurosos, es importante evitar la exposición prolongada al sol y mantenerse hidratado, mientras que, en días fríos, es necesario abrigarse adecuadamente para protegerse del frío (Pérez Porto & Gardey, 2016).

En Yanahuanca, la temperatura promedio varía a lo largo del año, con distintas temporadas que experimentan diferentes rangos de temperatura:

Durante la temporada templada, que dura aproximadamente 2.6 meses, desde el 6 de setiembre hasta el 26 de noviembre, la temperatura máxima promedio diaria supera los 14 °C. El mes más cálido en Yanahuanca es noviembre, con una temperatura máxima promedio de 15 °C y una mínima de 2 °C. Por otro lado, la temporada fría abarca alrededor de 1.5 meses, desde el 12 de junio hasta el 28 de julio, con una temperatura máxima promedio diario inferior a los 14 °C. El mes más frío en Yanahuanca es julio, con una temperatura mínima promedio de -1 °C y una máxima de 13 °C.

Estas fluctuaciones en la temperatura a lo largo del año definen las temporadas de calor y frío en Yanahuanca, influenciando las actividades y el estilo de vida de la comunidad local.

**Figura 2** *Temperatura máxima y mínima promedio en Yanahuanca*



### C. Energía Solar

La radiación solar es una forma de energía emitida por el sol que llega a la Tierra en forma de ondas electromagnéticas. Esta energía es fundamental para sostener la vida en nuestro planeta y tiene una magnitud impresionante: la superficie terrestre recibe en una hora una cantidad de energía equivalente al consumo total de energía en un año a nivel mundial.

La radiación solar abarca una amplia gama de longitudes de onda, desde aproximadamente 300 hasta 2.500 nanómetros (nm). La región visible de esta radiación se encuentra entre 400 y 700 nm, representando casi la mitad de la energía total. Anualmente, la Tierra recibe una energía solar estratosférica de  $5,46 \times 10^{24}$  vatios (W).

La densidad de potencia del sol justo por encima de la atmósfera terrestre, conocida como constante solar, es de aproximadamente

1.366 W/m<sup>2</sup>. Sin embargo, esta cifra disminuye en aproximadamente un 30% al atravesar la atmósfera, lo que resulta en una insolación en la superficie terrestre de alrededor de 1.000 W/m<sup>2</sup> en un día claro a nivel del mar.

La radiación solar que llega a la superficie terrestre tiene tres componentes principales: radiación directa (que proviene en línea recta desde el sol), radiación difusa (que proviene de todas direcciones excepto del sol) y albedo (radiación reflejada por la superficie terrestre). La suma de estos tres componentes constituye lo que se conoce como radiación global (Martínez, 2016).

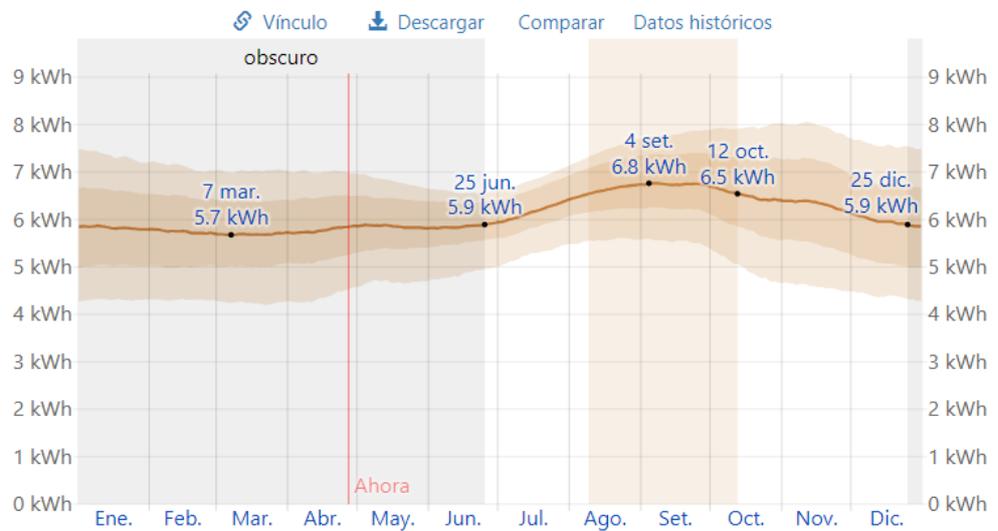
La energía solar de onda corta incidente diario total que llega a la superficie de la tierra en un área amplia, tomando en cuenta las variaciones estacionales de la duración del día, la elevación del sol sobre el horizonte y la absorción de las nubes y otros elementos atmosféricos. La radiación de onda corta incluye luz visible y radiación ultravioleta.

La energía solar de onda corta incidente promedio diaria tiene variaciones estacionales leves durante el año.

El período más resplandeciente del año dura 2.1 meses, del 9 de agosto al 12 de octubre, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado superior a 6.5 kWh. El mes más resplandeciente del año en Yanahuanca es Setiembre, con un promedio de 6.7 kWh.

El periodo más oscuro del año dura 6.0 meses, del 25 de diciembre al 25 de junio, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado de menos de 5.9 kWh. El mes más oscuro del año en Yanahuanca es marzo, con un promedio de 5.7 kWh.

**Figura 3** *Energía solar de onda corta incidente diario promedio en Yanahuanca*



#### 2.2.4. Forzamiento del efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero (GEI), producidos principalmente por actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles y la deforestación, tienen un papel crucial en el sistema climático de la Tierra. Estos gases, como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), el metano (CH<sub>4</sub>) y varios halocarbonos, junto con el ozono troposférico, son capaces de absorber la radiación infrarroja, lo que contribuye al efecto invernadero.

La concentración atmosférica de estos gases, junto con los aerosoles y otros factores, afecta la absorción, dispersión y emisión de la radiación dentro de la atmósfera y en la superficie terrestre. Este impacto se cuantifica mediante el concepto de forzamiento radiativo, que representa el cambio en el equilibrio de radiación solar incidente y radiación infrarroja saliente en el sistema atmósfera-Tierra. Se expresa en vatios por metro cuadrado (W/m<sup>2</sup>) y se utiliza para comparar la influencia del calentamiento o enfriamiento en el sistema climático.

El forzamiento radiactivo puede ser positivo o negativo dependiendo de si aumenta o disminuye la cantidad de energía que queda atrapada en la atmósfera. Un forzamiento radiactivo positivo tiende a calentar la troposfera, mientras que uno negativo tiende a enfriarla.

El agotamiento de la capa de ozono debido a la destrucción causada por ciertos halocarbonos ha representado un forzamiento radiactivo negativo. Por otro lado, el aumento de la concentración de GEI, como el CO<sub>2</sub>, ha producido un forzamiento radiactivo positivo, contribuyendo al calentamiento global.

El forzamiento radiactivo de los GEI y el ozono se cuantifica multiplicando su concentración por su eficiencia radiactiva. El CO<sub>2</sub> ha sido el mayor contribuyente al forzamiento radiactivo positivo, seguido por el CH<sub>4</sub>, el ozono troposférico, el N<sub>2</sub>O y algunos halocarbonos. En los últimos años, el forzamiento radiactivo del CO<sub>2</sub> ha experimentado un aumento significativo, lo que indica un mayor impacto en el calentamiento global.

**Figura 4** Contribuciones al forzamiento radiactivo positivo de algunos GEI

Gas	Vida media atmosférica (años)	Forzamiento radiactivo (W/m <sup>2</sup> ) 1750-2005	Forzamiento radiactivo (W/m <sup>2</sup> ) 1970-2000	Potencial de Calentamiento a 100 años <sup>2</sup>
CO <sub>2</sub>	----- <sup>1</sup>	1,66	0,67	1
Metano	12	0,48	0,13	23
Óxido Nitroso		0,16	0,068	296
CFC-11	45	0,066	0,053	4600
CFC-12	100	0,172	0,137	10600
CFC-113 (CCl <sub>2</sub> FCClF <sub>2</sub> )	85	0,03	0,023	6000
HCFC-22	12	0,0286	0,026	1700
HCFC-141b	9,3	0,0018	0,0018	700
HCFC-142b	17,9	0,0024	0,0024	2400
HFC-23	270	0,0029	0,0029	12000
HFC-134a	14	0,004	0,004	1300
HFC-152a	1,4	0,0002	0,0002	140
PFC-14	50000	0,0061	0,0061	5820
PFC-116	10000	0,0006	0,0006	12010
PFC-218	2600	0,0001	0,0001	8690
Pentano	0,010	-	-	
Etano	0,214	-	-	

## **2.2.5. Gases de Efecto Invernadero (GEI) directos**

### **A. Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)**

El dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es uno de los gases más abundantes y significativos en la atmósfera, fundamental en el equilibrio del sistema atmosférico-océano-Tierra. Es el principal gas de efecto invernadero (GEI) generado por actividades humanas y el segundo más relevante en el calentamiento global después del vapor de agua. Tanto procesos naturales como actividades humanas contribuyen a su emisión.

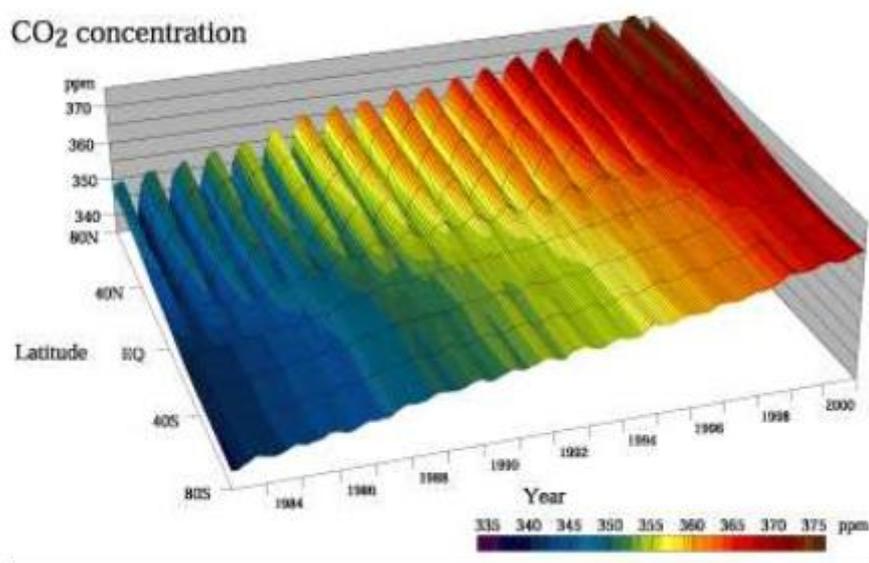
Naturalmente, el ciclo del carbono involucra al CO<sub>2</sub> en una serie de procesos biológicos esenciales. Sin embargo, las actividades humanas, como la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural), la deforestación para la agricultura y la ganadería, y ciertos procesos industriales, como la fabricación de cemento, son las principales fuentes antropogénicas de emisión de CO<sub>2</sub>.

La concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera muestra variaciones temporales y espaciales. A nivel global, exhibe un comportamiento cíclico a lo largo del año, con concentraciones más bajas durante la temporada de crecimiento de la vegetación en el hemisferio norte (de mayo a agosto), cuando la fotosíntesis vegetal absorbe más CO<sub>2</sub>. Por el contrario, las concentraciones son más estables en el hemisferio sur, debido a la mayor extensión de océanos.

Espacialmente, las mayores concentraciones de CO<sub>2</sub> se registran en el hemisferio norte, donde se ubican la mayoría de los países industrializados. Estos países han sido los principales responsables del aumento de las concentraciones de GEI desde la revolución industrial en el siglo XIX.

La deforestación en regiones como América Latina, destinada principalmente a la expansión de terrenos para pastoreo, contribuye significativamente a las emisiones de CO<sub>2</sub>. En la región amazónica, por ejemplo, cerca del 70% de los bosques se utilizan como pastizales, lo que representa una importante pérdida de cobertura forestal y un aumento en las emisiones de carbono a la atmósfera.

**Figura 5** Variación espacio-temporal del CO<sub>2</sub> a escala global



Fuente: <http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg.html>

## B. El metano (CH<sub>4</sub>)

El metano (CH<sub>4</sub>) es un gas de efecto invernadero (GEI) potente que desempeña un papel significativo en el calentamiento global y en la capacidad de oxidación de la atmósfera. A fines de la década de 1990, la carga atmosférica de metano era más del doble de la cantidad presente en la era preindustrial, contribuyendo aproximadamente al 20% del forzamiento radiactivo directo debido a las emisiones antropogénicas de GEI.

Las principales fuentes de metano incluyen la descomposición de materia orgánica en sistemas biológicos, como:

- Actividades agrícolas, como la fermentación entérica en el proceso digestivo de los herbívoros, la descomposición anaeróbica del estiércol generado por el ganado, los cultivos de arroz bajo riego y las quemas de sabanas y residuos agrícolas.
- Disposición de residuos sólidos.
- Tratamiento anaeróbico de aguas residuales domésticas e industriales.

Otra fuente importante de metano está relacionada con la producción y distribución de gas natural, petróleo y carbón mineral. Las emisiones de metano procedentes de la fermentación intestinal de los rumiantes, como las vacas, son especialmente significativas y se estima que representan hasta el 37% del metano presente en la atmósfera. Cada vaca puede producir alrededor de 90 kilogramos de metano al año, equivalente energéticamente a 120 litros de gasolina.

En cuanto a las emisiones de metano derivadas de la combustión de combustibles, su contribución global es mínima, aunque la incertidumbre es alta. Este gas se produce en pequeñas cantidades debido a la combustión incompleta de hidrocarburos en el combustible, especialmente en aplicaciones residenciales como pequeñas estufas y quemas a cielo abierto.

Las emisiones fugitivas de metano desde actividades relacionadas con el gas y el petróleo representan una parte significativa de las emisiones globales de metano. Estas emisiones incluyen pérdidas durante la producción, transporte, almacenamiento y refinación, así como el venteo y flameado, escapes crónicos o descargas

accidentales durante el mantenimiento y alteraciones de los sistemas.

### **C. El óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)**

El óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) es otro gas de efecto invernadero, con contribuciones tanto naturales como antropogénicas, que representa aproximadamente el 6% del forzamiento del efecto invernadero. Sus fuentes incluyen los océanos, la quema de combustibles fósiles y biomasa, y la agricultura. A diferencia del metano, el óxido nitroso es inerte en la troposfera y su principal sumidero se encuentra en la estratosfera, donde participa en reacciones fotoquímicas que afectan la abundancia de ozono estratosférico.

La principal fuente de óxido nitroso son las emisiones generadas por suelos agrícolas, especialmente debido a los procesos microbiológicos de nitrificación y desnitrificación del suelo. Estas emisiones pueden clasificarse en tres tipos: directas desde el suelo, directas del suelo debido a la producción animal (como el pastoreo) e indirectas generadas por el uso de fertilizantes.

Al igual que con el metano, la contribución de la combustión de combustibles a las emisiones globales de óxido nitroso es mínima y con una alta incertidumbre. Las temperaturas de combustión más bajas, especialmente por debajo de 1200 K, tienden a generar mayores emisiones de N<sub>2</sub>O, con un máximo de producción alrededor de los 1000 K. Las emisiones desde vehículos son relativamente bajas en comparación con las emisiones totales antropogénicas, aunque pueden aumentar cuando se utilizan controles de emisión, como catalizadores.

#### **D. Los compuestos halogenados**

Los compuestos halogenados, como los clorofluorocarbonos (CFCs), los hidroclorofluorocarbonos (HCFCs), y otros, tienen impactos tanto directos como indirectos en el forzamiento radiactivo y en la degradación de la capa de ozono. Los CFCs, utilizados en refrigeración, solventes industriales, limpieza en seco y aerosoles, no existen naturalmente en la atmósfera y han sido prohibidos por el Protocolo de Montreal debido a su impacto en la destrucción del ozono estratosférico.

Aunque los CFCs y HCFCs tienen un alto potencial de calentamiento global, su contribución neta al forzamiento radiactivo es reducida debido a su papel en la destrucción del ozono. Por otro lado, los hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs) y el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>) no afectan la capa de ozono, pero son poderosos gases de efecto invernadero.

Los HFCs, inicialmente introducidos como alternativas a las sustancias que agotan el ozono, son emitidos durante la producción de HCFC-22. Los PFCs y el SF<sub>6</sub> se emiten en procesos industriales como la fundición de aluminio, la fabricación de semiconductores y la transmisión de energía eléctrica.

Estos compuestos son eficientes absorbentes de radiación infrarroja, particularmente en regiones donde el dióxido de carbono y el vapor de agua no son tan efectivos, lo que contribuye al forzamiento radiactivo y al calentamiento global.

## **2.3. Definición de términos básicos**

### **A. Ambiente**

Conjunto de factores bióticos y abióticos, que actúan sobre los organismos y comunidades ecológicas, determinando su forma y desarrollo.

### **B. Análisis Ambiental**

El análisis ambiental es un proceso fundamental en diversos ámbitos, desde la planificación urbana hasta la gestión empresarial. Consiste en evaluar el entorno natural y humano en el que opera una organización, proyecto o actividad, con el objetivo de comprender y minimizar su impacto ambiental. Este análisis suele abarcar diferentes aspectos, como la calidad del aire, del agua y del suelo, la biodiversidad, los recursos naturales disponibles, los riesgos ambientales y la legislación vigente relacionada con el medio ambiente.

En el contexto empresarial, el análisis ambiental permite identificar oportunidades para mejorar la eficiencia energética, reducir residuos, optimizar el uso de recursos y cumplir con las regulaciones ambientales. También puede ayudar a prevenir y mitigar posibles impactos negativos en el medio ambiente y en las comunidades locales.

En el ámbito de la planificación urbana y el desarrollo sostenible, el análisis ambiental es fundamental para garantizar que los proyectos se desarrollen de manera responsable y respetuosa con el entorno natural y social.

### **C. Contaminación Ambiental**

La contaminación ambiental es como una intrusión no deseada en nuestro entorno natural. Se manifiesta cuando sustancias dañinas, conocidas como contaminantes ambientales, invaden el agua que bebemos, el aire que respiramos y el suelo que pisamos. Estos contaminantes pueden surgir de una variedad de fuentes, desde las emisiones de los vehículos hasta los desechos industriales y los productos químicos agrícolas. Lo alarmante es

que estos elementos nocivos no solo están presentes en cantidades variables, sino que también pueden aparecer en lugares imprevistos, lo que aumenta el riesgo para la salud humana y el equilibrio ecológico. Por eso, la identificación y el control de estos contaminantes a través del análisis ambiental son cruciales para preservar la salud del planeta y de quienes lo habitamos.

#### **D. Almacenamiento**

Operación de acumulación temporal de residuos en condiciones técnicas como parte del sistema de manejo hasta su valorización o disposición final.

#### **E. Aprovechamiento de residuos sólidos**

Volver a obtener un beneficio del bien, artículo, elemento o parte del mismo que constituye residuo sólido. Se reconoce como técnica de aprovechamiento el reciclaje, recuperación o reutilización (Pandey, Agrawal, M., & Pandey, 2010).

#### **F. Balance de Carbono**

Es también conocido como Bilan Carbone, es una metodología y herramienta desarrollada por la Agencia del Medio Ambiente y Energía de Francia (ADEME) en 2002. Su propósito principal es convertir datos relacionados con las actividades productivas, como el consumo de energía o la cantidad de camiones utilizados, en emisiones de gases de efecto invernadero de manera rápida y eficiente, utilizando factores de emisión. Esta herramienta tiene en cuenta tanto las emisiones directas como las indirectas de gases de efecto invernadero, asociadas con actividades industriales, empresariales y de otras organizaciones. Permite categorizar las emisiones según su fuente, y se basa en una planilla de cálculo en Excel que calcula las emisiones relacionadas con cada actividad dentro de un proceso. Esto proporciona una visión detallada de las emisiones asociadas con diversas actividades, lo que permite a las organizaciones identificar

áreas de mejora y establecer estrategias para reducir su huella de carbono (Jancovici, 2011).

#### **G. Carbón Footprint**

Esta página es mucho más detallada que la anterior. Mide áreas relevantes en términos de emisiones de CO<sub>2</sub> como la vivienda, el tipo de transporte utilizado y una sección donde se hacen preguntas relacionadas con la alimentación, la ropa, el consumo de productos de papel, entre otros.

#### **H. Co2cero**

Esta página con preguntas sencillas sobre tu dieta, el transporte que usas o la cantidad de vuelos tomados el año, esta página muestra un aproximado de lo que tu estilo de vida emite en términos de CO<sub>2</sub>. Además, según tu resultado, te indica cuántos árboles deberías plantar para contrarrestar los posibles daños.

#### **I. Contenedores para residuos sólidos**

Recipiente fijo o móvil en el que los residuos se depositan para su almacenamiento o transporte.

#### **J. La compensación de emisiones de CO<sub>2</sub>**

Consiste en la aportación voluntaria de una cantidad económica, proporcional a las toneladas de CO<sub>2</sub> generadas, a un proyecto que persigue específicamente:

- Captar una cantidad de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente a la generada en nuestra actividad, mediante la puesta en práctica de un proyecto de sumidero de carbono por reforestación.
- Evitar la emisión de una cantidad de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente a la generada en nuestra actividad por medio de un proyecto de ahorro o eficiencia energética, de sustitución de combustibles fósiles por energías renovables, tratamiento de residuos o de deforestación evitada.

#### **K. Declaración de manejo de residuos sólidos**

Documento técnico administrativo con carácter de declaración jurada, suscrito por el generador de residuos no municipales, mediante el cual declara cómo ha manejado los residuos que están bajo su responsabilidad. Dicha declaración describe las actividades de minimización de generación de residuos, así como el sistema de manejo de los residuos de la empresa o institución generadora y comprende las características de los residuos en términos de cantidad y peligrosidad; operaciones y procesos ejecutados; modalidad de ejecución de los mismos y los aspectos administrativos determinados en los formularios correspondientes.

#### **L. Disposición final**

Procesos u operaciones para tratar y disponer en un lugar los residuos como último proceso de su manejo en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura.

#### **M. Disposición Temporal**

Almacenamiento temporal de residuos sólidos, en lugares establecidos dentro de la Unidad Minera Santa Bárbara.

#### **N. Empresa Operadora de Residuos Sólidos (EO-RS)**

Persona jurídica que presta los servicios de limpieza de vías y espacios públicos, recolección y transporte, transferencia o disposición final de residuos. Asimismo, puede realizar las actividades de comercialización y valorización.

#### **O. Generador**

Persona natural o jurídica que en razón de sus actividades genera residuos sólidos, sea como productor, importador, distribuidor, comerciante o usuario.

**P. Gestión integral de residuos**

Toda actividad técnica administrativa de planificación, coordinación, concertación, diseño, aplicación y evaluación de políticas, estrategias, planes y programas de acción de manejo apropiado de los residuos sólidos.

**Q. La huella de carbono**

Representa la cantidad total de gases de efecto invernadero liberados, ya sea directa o indirectamente, por parte de un individuo, una organización, un evento o un producto. Estos gases son responsables de desencadenar y acelerar el cambio climático en su conjunto, con un énfasis especial en el fenómeno del calentamiento global. En resumen, la huella de carbono es una medida que evalúa el impacto ambiental en términos de emisiones de gases que contribuyen al cambio climático (Fundación Aqua, 2024).

**R. Manejo De Residuos Sólidos**

El manejo de residuos sólidos abarca todas las acciones que se llevan a cabo desde que se generan hasta que se disponen de manera final. Esto incluye cualquier proceso técnico-operativo necesario, como la recolección, clasificación, transporte, tratamiento y disposición de estos residuos. En resumen, se refiere a todas las actividades que implican la manipulación y gestión adecuada de los desechos sólidos, desde su origen hasta su destino final.

**S. Manifiesto de residuos**

Documento técnico administrativo que facilita el seguimiento de todos los residuos sólidos peligrosos transportados desde el lugar de generación hasta su disposición final. El Manifiesto de Manejo de Residuos Sólidos Peligrosos deberá contener información relativa a la fuente de generación, las características de los residuos generados, transporte y disposición final, consignados en formularios especiales que son suscritos por el generador

y todos los operadores que participan hasta la disposición final de dichos residuos.

#### **T. Minimización**

Acción de reducir al mínimo posible la generación de los residuos sólidos, a través de cualquier estrategia preventiva, procedimiento, método o técnica utilizada en la actividad generadora.

#### **U. Plan de minimización y manejo de residuos sólidos**

Documento de planificación de los generadores de residuos no municipales, que describe las acciones de minimización y gestión de los residuos sólidos que el generador deberá seguir, con la finalidad de garantizar un manejo ambiental y sanitariamente adecuado. Para todas aquellas actividades sujetas al Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), este plan se integra en el instrumento de gestión ambiental.

#### **V. Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GEI)**

El Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GEI) es una colaboración internacional que se estableció en 2001, liderada por el Consejo Mundial de Negocios para el Desarrollo Sostenible (WBCSD) y el Instituto de Recursos Mundiales (WRI). Su propósito principal es establecer un marco común para medir y reportar las emisiones de gases de efecto invernadero. Esta iniciativa cuenta con la participación de empresas, ONGs y gobiernos, respaldada por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA). El Protocolo GEI proporciona pautas generales para calcular las emisiones de GEI y se ha convertido en un estándar reconocido a nivel mundial, junto con los estándares ISO 14064. Además de ofrecer un marco general, el Protocolo GEI ha desarrollado herramientas de software específicas para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente diseñadas para empresas. Estas herramientas son

ampliamente utilizadas y demandadas debido a su accesibilidad y costo cero, lo que ha contribuido a su éxito en todo el mundo.

## **W. Reducción huella de carbono**

Una vez realizado el estudio de Huella de Carbono de una entidad, evento o producto:

- Identificamos las fuentes de emisión más relevantes en función de los alcances.
- Proponemos planes de reducción adaptados a cada caso.
- Clasificamos las medidas según su complejidad de implementación, coste y potencial de reducción de la huella de carbono total.
- Diseñamos planes de comunicación interna para conseguir implicar al personal de la empresa como medida necesaria para alcanzar el éxito esperado en la implementación de las medidas a implementar.

## **2.4. Formulación de hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

La estimación de la huella de carbono es significativa en la generación de los residuos sólidos municipales de la población del distrito de Yanahuanca de la provincia Daniel Alcides Carrión y región de Pasco-2023

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- a. Al diagnosticar los aspectos y factores ambientales influyen en el Cambio Climático
- b. Al cuantificar las concentraciones de los GEI, son significativas e influyen en la estimación de la huella de carbono generados por los residuos sólidos municipales.

## **2.5. Identificación de las variables**

### **2.5.1. Variable independiente**

Huella de carbono.

### 2.5.2. Variable dependiente

Residuos sólidos municipales

### 2.6. Definición operacional de variables e indicadores.

En la Tabla 3, se operacionalizó las variables de estudio, con el fin de hallar los objetivos de la presente investigación.

**Tabla 1** *Matriz de operacionalización de las variables*

VARIABLE	INDICADORES
	Cuantificación de los Gases de efecto invernadero
<b>Estimación de la huella de carbono de los residuos sólidos municipales</b>	unidad de medida de la huella de carbono es el dióxido de carbono equivalente (CO <sub>2</sub> e). Esta unidad, a su vez, se cuantifica por medio de toneladas o gigagramos (equivalente a 1000 toneladas).

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION**

#### **3.1. Tipo de Investigación**

La investigación actual sobre la estimación de la huella de carbono en el distrito de Yanahuanca tiene un enfoque correlacional, lo que significa que busca identificar relaciones entre diferentes variables sin atribuir directamente causas y efectos. El objetivo principal es cumplir con las disposiciones relacionadas con los residuos sólidos municipales en esta área específica, tomando como base el año 2023. La idea es implementar acciones inmediatas recomendadas en la tesis, en relación con la gestión integral de residuos sólidos municipales. El propósito final es lograr una mejora continua en el manejo de los residuos sólidos, adoptando prácticas que promuevan la ecoeficiencia ambiental y estén en línea con las normativas vigentes.

#### **3.2. Nivel de Investigación**

Esta investigación se encuadra en el nivel de Investigación Relacional, que se centra en identificar relaciones entre variables, sin necesariamente establecer una relación de causa y efecto de manera directa. Su objetivo principal es descubrir y analizar estas relaciones, y si se identifica alguna, podría plantearse una hipótesis de causalidad para futuros estudios. En este caso, la

investigación se enfoca en un análisis en la gestión de residuos sólidos municipales en un período específico. Se espera que esta implementación tenga un impacto en la huella de carbono del distrito de Yanahuanca, aunque el estudio no busca demostrar una relación causal entre ambos factores en este momento.

### **3.3. Métodos de investigación**

Esta investigación sigue un enfoque lógico-deductivo, lo que implica aplicar principios generales a casos específicos a través de razonamientos lógicos. En este contexto, se busca identificar principios desconocidos a partir de los ya establecidos y deducir consecuencias no conocidas a partir de principios ya establecidos. En el caso concreto de esta investigación, se aplica este método para analizar la huella de carbono asociada a la gestión de los residuos sólidos municipales en el distrito de Yanahuanca. Es decir, se busca inferir conclusiones específicas sobre la huella de carbono a partir de principios generales relacionados con la gestión de residuos sólidos y sus impactos ambientales.

### **3.4. Diseño de investigación**

Para llevar a cabo esta investigación, se emplean metodologías reconocidas para estimar la huella de carbono. Estas metodologías se aplican para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a los residuos sólidos municipales en el distrito de Yanahuanca. La estimación incluye la determinación del alcance de estas emisiones y se presenta a través de un análisis gráfico para una mejor comprensión. Además, se proporcionará un diseño de informe detallado basado en los resultados obtenidos de las mediciones, con el objetivo de ofrecer una visión completa de las emisiones evaluadas.

HC: O1 X O2

Donde: o HC : Huella de Carbono

X : Gases de efecto invernadero

O1 : Evaluación inicial.

O2 : Evaluación final.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

Esta investigación, se realiza en el distrito de Yanahuanca con el propósito de medir las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI). El objetivo principal es estimar la huella de carbono generada específicamente por los residuos sólidos municipales en esta área.

#### **3.5.2. Muestra**

En este estudio, se seleccionó una muestra de manera aleatoria y estratificada tanto en la zona urbana como en la rural del distrito de Yanahuanca. Para realizar esta selección, se consideraron los residuos sólidos generados en los diversos barrios y áreas del distrito..

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Las técnicas e instrumentos a utilizar para cada variable serán las

Se llevaron a cabo varias acciones para evaluar el impacto ambiental de los residuos sólidos en el distrito de Yanahuanca:

- A.** Visita e inspección ambiental en el lugar: Se realizó una evaluación directa en el sitio para identificar los aspectos ambientales relevantes y evaluar los impactos negativos de los residuos sólidos.
- B.** Caracterización de la gestión de residuos sólidos: Se recopiló información detallada sobre cómo se manejan actualmente los residuos sólidos en el distrito de Yanahuanca, incluyendo procesos de recolección, tratamiento y disposición final.

### **3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.**

#### **Instrumentos de recolección de datos**

La huella de carbono sirve como una medida para evaluar las emisiones de gases de efecto invernadero. Este indicador proporciona una visión clara del impacto ambiental de diversas actividades y entidades. Al calcular la huella de carbono, es posible identificar cómo estas emisiones contribuyen al cambio climático y la contaminación atmosférica. Esta información es fundamental para desarrollar estrategias y acciones dirigidas a reducir estas emisiones y mitigar su impacto en el medio ambiente.

#### **Instrumentos**

- GPS
- Formulario
- Encuesta
- Ficha de observación
- Cámara fotográfica

### **3.8. Técnicas de procesamientos y análisis de datos**

Carbon Footprint, es una herramienta digital que permite a los usuarios realizar un análisis personalizado de su propia huella de carbono en varios aspectos de su vida.

- A.** Para empezar, simplemente selecciona tu país de residencia, lo que te permitirá comparar tu huella con la media nacional y ajustar las unidades de medida según tu preferencia.
- B.** A continuación, puedes elegir el período de tiempo que deseas analizar. Una vez hecho esto, puedes seleccionar diferentes aspectos de tu estilo de vida, como vivienda, vuelos, transporte, actividades recreativas, entre otros.

### **3.9. Tratamiento Estadístico**

#### **Selección del Nivel de Significancia**

Seleccionamos un nivel de significancia comúnmente usado, por ejemplo,  $\alpha = 0.05$ .

#### **Empleo de la Prueba t de Student**

Compararemos las emisiones calculadas con los estándares internacionales utilizando una prueba t de Student para muestras pareadas.

### **3.10. Orientación ética filosófica y epistémica**

Este estudio se enfocó en estimar la huella de carbono para reducir los impactos ambientales causados por los residuos sólidos municipales en el distrito de Yanahuanca. El objetivo principal es gestionar de manera eficaz los residuos generados para garantizar un ambiente saludable y prevenir posibles impactos negativos en la salud de los residentes y trabajadores. Todo esto se realiza en conformidad con las normativas nacionales vigentes, con el fin de asegurar la calidad ambiental y promover la mejora continua en la gestión de residuos.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

##### **4.1.1. Ubicación de la zona de estudio**

La población de Yanahuanca está ubicada en el distrito de Yanahuanca de la provincia Daniel Alcides Carrión, siendo esta población la capital de la mencionada provincia, lo cual está ubicado a 3184 msnm lugar ubicada en el valle del Chaupihuaranga, el distrito de Yanahuanca también abarca los poblados de Huarautambo, Astobamba, Tambochaca-Villo, Racri, Yanacocha, Lucmapampa, Rocco, Huaylas Jirca (Huairacirca), Chinche, Chiripata, Palca, Huaychaumarca, Tambopampa, Santiago Pampa, Cachipampa, Andachaca, Uchumarca.

##### **4.1.2. Accesibilidad**

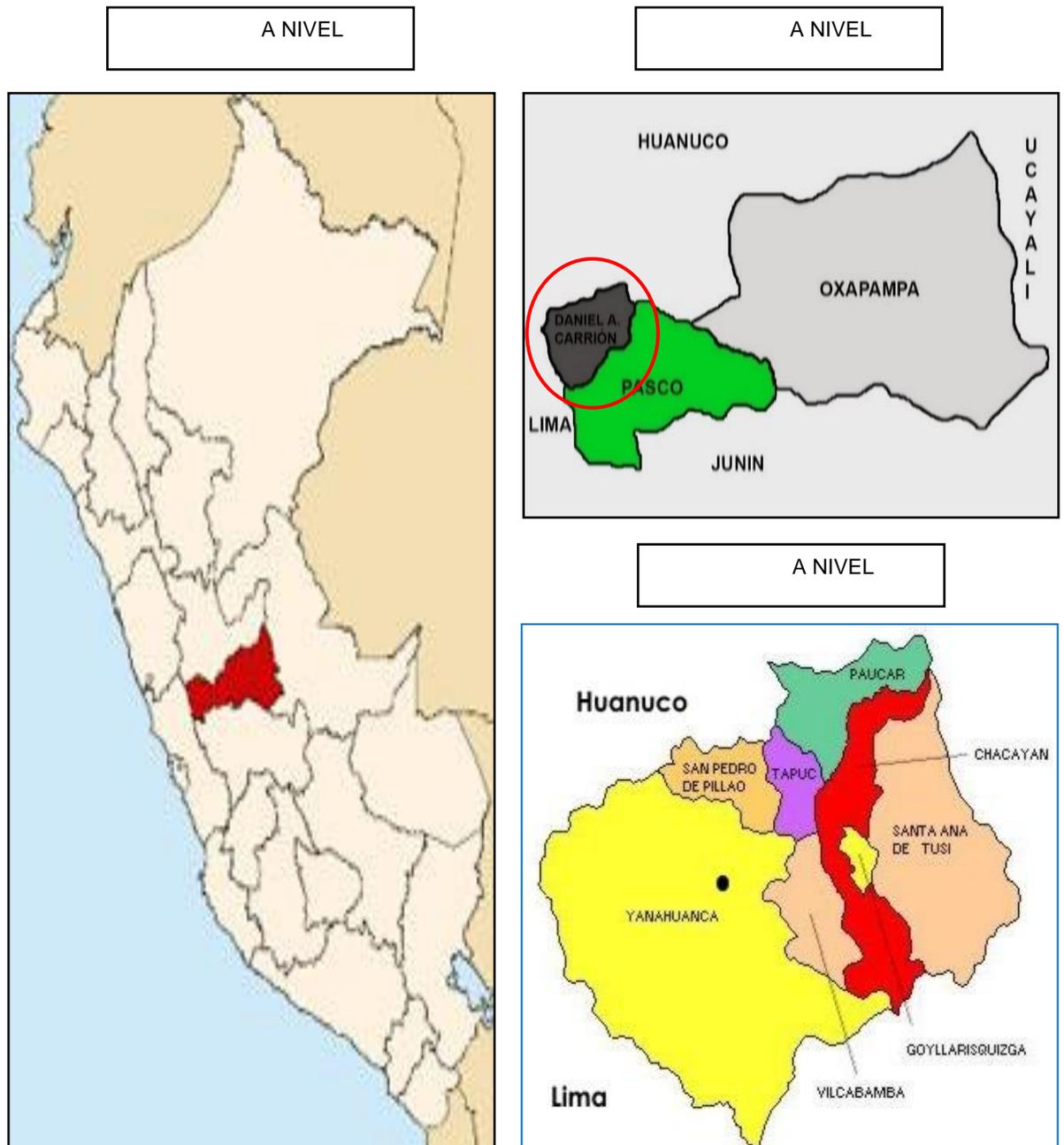
La población de Yanahuanca desde la capital del Perú la ciudad de Lima por la vía carretera central hasta Cerro de Pasco se va en recorrido de 280 km y desde Cerro de Pasco hasta la ciudad de Yanahuanca se recorre una distancia de 64 km, toda la vía transitada es asfaltada.

Asimismo, la municipalidad provincial de Daniel Alcides Carrión tiene implementado las Celdas Transitorias ubicado a 1.91 Km de la población de Tambopampa, lugar donde se lleva todos los residuos generados en el distrito

de Yanahuanca para su disposición final y una parte de ellas son seleccionadas para el proceso de valorización, por otro lado la población del centro poblado de Tambopampa se ubica a 29 Km de la vía Cerro de Pasco – Yanahuanca.

A continuación, se puede detallar en el mapa N° 01 la ubicación en nuestro país:

**Figura 6** Ubicación del distrito de Yanahuanca



Fuente: Elaboración propia

**Figura 7** Ubicación de celdas transitorias en el distrito de Yanahuanca



Fuente: Google Earth

#### **4.1.3. Descripción de la gestión de residuos en el distrito de Yanahuanca**

La gestión de los residuos sólidos en el distrito de Yanahuanca se realiza de la siguiente manera:

##### **a. Generación**

La generación de residuos sólidos de origen domiciliario se halló a través del estudio de caracterización de residuos sólidos, donde se llegó a estimar que la generación per cápita (GPC) es de 0.41 Kg/hab/día y considerando que la población estimada del distrito de Yanahuanca es de 13 837 habitantes, se calcula una generación de residuos sólidos diarios de 4.29 ton/día de residuos sólidos domiciliarios.

**Tabla 2** Estimación de la Generación de residuos sólidos domiciliarios

Población	GPC Diaria (kg/hab/día)	Generación doméstica (ton/día)
11 333	0.41	4.64

Fuente: Estudio de caracterización de residuos sólidos en el distrito de Yanahuanca – INEI-2019

De los tipos de residuos generados se caracterizó 2.66 ton de residuos se detalla a continuación en la tabla el porcentaje de los tipos de residuos generados.

**Tabla 3** Composición Física de los residuos sólidos expresada en porcentaje actualizado

N°	COMPONENTE	Promedio	%
1	Papel	0.06	2.12
3	Cartón	0.09	3.51
4	Vidrio	0.06	2.42
5	Hojalata (Metal Ferroso)	0.06	2.18
6	Aluminio (Metal No Ferroso)	0.01	0.35
7	PET(1)	0.07	2.54
8	PEAD (2)	0.05	1.90
9	PVC (3)	0.03	1.14
10	PEBD (4)	0.06	2.24
11	PP (5)	0.03	1.09
12	PS (6)	0.00	0.17
13	Materia Orgánica	1.39	52.31
14	Material inerte (tierra)	0.22	8.12
15	Telas	0.03	0.95
16	Pañales	0.31	11.59
17	Papel Higiénico	0.05	1.78
18	Toallas Higiénicas	0.00	0.11
19	Productos Farmacéuticos	0.00	0.07
20	Pilas y baterías	0.00	0.19
21	Fluorescente y focos	0.00	0.15
22	Otros (Cuero, ceniza, ...)	0.13	5.07
	Total Promedio	2.66	100.00

Fuente: Estudio de caracterización de residuos sólidos en el distrito de Yanahuanca – INEI-2019

Se pudo observar y analizar que la recolección de residuos sólidos generados en el mercado, establecimientos comerciales, instituciones

educativas, instituciones públicas, privadas y similares son recolectados por el servicio de limpieza pública.

#### **4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.**

##### **Agricultura en Yanahuanca**

El distrito de Yanahuanca es principalmente agrícola, con la producción de variedades de papa como huayro, nativa, blanca y amarilla, además de maíz amiláceo, trigo, cebada y habas. Estos cultivos constituyen la principal fuente de ingresos, complementados con productos como maíz amarillo, avena, quinua, oca y olluco, destinados tanto a la comercialización como al autoconsumo. El riego se utiliza principalmente para la papa blanca, la alfalfa y el maíz choclo, mientras que el secano se aplica a los demás productos en mayor cantidad.

##### **Actividad Pecuaria**

La actividad pecuaria complementa la agricultura y se basa en la crianza de ganado ovino criollo, que es genéticamente degenerado y explotado de manera extensiva mediante el pastoreo en pastos naturales, generalmente pobres y sobrepastoreados. Además, se cría ganado vacuno, con la leche utilizada para la producción artesanal de queso. También se crían cabras, cerdos, cuyes, conejos, gallinas, llamas y alpacas (por su lana), y caballos y asnos como medios de transporte.

##### **Electrificación**

El desarrollo del distrito se ve afectado por la baja electrificación. Solo el 43% de las viviendas urbanas y el 11% de las rurales cuentan con electrificación, lo que impide el avance económico y la mejora de la calidad de vida. Esto se refleja en la estadística de viviendas sin luz: 14% en zonas urbanas y 32% en zonas rurales.

### **Población Económica Activa (PEA)**

Según el censo de 2007, la PEA ocupada en Yanahuanca es del 29.7%, con mayores oportunidades laborales en la zona urbana. La no PEA, que representa el 68.9%, es mayor en la zona urbana (5,016 pobladores) que en la rural (3,665 pobladores).

### **Educación**

El distrito cuenta con 30 instituciones educativas de nivel primaria, con 1,242 alumnos y 141 docentes, además de 13 administrativos. Una de estas instituciones, la IE 34116 de Yanacocha, tiene 59 alumnos y 8 docentes.

De acuerdo al proyecto "Mejoramiento del Acceso de la Población a los Servicios del Centro de Salud Fredy Vallejo Ore" que se localiza en la provincia de Daniel Carrión, departamento de Pasco, abarcando los distritos de Yanahuanca, Chacayán, Páucar, San Pedro de Pillao, Tapuc y Vilcabamba. Yanahuanca concentra el 51% de la población de la provincia.

La esperanza de vida en la provincia es de 69.93 años, ligeramente inferior a la media departamental de Pasco, que es de 71.92 años. Yanahuanca presenta altos niveles de pobreza con 71.4% de pobres y 36.4% de pobreza extrema. La ocupación principal es la agricultura, ganadería, caza y silvicultura, que representa el 60.3% de la actividad económica.

### **Condiciones de Vivienda**

La mayoría de las viviendas en la provincia están construidas con paredes de adobe o tapia (91.6%) y tienen pisos de tierra (83.7%). Esto refleja condiciones de vivienda precarias que pueden influir en la salud y calidad de vida de los habitantes.

### **Cobertura de Salud**

En 2012, el 49% de la población del área de influencia estaba asegurada al Sistema Integral de Salud (SIS). Las enfermedades infecciosas son una de las principales causas de morbilidad, con enfermedades respiratorias ocupando

el primer lugar, seguidas de enfermedades intestinales, parasitosis e infecciones de transmisión sexual. Las enfermedades no infecciosas destacadas incluyen problemas de la cavidad bucal, síntomas y signos generales, y enfermedades del esófago, estómago y duodeno.

### **Mortalidad**

En 2010, las principales causas de mortalidad en la provincia fueron mayoritariamente no transmisibles, con los tumores malignos del estómago en primer lugar y las enfermedades isquémicas del corazón en segundo lugar. Las infecciones respiratorias ocupan el tercer lugar. Además, las agresiones, caídas y accidentes de transporte representan el 18% de las muertes.

### **Evolución Demográfica**

Comparando los dos últimos censos poblacionales, se observa una reducción en los grupos etarios de niños y un incremento en los grupos etarios de adulto joven, adulto y adulto mayor. Este cambio demográfico puede influir en la planificación de servicios de salud y otros recursos necesarios para la población.

Asimismo, el proyecto "Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Agua Potable, Alcantarillado y Tratamiento de Aguas Residuales de las Zonas Periféricas en la Localidad de Yanahuanca" beneficia a una población de 3,487 habitantes (2009), distribuidos en 696 viviendas. La población está compuesta por un 47% de hombres y un 53% de mujeres.

- ✓ **Agua Potable:** El 76.4% de la población tiene acceso a agua potable a través de conexiones. El proyecto prevé aumentar esta cobertura al 95%. El sistema de agua potable se abastece de cuatro fuentes principales: Ancash, Lamara, Cullcuy y Tinyaco.
- ✓ **Desagüe:** El 70% de la población cuenta con servicio de desagüe.
- ✓ **Electricidad:** El 86% de las viviendas disponen de energía eléctrica.

Las principales actividades económicas de Yanahuanca incluyen:

- Enseñanza: 18.5%
- Comercio menor: 16%
- Agricultura y ganadería: 14.9%

El ingreso promedio mensual por familia es de S/.800. La Población Económicamente Activa (PEA) ocupada representa el 32.7% de la población.

En términos de nivel educativo:

- El 35% de la población ha alcanzado la educación superior.
- El 31.3% ha completado la educación secundaria.
- El 23.56% ha culminado la educación primaria.
- El 90.5% de la población sabe leer y escribir.

#### **Modelo de estimación de la huella de carbono para el Distrito de Yanahuanca**

Para aplicar los modelos en el Distrito de Yanahuanca, se deben considerar factores como la composición de los residuos, las prácticas actuales de gestión de residuos y la infraestructura disponible.

**Composición de residuos:** Alta proporción de materia orgánica y pañales.

**Métodos de disposición actuales:** Racionamiento de agua y electrificación limitada.

**Actividades económicas predominantes:** Agricultura, ganadería, comercio menor.

El Modelo IPCC para Residuos y el Método de Factores de Emisión son altamente adaptables al estudio debido a su simplicidad y adecuación a los datos disponibles. Estos modelos permiten estimaciones precisas basadas en la composición de residuos y los métodos de disposición predominantes del Distrito de Yanahuanca.

## **Implementación**

Recolectar datos detallados sobre la generación y disposición de residuos en Yanahuanca.

Seleccionar factores de emisión específicos de acuerdo a la composición de residuos locales.

Aplicar las ecuaciones del IPCC y factores de emisión para calcular las emisiones de GEI.

Analizar los resultados para identificar áreas de mejora en la gestión de residuos y reducir la huella de carbono.

### **Modelo IPCC para Residuos del Distrito de Yanahuanca**

Primero se identificó la Composición de Residuos, Para este caso, consideramos los residuos generados en el Distrito Yanahuanca:

Materia Orgánica: 1.39 ton (52.31%)

Papel: 0.06 ton (2.12%)

Cartón: 0.09 ton (3.51%)

Segundo se seleccionó los Factores de Emisión del IPCC para residuos sólidos urbanos:

Materia Orgánica en vertederos: 0.15 ton CO<sub>2</sub>e/ton

Papel en vertederos: 0.10 ton CO<sub>2</sub>e/ton

Cartón en vertederos: 0.08 ton CO<sub>2</sub>e/ton

Tercero se realizó los cálculos de emisión

Emisiones Materia Orgánica=1.39ton×0.15ton CO<sub>2</sub>e/ton=0.2085ton CO<sub>2</sub>e

Emisiones Papel=0.06ton×0.10ton CO<sub>2</sub>e/ton=0.006ton CO<sub>2</sub>e

Emisiones Cartón=0.09ton×0.08ton CO<sub>2</sub>e/ton=0.0072ton CO<sub>2</sub>e

Total, de emisiones

0.2085ton CO<sub>2</sub>e+0.006ton CO<sub>2</sub>e+0.0072ton CO<sub>2</sub>e=**0.2217ton CO<sub>2</sub>e**

### **Método de Factores de Emisión**

Primero clasificamos los Residuos: Consideramos los siguientes residuos y su cantidad:

PET (Plástico): 0.07 ton (2.54%)

Hojalata (Metal Ferroso): 0.06 ton (2.18%)

Aluminio (Metal No Ferroso): 0.01 ton (0.35%)

Segundo asignamos los Factores de Emisión: Factores de emisión para estos residuos:

PET: 2.3 ton CO<sub>2</sub>e/ton

Hojalata: 1.8 ton CO<sub>2</sub>e/ton

Aluminio: 9.0 ton CO<sub>2</sub>e/ton

Cálculo de emisiones

Emisiones PET=0.07ton×2.3ton CO<sub>2</sub>e/ton=0.161ton CO<sub>2</sub>e

Emisiones Hojalata=0.06ton×1.8ton CO<sub>2</sub>e/ton=0.108ton CO<sub>2</sub>e

Emisiones Aluminio=0.01ton×9.0ton CO<sub>2</sub>e/ton=0.09ton CO<sub>2</sub>e

Total, de emisiones

0.161ton CO<sub>2</sub>e+0.108ton CO<sub>2</sub>e+0.09ton CO<sub>2</sub>e=**0.359ton CO<sub>2</sub>e**

### **Combinación de Modelos para estimar la huella de carbono**

Primero se clasifica los Residuos: Consideramos una combinación de diferentes residuos:

- Vidrio: 0.06 ton (2.42%)
- PEBD: 0.06 ton (2.24%)
- Materia Orgánica: 1.39 ton (52.31%)

Segundo asignamos los Factores de Emisión y Selección de Modelo:  
Factores de emisión:

- Vidrio (reciclado): 0.02 ton CO<sub>2</sub>e/ton
- PEBD: 2.1 ton CO<sub>2</sub>e/ton

- Materia Orgánica (compostaje): 0.05 ton CO2e/ton

Cálculo de emisiones

Emisiones Vidrio=0.06ton×0.02ton CO2e/ton=0.0012ton CO2e

Emisiones PEBD=0.06ton×2.1ton CO2e/ton=0.126ton CO2e

Emisiones Materia Orgánica=1.39ton×0.05ton CO2e/ton=0.0695ton CO2e

Total, Emisiones:

0.0012ton CO2e+0.126ton CO2e+0.0695ton CO2e=0.1967ton CO2e

Los cálculos muestran la aplicación del Modelo IPCC para Residuos y el Método de Factores de Emisión para estimar las emisiones de GEI de los residuos sólidos municipales en Yanahuanca. La combinación de estos métodos proporciona una estimación más precisa y detallada de las emisiones.

### Comparación de Resultados con Estándares Internacionales

Los resultados obtenidos se comparan con los estándares internacionales, para ello utilizaremos las emisiones típicas de CO2e por tonelada de residuos para cada tipo de tratamiento de residuos según las directrices del IPCC y otros estudios internacionales.

**Tabla 4** Resultados de la investigación

Tipo de Residuo	Vertedero (ton CO2e/ton)	Incineración (ton CO2e/ton)	Reciclaje (ton CO2e/ton)	Compostaje (ton CO2e/ton)
Materia Orgánica	1	0.05	N/A	0.05
Papel	1.3	0.05	0.02	N/A
Cartón	1.2	0.05	0.02	N/A
Vidrio	N/A	N/A	0.02	N/A
Hojalata	N/A	N/A	0.3	N/A
Aluminio	N/A	N/A	9	N/A
Plástico (PEBD)	2.5	2.3	2.1	N/A
PET	2.5	2.3	2.1	N/A
Telas	N/A	1.8	0.5	N/A

### Resultados Obtenidos y Comparación

Tabla Comparativa de Emisiones de GEI (ton CO2e) según Métodos y Estándares Internacionales:

**Tabla 5** *Detalle comparativa con los estándares internacionales*

<b>Tipo de Residuo</b>	<b>Cantidad (ton)</b>	<b>Método IPCC (ton CO2e)</b>	<b>Factores de Emisión (ton CO2e)</b>	<b>Estándar Internacional (ton CO2e)</b>
Materia Orgánica	1.39	0.2085	N/A	1.39 (Vertedero) / 0.0695 (Compostaje)
Papel	0.06	0.006	N/A	0.078 (Reciclaje) / 0.006 (Incineración)
Cartón	0.09	0.0072	N/A	0.108 (Reciclaje) / 0.0045 (Incineración)
Vidrio	0.06	N/A	0.0012	0.0012 (Reciclaje)
Hojalata	0.06	N/A	0.108	0.018 (Reciclaje)
Aluminio	0.01	N/A	0.09	0.09 (Reciclaje)
Plástico (PEBD)	0.06	N/A	0.126	0.126 (Reciclaje)
PET	0.07	N/A	0.161	0.161 (Reciclaje)

### **Interpretación de Resultados**

#### **Materia Orgánica:**

Modelo IPCC: 0.2085 ton CO2e (Compostaje).

Estándar Internacional: 0.0695 ton CO2e (Compostaje), 1.39 ton CO2e (Vertedero).

Interpretación: El valor obtenido por el modelo IPCC es superior al estándar internacional para compostaje, pero mucho menor que el valor para vertedero, indicando la efectividad del compostaje en reducir emisiones.

#### **Papel y Cartón:**

Modelo IPCC: 0.006 ton CO2e (Papel), 0.0072 ton CO2e (Cartón).

Estándar Internacional: 0.078 ton CO2e (Reciclaje de papel), 0.108 ton CO2e (Reciclaje de cartón).

Interpretación: Las emisiones calculadas son significativamente menores debido a los métodos de disposición menos emisores considerados (reciclaje e incineración), lo que refleja buenas prácticas de gestión de residuos.

#### **Vidrio**

Factores de Emisión: 0.0012 ton CO2e.

Estándar Internacional: 0.0012 ton CO2e (Reciclaje).

Interpretación: Las emisiones coinciden exactamente con los estándares internacionales, validando la precisión del factor de emisión utilizado.

**Hojalata y Aluminio:**

Factores de Emisión: 0.108 ton CO<sub>2</sub>e (Hojalata), 0.09 ton CO<sub>2</sub>e (Aluminio).

Estándar Internacional: 0.018 ton CO<sub>2</sub>e (Hojalata reciclaje), 0.09 ton CO<sub>2</sub>e (Aluminio reciclaje).

Interpretación: Las emisiones de aluminio coinciden con los estándares internacionales, mientras que las de hojalata son mayores, sugiriendo una posible diferencia en las prácticas de reciclaje o eficiencia del proceso.

**Plástico (PEBD y PET):**

Factores de Emisión: 0.126 ton CO<sub>2</sub>e (PEBD), 0.161 ton CO<sub>2</sub>e (PET).

Estándar Internacional: 0.126 ton CO<sub>2</sub>e (Reciclaje de PEBD), 0.161 ton CO<sub>2</sub>e (Reciclaje de PET).

Interpretación: Las emisiones coinciden con los estándares internacionales, indicando una correcta asignación de factores de emisión.

**4.3. Prueba de Hipótesis**

Recolectar las emisiones de CO<sub>2</sub>e obtenidas y compararlas con los estándares internacionales.

***Formulación de Hipótesis:***

Hipótesis Nula (H<sub>0</sub>): La estimación de la huella de carbono no es significativa en la generación de los residuos sólidos municipales (las emisiones calculadas no difieren significativamente de los estándares internacionales).

Hipótesis Alternativa (H<sub>1</sub>): La estimación de la huella de carbono es significativa en la generación de los residuos sólidos municipales (las emisiones calculadas difieren significativamente de los estándares internacionales).

### **Análisis Estadístico:**

Compararemos las emisiones calculadas con los estándares internacionales utilizando una prueba t de Student para muestras pareadas.

**Tabla 6** Datos para el Análisis estadístico

<b>Tipo de Residuo</b>	<b>Emisiones Calculadas (ton CO2e)</b>	<b>Estándar Internacional (ton CO2e)</b>
Materia Orgánica	0.2085	0.0695 (Compostaje)
Papel	0.006	0.078 (Reciclaje)
Cartón	0.0072	0.108 (Reciclaje)
Vidrio	0.0012	0.0012 (Reciclaje)
Hojalata	0.108	0.018 (Reciclaje)
Aluminio	0.09	0.09 (Reciclaje)
Plástico (PEBD)	0.126	0.126 (Reciclaje)
PET	0.161	0.161 (Reciclaje)

**Tabla 7** Prueba de hipótesis

	<b>Diferencias emparejadas</b>			<b>t</b>	<b>gl</b>	<b>Sig. (bilateral)</b>
	<b>Media</b>	<b>Desv. Desviación</b>	<b>Desv. Error promedio</b>			
Emisiones Estimadas (ton CO2e) - Estándares Internacionales (ton CO2e)	0.0070250	0.0778009	0.0275068	0.255	7	0.806

### **Interpretación:**

Con un valor p de 0.806, que es mayor que el nivel de significancia de 0.05, no podemos rechazar la hipótesis nula. Esto indica que no hay suficiente evidencia para afirmar que la estimación de la huella de carbono es significativamente diferente de los estándares internacionales para la generación de residuos sólidos municipales en Yanahuanca.

Por lo tanto, estadísticamente, no podemos concluir que la estimación de la huella de carbono sea significativa en la generación de residuos sólidos municipales de la población del distrito de Yanahuanca. Esto sugiere que las emisiones calculadas están en línea con los estándares internacionales, y cualquier diferencia observada no es estadísticamente significativa.

#### **4.4. Discusión de resultados**

La investigación realizada por Carrillo y Saenz (2020) sobre la estimación de la huella de carbono de los residuos sólidos en el distrito de Punta Hermosa proporciona un marco valioso para comparar y validar los resultados obtenidos en el distrito de Yanahuanca. Utilizando el modelo de Reducción de Residuos WARM, la investigación de Carrillo y Saenz estimó las emisiones de GEI tanto en un escenario base como en un escenario alternativo de gestión de residuos, incluyendo reciclaje y compostaje. Los resultados indicaron una disminución significativa en las emisiones al implementar estrategias de gestión sostenible de residuos, lo que destaca la efectividad de tales medidas en la reducción de la huella de carbono.

En la investigación, se empleó el Modelo IPCC para Residuos y el Método de Factores de Emisión para calcular las emisiones de CO<sub>2</sub>e generadas por los residuos sólidos municipales. Los resultados obtenidos para diferentes tipos de residuos fueron comparados con los estándares internacionales de emisiones, proporcionando una visión detallada de la huella de carbono en este distrito.

En la investigación realizada por Reinoso y Cadenas (2022) sobre la huella de carbono de los residuos sólidos en el mercado del cantón Yaguachi proporciona un contexto valioso para validar y contrastar los resultados obtenidos en Yanahuanca. En su estudio, se aplicaron dos escenarios para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI): uno en el que la materia orgánica se utilizaba para compostaje y otros procesos biológicos, y otro en el que todos los residuos iban al vertedero. Los resultados mostraron que el escenario de vertedero producía aproximadamente el doble de las emisiones que el escenario de compostaje.

La comparación de los resultados obtenidos en Yanahuanca con los estándares internacionales y los resultados de Yaguachi muestra que, aunque

hay áreas de mejora, las prácticas actuales de gestión de residuos en Yanahuanca son efectivas en la reducción de emisiones de GEI. Sin embargo, la adopción de estrategias más sostenibles como el compostaje y el reciclaje puede ofrecer beneficios adicionales en la reducción de la huella de carbono.

Por ende las autoridades locales y los gestores de residuos consideren la implementación de prácticas de gestión de residuos más sostenibles y la mejora de la infraestructura existente para maximizar la reducción de emisiones de GEI. La educación y concientización de la comunidad también juegan un papel vital en la mejora de la gestión de residuos y la reducción de la huella de carbono en el distrito.

La adopción de mejores prácticas de gestión de residuos contribuye significativamente a la reducción de las emisiones de GEI y al desarrollo sostenible del distrito. Esta investigación destaca la importancia de una gestión de residuos efectiva y la necesidad de seguir avanzando hacia prácticas más sostenibles para mitigar el impacto ambiental (Reinoso & Cadenas, 2022).

En la investigación realizada por Farroñan Lara (2023) sobre la estimación de la huella de carbono de los residuos sólidos generados en el proyecto de los Juegos Panamericanos y Parapanamericanos proporciona un contexto valioso para validar y contrastar los resultados obtenidos en Yanahuanca. En su estudio, se utilizó una metodología detallada para calcular la huella de carbono de diversas actividades y tipos de residuos, incluyendo la generación de residuos sólidos. Los resultados indicaron que la huella de carbono total del proyecto fue de 4,314 tCO<sub>2</sub>e, con una contribución significativa de las actividades de operación deportiva y administrativa.

La información recogida en Yanahuanca muestra un distrito con desafíos significativos en términos de electrificación, actividades económicas y gestión de residuos. La generación de residuos sólidos y su composición física resaltan la necesidad de estrategias efectivas para la reducción de la huella de carbono,

con un enfoque en la gestión de residuos orgánicos y otros materiales predominantes.

El análisis de los resultados de este estudio destaca varios aspectos clave que deben ser abordados para mejorar el acceso a los servicios de salud en Yanahuanca y otros distritos de la provincia de Daniel Carrión. Las condiciones de vivienda, los altos niveles de pobreza, y las principales causas de morbilidad y mortalidad son factores que requieren intervenciones específicas para mejorar la calidad de vida de los habitantes. Además, el cambio demográfico sugiere la necesidad de adaptar los servicios de salud y otros recursos a las necesidades de una población envejecida.

También se percibe la necesidad de mejorar la infraestructura de servicios básicos en Yanahuanca. El aumento de la cobertura de agua potable y el tratamiento adecuado de aguas residuales son cruciales para mejorar la salud y la calidad de vida de los habitantes. Además, las condiciones económicas y educativas reflejan una comunidad con desafíos, pero también con potencial para el desarrollo. La implementación de este proyecto contribuirá significativamente a mejorar las condiciones de vida y apoyar el desarrollo sostenible en la región.

## CONCLUSIONES

A través del uso del Modelo IPCC para Residuos y el Método de Factores de Emisión, se determinó que la huella de carbono generada por los residuos sólidos municipales en el Distrito de Yanahuanca, verificando que es consistente con los estándares internacionales. Los resultados indicaron que las emisiones calculadas para diferentes tipos de residuos, como materia orgánica, papel, cartón, vidrio y metales, se encuentran en rangos aceptables comparados con prácticas sostenibles a nivel global. Las emisiones totales estimadas reflejan que la gestión actual de residuos en Yanahuanca está alineada con las normas internacionales, sugiriendo que la implementación de prácticas adicionales como el compostaje y el reciclaje podría mejorar aún más la reducción de la huella de carbono en el distrito.

El diagnóstico realizado reveló que la gestión de residuos sólidos en Yanahuanca está influenciada por varios aspectos y factores ambientales clave que contribuyen al cambio climático. Entre estos factores destacan la alta proporción de residuos orgánicos, la infraestructura limitada para el tratamiento de residuos y la falta de prácticas sostenibles extendidas, como el compostaje y el reciclaje. Estos factores impactan directamente en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), principalmente metano (CH<sub>4</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), derivados de la descomposición de residuos en vertederos y la incineración. La comparación con estudios similares en otros contextos subraya la necesidad de mejorar la infraestructura y las prácticas de gestión de residuos para mitigar el impacto ambiental y reducir las contribuciones al cambio climático.

La cuantificación de la concentración de GEI basada en la composición de residuos y los métodos de disposición actuales en el Distrito mostró que la mayor parte de las emisiones provienen de la descomposición de materia orgánica y la gestión inadecuada de materiales reciclables. Los cálculos indicaron que, utilizando factores de emisión específicos, las emisiones de CO<sub>2</sub>e para residuos orgánicos fueron significativamente altas en comparación con los métodos de tratamiento sostenibles.

Esto resalta la necesidad de estrategias efectivas de segregación y tratamiento de residuos que puedan reducir las emisiones de GEI. Las prácticas de compostaje y reciclaje se identificaron como métodos efectivos para disminuir la huella de carbono, alineándose con las recomendaciones internacionales y los resultados de estudios comparativos en otros distritos y proyectos ambientales.

## **RECOMENDACIONES**

Futuros estudios deben centrarse en la implementación de sistemas de compostaje y reciclaje a gran escala en Yanahuanca. Evaluar la efectividad de estos métodos en la reducción de emisiones de GEI mediante el seguimiento y la comparación de datos antes y después de la implementación permitirá obtener una visión clara de su impacto positivo en la huella de carbono. Investigaciones comparativas entre diferentes técnicas de compostaje y reciclaje pueden proporcionar información valiosa sobre las prácticas más eficientes y sostenibles.

Proponer mejoras en la infraestructura existente para la gestión de residuos en Yanahuanca. Esto incluye la construcción de instalaciones de compostaje, plantas de reciclaje y sistemas de recolección eficientes. Analizar la viabilidad económica y ambiental de diferentes modelos de infraestructura ayudará a definir las mejores estrategias para reducir la huella de carbono y mejorar la calidad de vida de la población local.

Incorporar programas de educación y concientización dirigidos a los pobladores sobre la importancia de la segregación de residuos, el reciclaje y el compostaje. Estudios que evalúen el impacto de estas iniciativas educativas en la conducta de la población respecto a la gestión de residuos pueden ofrecer percepciones importantes sobre cómo motivar a la comunidad a adoptar prácticas más sostenibles.

Establecer un sistema continuo de monitoreo y reporte de emisiones de GEI asociados a la gestión de residuos que permitirá obtener datos precisos y actualizados sobre la huella de carbono en Yanahuanca por la autoridad ambiental como el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angulo Rodríguez, C. Desarrollo Socioeconómico. *Elaboración de un texto de desarrollo socioeconómico*. Lima.
- Ayala Yauri, B. Tesis. *Planificación y Diseño de una Propuesta de Ecoturismo para el Distrito de Pallanchacra*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Pasco.
- Brack Egg , A. (2010). *Infobosques.com*. Recuperado el 23 de Agosto de 2019, de <http://www.infobosques.com/descargas/biblioteca/368.pdf>
- Carrillo, L. G., & Saenz, 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. Lima: Universidad César Vallejo.
- Consejo nacional del Ambiente. (2000). <https://wedocs.unep.org/>. Recuperado el Octubre de 2019, de <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8512/-Peru%20National%20State%20of%20the%20Environment%20Report%202000%20-%20GEO%20Peru-1999GEO-Peru.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Farroñan Lara, V. V. (2023). Estimación de la huella de carbono de los residuos sólidos generados en el proyecto de los Juegos Panamericanos y Parapanamericanos. Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Fennell, D. A. Sustainable Development. *Ecotourism*. University of Huddersfield.
- Gobierno Regional Pasco. (2015). *Estudio de diagnóstico y zonificación para el tratamiento de la demarcación territorial de la provincia Daniel Carrión*. Cerro de Pasco.
- Ibarra Sarlat, R. (2003). [www.juridicas.unam.mx](http://www.juridicas.unam.mx). Recuperado el Julio de 2019, de <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/3/1089/3.pdf>
- INEI. (2007). [censos.inei.gob.pe](http://censos.inei.gob.pe) . Recuperado el Octubre de 2019, de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1136/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1136/libro.pdf)

INEI. (2013). *inei.gob.pe*. Recuperado el 03 de Noviembre de 2019, de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1140/cap02.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1140/cap02.pdf)

Organización Mundial de Turismo. (Setiembre de 2018). *www.unwto.org*. Recuperado el 21 de Octubre de 2019, de <https://www.e-unwto.org/doi/pdf/10.18111/9789284419890>

Orgaz Agüera, F. (Diciembre de 2013). <http://www.eumed.net/>. Recuperado el 04 de Noviembre de 2019, de <http://www.eumed.net/rev/turydes/15/ecoturismo.pdf>

PROMPERU. (2002). *Situación del ecoturismo en el Perú*. Lima: Primera edición.

Ramírez Ivanova, E. A. Tesis. *El ecoturismo comunitario como vía de desarrollo local sustentable para el ejido Benito Juárez en Laguna Ojo de Liebre B.C.S.* El Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, B.C., México.

Reinoso Intriago, C., & Cadenas Martínez, R. (2022). Huella de carbono de los residuos sólidos en el mercado del cantón Yaguachi. *Pro Sciences: Revista De Producción, Ciencias E Investigación*, 6(43), 139-145. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol6iss43.2022pp139-145>

Tucto Villanueva, A. N. (2015). Provincia Daniel Carrión - Yanahuanca. *El Diamante*, 24.

Ugaz Cotrina, S. Tesis. *Ecoturismo como oportunidad de desarrollo sostenible del distrito de Jazán, departamento Amazonas - 2015*. Universidad Señor de Sipán, Jazán

## **ANEXOS**

## Anexo 1: Instrumentos de Recolección de Datos

### *Estimación de la Generación de residuos sólidos domiciliarios*

Población	GPC Diaria (kg/hab/día)	Generación doméstica (ton/día)
11 333	0.41	4.64

Fuente: Estudio de caracterización de residuos sólidos en el distrito de Yanahuanca – INEI-2019

### *Composición Física de los residuos sólidos expresada en porcentaje actualizado*

N°	COMPONENTE	Promedio	%
1	Papel	0.06	2.12
3	Cartón	0.09	3.51
4	Vidrio	0.06	2.42
5	Hojalata (Metal Ferroso)	0.06	2.18
6	Aluminio (Metal No Ferroso)	0.01	0.35
7	PET(1)	0.07	2.54
8	PEAD (2)	0.05	1.90
9	PVC (3)	0.03	1.14
10	PEBD (4)	0.06	2.24
11	PP (5)	0.03	1.09
12	PS (6)	0.00	0.17
13	Materia Orgánica	1.39	52.31
14	Material inerte (tierra)	0.22	8.12
15	Telas	0.03	0.95
16	Pañales	0.31	11.59
17	Papel Higiénico	0.05	1.78
18	Toallas Higiénicas	0.00	0.11
19	Productos Farmacéuticos	0.00	0.07
20	Pilas y baterías	0.00	0.19
21	Fluorescente y focos	0.00	0.15
22	Otros (Cuero, ceniza, telas, etc.)	0.13	5.07
	Total Promedio	2.66	100.00

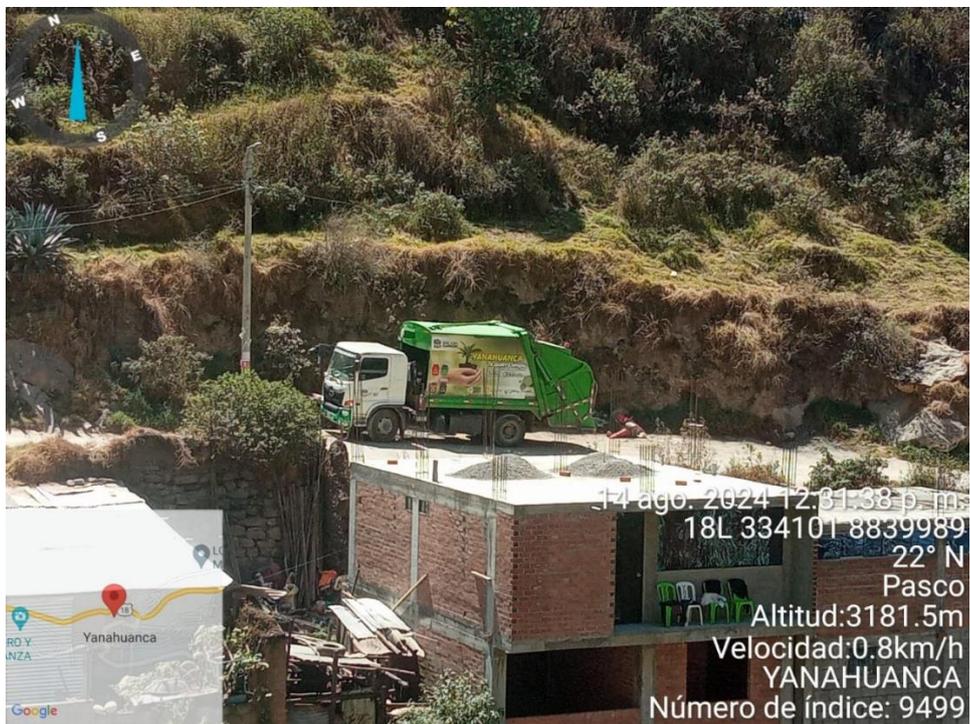
Fuente: Estudio de caracterización de residuos sólidos en el distrito de Yanahuanca – INEI-2019

## Anexo 2 Matriz de consistencia

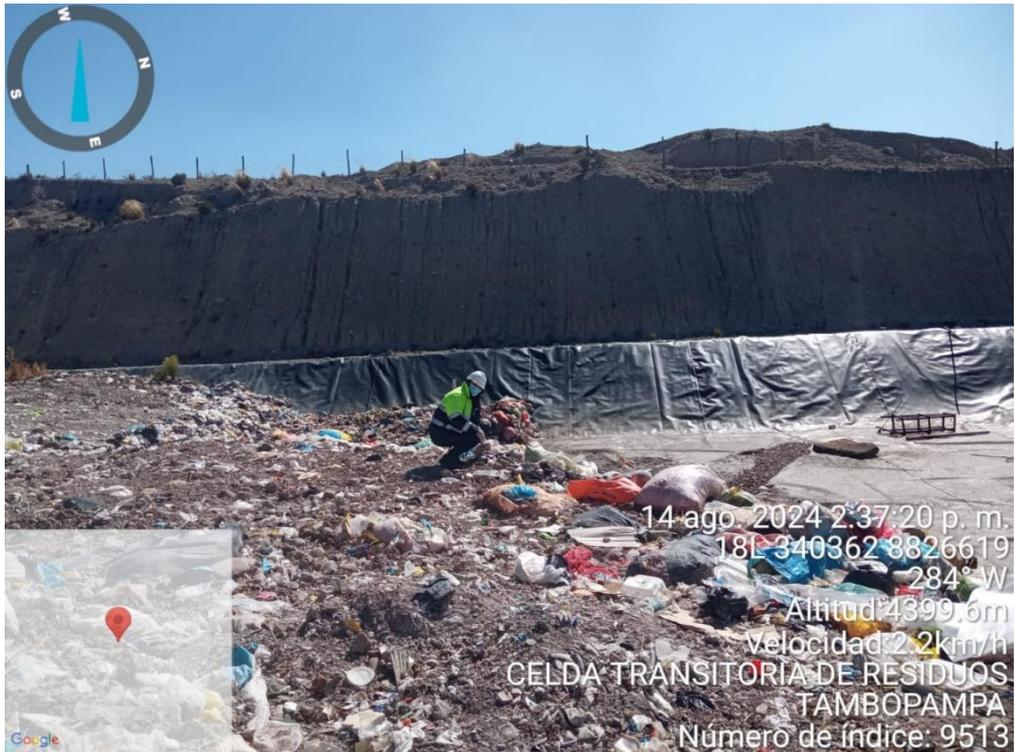
**Título:** Estimación de la huella de carbono generado por los residuos sólidos municipales en el distrito de Yanahuanca, Provincia de Daniel Alcides Carrión, Región de Pasco - 2023

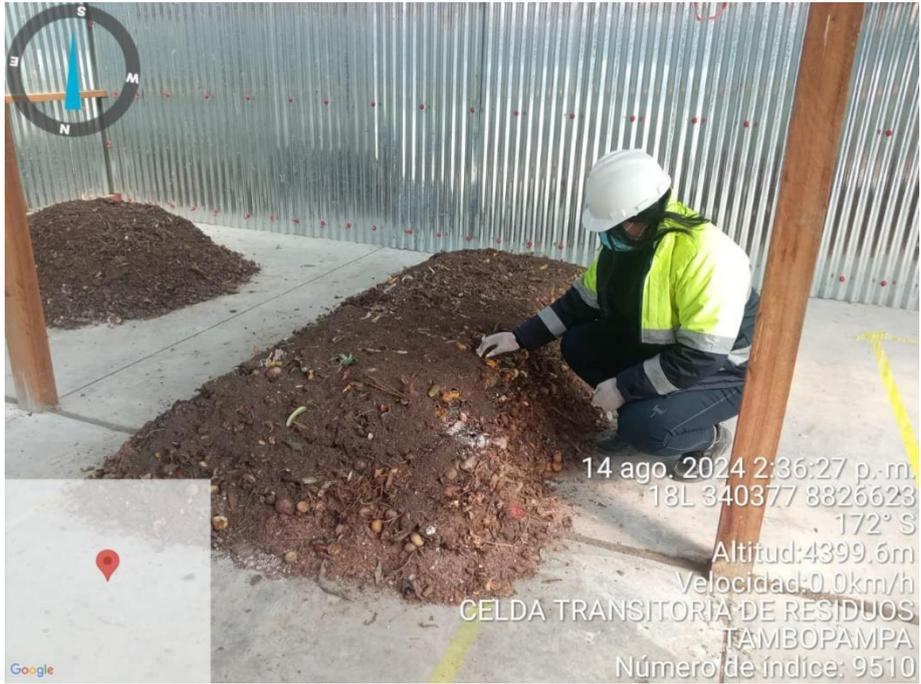
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	MUESTRA	DISEÑO	ESTADISTICA
<b>Problema General</b> ¿De qué manera se puede estimar la huella de carbono generado por los residuos sólidos municipales de la población del distrito de Yanahuanca de la provincia Daniel Alcides Carrión y región de Pasco-2023?	<b>Objetivo General</b> Determinar la estimación de la huella de carbono generados por los residuos sólidos municipales de la población del distrito de Yanahuanca de la provincia Daniel Alcides Carrión y región de Pasco-2023	<b>Hipótesis General</b> La estimación de la huella de carbono es significativa en la generación de los residuos sólidos municipales de la población del distrito de Yanahuanca de la provincia Daniel Alcides Carrión y región de Pasco-2023	<b>V.I</b> Huella de carbono.	<b>Población</b> Residuos municipales del Distrito de Yanahuanca	<b>Método</b> Hipotético - deductivo	<b>Estadística</b> Inferencial
<b>Problemas Específicos</b> ¿En qué medida un diagnóstico de los aspectos y factores ambientales de los residuos sólidos municipales?	<b>Objetivos Específicos</b> Realizar el diagnóstico de los aspectos y factores ambientales influye en el Cambio Climático	<b>Hipótesis Específicas</b> Al diagnosticar los aspectos y factores ambientales influyen en el Cambio Climático	<b>V.D</b> Residuos sólidos municipales	<b>Muestra</b> Muestreo intencionado no probabilístico	<b>Nivel de investigación</b> Causal	<b>Validación de hipótesis</b> Pruebas paramétricas
<b>Problemas Específicos</b> ¿En qué medida la cuantificación de GEI influye estimación de la huella de carbono generados por los residuos sólidos municipales?	<b>Objetivos Específicos</b> Cuantificar de concentración de GEI que influyen estimación de la huella de carbono generados por los residuos sólidos municipales	<b>Hipótesis Específicas</b> Al cuantificar las concentraciones de los GEI, son significativas e influyen en la estimación de la huella de carbono generados por los residuos sólidos municipales.	<b>V.D</b> Residuos sólidos municipales	<b>Muestra</b> No Experimental	<b>Nivel de investigación</b> Diseño	<b>Validación de hipótesis</b> T Stuednt

### Anexo 3 Panel fotográfico

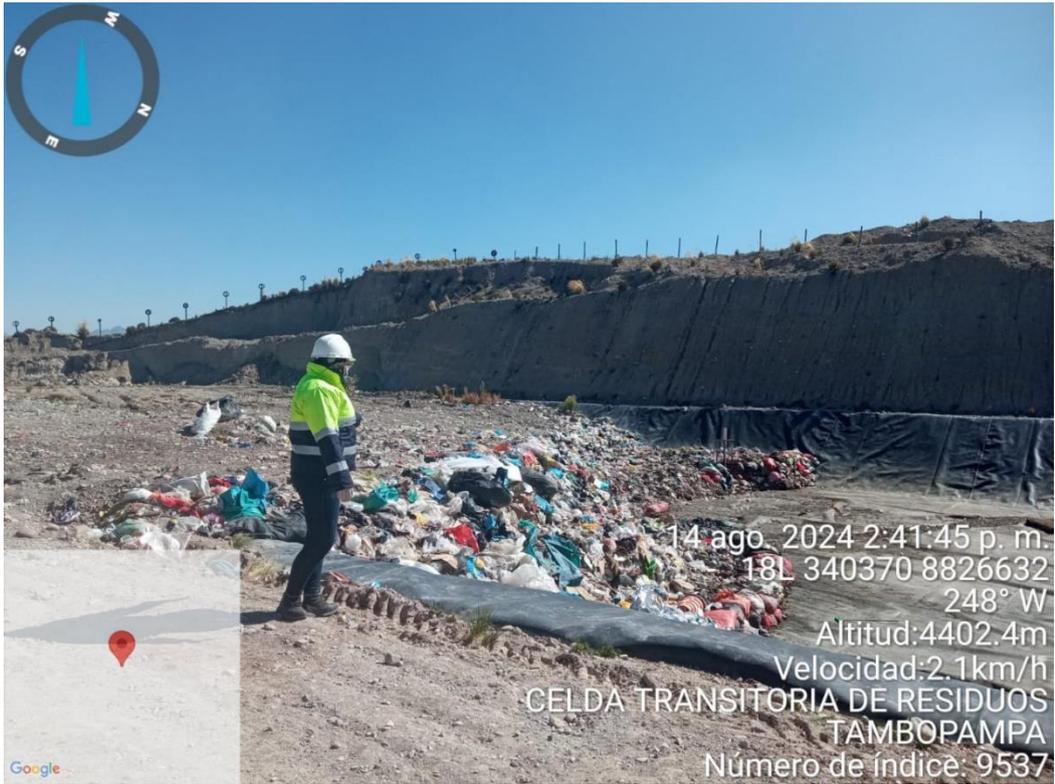








14 ago. 2024 2:36:27 p.m.  
18L 340377 8826623  
172° S  
Altitud: 4399.6m  
Velocidad: 0.0km/h  
CELDA TRANSITORIA DE RESIDUOS  
TAMBOPAMPA  
Número de índice: 9510



14 ago. 2024 2:41:45 p. m.

18L 340370 8826632

248° W

Altitud:4402.4m

Velocidad:2.1km/h

CELDA TRANSITORIA DE RESIDUOS

TAMBOPAMPA

Número de índice: 9537

Google