

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



TESIS

**“HUELLA ECOLÓGICA DEL CAMPUS CAPANIQUE II DE LA
UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA - 2023”**

**PARA OPTAR:
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

PRESENTADO POR:

Bach. DANIELA ISABEL EZQUERRA DELGADO

TACNA – PERÚ

2023

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

TESIS

**“HUELLA ECOLÓGICA DEL CAMPUS CAPANIQUE II DE
UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA – 2023”**

Tesis sustentada y aprobada el 2 de noviembre de 2023; estando el jurado calificador integrado por:

PRESIDENTE : Dr. RICHARD SABINO LAZO RAMOS

SECRETARIA : Mtra. MARISOL MENDOZA AQUINO

VOCAL : Dr. JOSÉ OSWALDO CAZORLA GALDOS

ASESOR : Mtra. MILAGROS HERRERA REJAS

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Yo, Daniela Isabel Ezquerra Delgado, egresada, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificado con DNI 71080139, así como Milagros Herrera Rejas con DNI 42316863; declaramos en calidad de autor y asesor que:

1. Somos los autores de la tesis titulado: *Huella Ecológica del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna – 2023*, la cual presentamos para optar el Título Profesional de *Ingeniero Ambiental*.
2. La tesis es completamente original y no ha sido objeto de plagio, total ni parcialmente, habiéndose respetado rigurosamente las normas de citación y referencias para todas las fuentes consultadas.
3. Los datos presentados en los resultados son auténticos y no han sido objeto de manipulación, duplicación ni copia.

En virtud de lo expuesto, asumimos frente a *La Universidad* toda responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos asociados a la obra.

En consecuencia, nos comprometemos ante a *La Universidad* y terceros a asumir cualquier perjuicio que pueda surgir como resultado del incumplimiento de lo aquí declarado, o que pudiera ser atribuido al contenido de la tesis, incluyendo cualquier obligación económica que debiera ser satisfecha a favor de terceros debido a acciones legales, reclamos o disputas resultantes del incumplimiento de esta declaración.

En caso de descubrirse fraude, piratería, plagio, falsificación o la existencia de una publicación previa de la obra, aceptamos todas las consecuencias y sanciones que puedan derivarse de nuestras acciones, acatando plenamente la normatividad vigente.

Tacna, 2 de noviembre de 2023



Daniela Isabel Ezquerra Delgado
DNI: 71080139



Milagros Herrera Rejas
DNI:42316863

DEDICATORIA

Quisiera agradecer primero a mis padres Erika Delgado Velarde y Alberto Ezquerra Ruiz Caro por su apoyo incondicional en este largo camino ya que gracias a ellos soy mejor cada día.

Agradecer también a mis queridos abuelitos Miriam Velarde Herrera y Juval Cáceres López por estar siempre presentes y ser uno de mis pilares al igual que mis hermanas Doménica Polanco Delgado y Geraldine Ezquerra Rojas todos ellos un gran estímulo para lograr mis metas. Así mismo a Hugo Polanco Aguilar mi segundo papá gracias por tus sabios consejos, y a Leonardo Chambilla Venegas fue un constante respaldo durante esta fase de mi vida, demostrando una fe inquebrantable en mis capacidades.

Finalmente, quiero expresar mi profundo agradecimiento a mis más cercanos amigos tanto de la escuela como de la universidad, quienes siempre estuvieron a mi lado.

Daniela Isabel Ezquerra Delgado

AGRADECIMIENTO

A Dios por cuidarme y darme la oportunidad de haber llegado hasta aquí.

A mis padres por sus sacrificios y esfuerzos que hicieron por mí, quiero que sientan que los resultados logrados también son suyos y que la fuerza que me ayudó a conseguirlo fue su persistente apoyo.

Daniela Isabel Ezquerra Delgado

ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS.....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Formulación del problema.....	3
1.2.1 Problema general.....	3
1.2.2 Problemas específicos.....	3
1.3 Justificación e importancia.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 Hipótesis.....	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes de la investigación.....	6
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	6
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	7
2.1.3. Antecedentes Locales.....	8
2.2. Bases Teóricas.....	8
2.2.1. Huella Ecológica.....	8
2.2.1.1. Enfoque Global.....	8
2.2.1.2. Enfoque Local.....	13
2.2.1.3. Escalas de la huella ecológica.....	18
2.2.2. Huella Ecológica Corporativa.....	19
2.2.2.1. Consumo e intensidad energética.....	20
2.2.2.2. Inventario de emisiones.....	21
2.2.2.3. Valoración de la huella ecológica.....	21
2.2.2.4. Captura de carbono.....	22
2.2.2.5. Superficies productivas.....	23

2.2.3. Huella ecológica en universidades.....	24
2.2.4. Metodologías utilizadas para hallar la HE	28
2.2.4.1. Categorías de consumo	29
2.2.5. Desarrollo sostenible y las ODS.....	30
2.3. Definición de términos.....	31
2.3.1. Coeficiente de fijación	31
2.3.2. Desarrollo sostenible.....	31
2.3.3. Dióxido de carbono	31
2.3.4. Dióxido de carbono equivalente	31
2.3.5. Factor de emisión.....	31
2.3.6. Gases de efecto invernadero	32
2.3.7. Hectárea global	32
2.3.8. Huella de carbono	32
2.3.9. Huella ecológica	32
2.3.10. Índice de conversión	32
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO	33
3.1. Diseño de la investigación.....	33
3.2. Acciones y actividades	33
3.2.1. Recopilación de datos directos	34
3.2.2. Caracterización de Residuos Sólidos.....	35
3.2.2.1. Capacitación al Servicio de limpieza y a los estudiantes voluntarios	35
3.2.2.2. Acumulación de los residuos sólidos	35
3.2.2.3. Procedimiento para el análisis de muestras	36
3.2.3. Recopilación de datos indirectos.....	37
3.2.4. Cálculo de las emisiones de dióxido de carbono	41
3.2.4.1 Cálculo directo	41
3.2.4.2 Cálculo indirecto.....	43
3.2.5. Cálculo de la Huella Ecológica.....	45
3.3. Materiales y/o instrumentos	46
3.3.1. Materiales.....	46
3.3.2. Instrumentos.....	47
3.4. Población y/o muestra de estudio	47
3.5. Operación aplicación de variables	48
3.6. Procesamiento y análisis de datos	48
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	50
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	72
CONCLUSIONES	75

RECOMENDACIONES.....	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Huella Ecológica regional per Cápita.....	17
Tabla 2. Contraste de la Huella ecológica en diferentes escalas	19
Tabla 3. Huella Ecológica de diferentes universidades a nivel mundial	26
Tabla 4. Factores de conversión de dióxido de carbón de las diferentes categorías de consumo y de generación de residuos solidos	33
Tabla 5. Distritos desde donde se desplazan los integrantes de la comunidad del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna.....	38
Tabla 6. Factor emisión para transporte en vehiculo particular según nivel de ocupación	44
Tabla 7. Factor emisión para transporte en motocicleta y transporte público.....	44
Tabla 8. Operacionalización de variables de investigación	48
Tabla 9. Consumo de energía eléctrica mensual del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna.....	50
Tabla 10. Consumo de agua mensual del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna.....	51
Tabla 11. Reporte de área construida del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna.....	52
Tabla 12. Consumo de papel durante el ciclo academico 2022-II y 2023-I del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna	53
Tabla 13. Peso de papel durante el ciclo academico 2022-II y 2023-I del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna.....	53
Tabla 14. Pesaje de muestras de residuos sólidos del campus Capanique II por sede de la Universidad Privada de Tacna	54
Tabla 15. Altura no ocupada de residuos sólidos del campus Capanique II por sede de la Universidad Privada de Tacna	54
Tabla 16. La densidad promedio del campus Capanique II por sede de la Universidad Privada de Tacna.....	54
Tabla 17. Medio de transporte utilizado vs distancias recorridas del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna	56
Tabla 18. Movilidad durante el ciclo academico 2022-II y 2023-I de cada Medio de transporte utilizado del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna	57
Tabla 19. Consumo de papel reciclado durante el ciclo academico 2022-II y 2023-I del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna	57
Tabla 20. Consumo de papel virgen durante el ciclo academico 2022-II y 2023-I del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna	58
Tabla 21. Consumo de papel durante el ciclo academico 2022-II y 2023-I del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna.....	58
Tabla 22. Generación per cápita de residuos sólidos del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna.....	59

Tabla 23. Generación de residuos sólidos durante el ciclo académico 2022-II y 2023-I del campus Capanique II de la Universidad Privada De Tacna.....	59
Tabla 24. Emisión de CO2 equivalente por consumo de energía eléctrica anual del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna	60
Tabla 25. Emisión de CO2 equivalente por consumo de agua anual del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna.....	60
Tabla 26. Emisión de CO2 equivalente por consumo de papel anual del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna.....	60
Tabla 27. Emisión de la construcción del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna	61
Tabla 28. Emisión de CO2 equivalente por consumo de movilidad anual del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna.....	61
Tabla 29. Emisión de CO2 equivalente por consumo de papel anual del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna.....	62
Tabla 30. Emisión de CO2 equivalente por generación de residuos sólidos anual del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna	62
Tabla 31. Emisiones de dióxido de carbono del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna	63
Tabla 32. Emisiones de dióxido de carbono y la huella ecológica del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Huella ecológica mundial	10
Figura 2. Población y huella ecológica mundial por año seleccionado.....	11
Figura 3. Huella per cápita por países	11
Figura 4. Índice de desarrollo y huella ecológica por países seleccionados	13
Figura 5. Evolución de la HE en el Perú	13
Figura 6. Nivel de consumo departamental del Perú.....	14
Figura 7. Huella ecológica departamental en relación al índice de desarrollo humano	16
Figura 8. Índice de desarrollo humano en relación al producto bruto interno per cápita	17
Figura 9. Huella ecológica corporativa.....	20
Figura 10. Diagrama del cálculo de la huella ecológica.....	21
Figura 11. Distribución de la huella ecológica mundial en función de los distintos tipos de territorio.....	24
Figura 12. Comparación de la huella ecológica de distintas universidades.....	26
Figura 13. Análisis del sistema de una universidad.....	29
Figura 14. Huella ecológica de la tierra y del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna.....	49
Figura 15. Consumo de energía eléctrica mensual del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna.....	51
Figura 16. <i>Consumo de agua mensual del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna.....</i>	<i>52</i>
Figura 17. Consumo de papel durante el ciclo académico 2022-II y 2023-I del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna.....	53
Figura 18. Composición de residuos sólidos anual del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna	55
Figura 19. Movilidad durante el ciclo académico 2022-II y 2023-I del campus Capanique II Universidad Privada de Tacna.....	57
Figura 20. Consumo de papel durante el ciclo académico 2022-II y 2023-I del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna.....	58
Figura 21. Generación de emisiones de dióxido de carbono anual del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna	63

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia	83
Anexo 2. Ficha de registro de pesos de muestreo para el análisis de composición de residuos sólidos	84
Anexo 3. Encuesta "Hábitos de consumo de papel y movilidad de los alumnos del Campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna"	85
Anexo 4. Encuesta "Hábitos de consumo de papel y movilidad del personal del Campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna"	87
Anexo 5. Panel fotográfico	88

RESUMEN

El estudio tenía como objetivo principal analizar los impactos ambientales en el campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna mediante la Huella Ecológica. Se utilizó la metodología de la Dra. Noelia López y Dora Blanco, adaptada al contexto universitario, que implicaba cálculos directos a partir de datos de consumo proporcionados por la institución y cálculos indirectos mediante encuestas y caracterización de residuos para categorías sin datos disponibles. Las emisiones de dióxido de carbono se desglosaban así: 249,55 toneladas del espacio construido, 113,08 toneladas de electricidad, 0,42 toneladas de agua, 70,57 toneladas de residuos sólidos, 90,72 toneladas de movilidad y 5,21 toneladas de papel. En conjunto, sumaron 483,29 toneladas de CO_2 . Para absorber estas emisiones, se necesitarían 58,82 hectáreas, equivalente a 0,03 hag/persona/año, una cifra inferior al promedio de otras universidades peruanas como Upeu y Santiago de Antúnez de Mayolo. Además, era fundamental proponer medidas de ecoeficiencia encaminadas a reducir la Huella Ecológica y promover actividades que involucraran a toda la comunidad universitaria para mejorar el desempeño ambiental dentro de la Universidad Privada de Tacna.

Palabras clave: Desarrollo sostenible; dióxido de carbono; ecoeficiencia; huella ecológica; universidad.

ABSTRACT

The main objective of the study was to analyze the environmental impacts on the Capanique II campus of the Private University of Tacna through the Ecological Footprint. The methodology of Dr. Noelia López and Dora Blanco was used, adapted to the university context, which involved direct calculations from consumption data provided by the institution and indirect calculations through surveys and waste characterization for categories without available data. Carbon dioxide emissions were broken down as follows: 249,55 tons of built space, 113,08 tons of electricity, 0,42 tons of water, 70,57 tons of solid waste, 90,72 tons of mobility and 5,21 tons of paper. Together, they added up to 483,29 tons of CO_2 . To absorb these emissions, 58,82 hectares would be needed, equivalent to 0,03 gha/person/year, a figure lower than the average of other Peruvian universities such as Upeu and Santiago de Antúnez de Mayolo. Furthermore, it was essential to propose eco-efficiency measures aimed at reducing the Ecological Footprint and promote activities that involved the entire university community to improve environmental performance within the Private University of Tacna.

Keywords: Sustainable development; carbon dioxide; eco-efficiency; ecological footprint; university.

INTRODUCCIÓN

La naturaleza proporciona recursos esenciales para satisfacer las necesidades humanas, creando una interdependencia entre la humanidad y el medio ambiente. Sin embargo, esta conexión no fue reconocida en la ciencia económica hasta el informe "Los límites del crecimiento" del Club de Roma en la década de 1970. Este informe observó sobre los efectos negativos del crecimiento económico sin considerar los límites ambientales, que han llevado a un aumento drástico en el uso de recursos naturales y una pérdida significativa de biodiversidad.

Para fomentar la idea de un consumo responsable y sostenible, es crucial simplificar las diferentes variables relacionadas con el consumo en un único indicador que sea fácil de medir. La Huella Ecológica (HE), creada por William Rees y Mathis Wackernagel en los años 90, cumple este propósito de manera efectiva. La HE no solo permite estimar los efectos medioambientales del consumo y la producción de residuos, sino que también orienta la toma de decisiones para abordar estos impactos. Para ello, es necesario tener una comprensión clara de cómo las actividades humanas afectan al medio ambiente.

En el mundo empresarial y en el ámbito de la responsabilidad social corporativa, cada vez es más común la adopción de la HE como un indicador valioso. Las organizaciones utilizan este indicador como parte de sus estrategias de gestión ambiental y para demostrar su compromiso con la responsabilidad social. Estas prácticas voluntarias de gestión ambiental son una respuesta a la creciente necesidad de un desarrollo sostenible que proteja el medio ambiente y beneficie a todas las partes involucradas.

Las instituciones educativas, especialmente las universidades, desempeñan un papel importante en la promoción del consumo responsable y sostenible, ya que influyen en la formación de la sociedad. Ejemplos de países desarrollados muestran un aumento en el número de universidades que se comprometen con el desarrollo sostenible, involucrando a toda su comunidad académica en esta causa.

Por lo tanto, resulta esencial implementar la medición de la Huella Ecológica como un indicador ecológico en las instituciones educativas para evaluar y mejorar su impacto ambiental.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción del problema

Durante la década de 1990, la humanidad superó la capacidad de regeneración de la Tierra, aumentando la demanda de recursos naturales y emitiendo cantidades significativas de Gases de Efecto Invernadero (GEI), especialmente dióxido de carbono (CO_2), que los ecosistemas tenían dificultades para absorber. Esta situación se conoce como "transgresión ecológica" y continúa hasta hoy (Global Footprint Network, 2015).

Actualmente la huella ecológica (HE) se ha multiplicado y la biocapacidad del planeta ha disminuido un 50%. Este consumo insostenible nos lleva a agotar los recursos del Planeta antes de que termine un año, este día se conoce como Overshoot Day, la cual cada año llega antes. En el 2023 a principios de agosto la humanidad consumió los recursos naturales que el Planeta es capaz de regenerar en un año. Esta problemática, caracterizada por la escasez de recursos naturales y la contaminación, surge principalmente del consumo insostenible de recursos extraídos del medio ambiente con fines económicos, sin permitir su regeneración natural.

En la actualidad, enfrentamos el desafío crucial de fomentar un consumo más sostenible. Esta responsabilidad recae en las organizaciones e instituciones, tanto públicas como privadas, que deben contribuir mediante investigaciones científicas. Estas investigaciones son esenciales para salvar la salud del medio ambiente, promover el uso responsable de los recursos naturales y prevenir el deterioro ambiental en el país. La necesidad creciente de evaluar los impactos ambientales se vuelve fundamental en este contexto.

La Universidad Privada de Tacna como institución se ha destacado no solo por su gran potencial educativo, sino también por su compromiso ético con el medio ambiente como parte integral de su misión institucional. Además, forma parte de la Alianza de Redes Iberoamericanas de Universidades comprometidas con la sostenibilidad y el medio ambiente.

Por lo tanto, el fin del presente trabajo es hallar el valor de la HE de los cuatro edificios del nuevo campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna y determinar su contribución al deterioro ambiental para poder proponer medidas de prevención, mitigación, así como prácticas de ecoeficiencia.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la Huella Ecológica del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna?

1.2.2 Problemas específicos

- a. ¿Cuáles son los valores de consumo de energía eléctrica, agua, papel y movilidad?
- b. ¿Cuáles son los valores de la caracterización de los residuos sólidos?
- c. ¿Qué prácticas de ecoeficiencia se emplea para la reducción de la Huella Ecológica?

1.3 Justificación e Importancia

Actualmente se vive una crisis ambiental de gran magnitud esto se debe a la explotación de recursos naturales y generación excesiva de residuos; trae como consecuencia la destrucción de ecosistemas, incremento de contaminantes, aumento del calentamiento global y el aumento de la pobreza.

La única manera de detener la degradación ambiental es la toma de medidas concretas que conlleven a una solución. Depende de los seres humanos contribuir a prevenir, controlar y recuperar la calidad del ambiente y de sus componentes.

El concepto de Desarrollo sostenible representa una vía más adecuada para combatir la pobreza y mejorar la calidad de vida en todo el mundo. Es de suma importancia que la comunidad internacional cumpla con los Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos por las Naciones Unidas, así como los compromisos de reducción de emisiones definidos en el Acuerdo de París de 2015 (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2020).

Las universidades desempeñan un papel fundamental en la formación de individuos conscientes, comprometidos y activos en la solución de los desafíos ambientales. Esto se logra a través de sus funciones esenciales, como la educación, la investigación, la innovación y la administración. Cuando las instituciones académicas adoptan la dimensión ambiental como parte integral de su misión y enfoque educativo, contribuyen al avance del desarrollo sostenible y preparan a sus estudiantes para convertirse en modelos a seguir o defensores de prácticas responsables con el medio ambiente en sus futuras carreras, en sus hogares y en la sociedad en su conjunto.

Es relevante destacar los esfuerzos de las universidades en América para incorporar cuestiones ambientales en sus programas académicos, aunque es crucial que los conocimientos adquiridos se traduzcan en acciones concretas. En el contexto peruano, existen regulaciones relacionadas con el desarrollo sostenible y la conservación de recursos naturales, como las Medidas de Ecoeficiencia, que tienen un impacto positivo en la eficiencia del gasto público. Hasta la fecha, estas regulaciones son de aplicación obligatoria en las entidades del sector público, pero algunas empresas privadas también las han adoptado como referencia. Es crucial que las universidades en Perú adopten compromisos con la sostenibilidad en su rutina operativa y comuniquen esta responsabilidad a todos los miembros de la comunidad universitaria. Para impulsar esta transformación, es esencial que las investigaciones ambientales realizadas en estas instituciones se fundamenten en el empleo de indicadores ecológicos que muestren de manera precisa y cuantitativa, cómo el consumo afecta a los ecosistemas (MINAM, 2010).

La estimación de la Huella Ecológica (HE) en cuatro edificios del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna desempeña un papel importante al informar a la comunidad universitaria sobre la realidad del consumo de recursos y la generación de residuos en la institución. Además, ayuda a plantear medidas de ecoeficiencia para disminuir nuestro impacto ambiental para las futuras generaciones; cumpliendo de esta manera con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en especial la ODS 11 consiste en lograr ciudades y comunidades más sostenibles y ODS 12 es producir y consumir de manera responsable.

Son miles las instituciones, personas y empresas comprometidas con reducir su huella ecológica para contribuir con un modelo de vida más sostenible (CEPAL, 2007). Para hallar la HE de esta entidad de aprendizaje superior se necesita recopilar información sobre los consumos de servicios y generación de residuos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Determinar la Huella Ecológica del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna.

1.4.2 Objetivos Específicos

- a. Analizar los consumos de energía eléctrica, agua, papel y movilidad.

- b. Caracterizar los residuos sólidos generados.
- c. Proponer prácticas de ecoeficiencia para la reducción de la Huella Ecológica.

1.5 Hipótesis

La Huella Ecológica del campus Capanique II de la universidad privada de Tacna supera la biocapacidad establecida de 1,68 hag/hab/año.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Tomas Tornero (2021) ofreció una evaluación sobre cómo la huella ecológica se utilizó como indicador de sostenibilidad en el contexto universitario. En este análisis, se exploró cómo las universidades buscan integrar la sostenibilidad en sus operaciones a través de la medición de la huella ecológica. Este enfoque presenta múltiples beneficios, como el análisis detallado de los recursos consumidos, su utilidad como herramienta educativa, la creación de conciencia ambiental, la participación activa de toda la comunidad universitaria, la generación de sinergias entre diversas áreas del conocimiento y el estímulo para implementar políticas y medidas que favoreció con un desarrollo sostenible real, con impactos positivos en el entorno cercano.

El estudio de Yecatl Mata (2019) titulado " Determinación de la Huella Ecológica de las Carreras de Ingeniería del área Económico Administrativa de la Universidad Tecnológica de Nayarit" ofreció un análisis detallado con el objetivo de fomentar prácticas más sostenibles dentro de la comunidad universitaria. El estudio incluyó la medición de varios indicadores como las emisiones de CO_2 provenientes de los edificios, la movilidad de los miembros de la comunidad universitaria y el consumo de papel. Los resultados indicaron que se necesitan al menos 1,11 hag/persona/año para contrarrestar el impacto ambiental en la superficie donde se llevan a cabo las actividades académicas. Estos hallazgos proporcionan una base para tomar medidas orientadas hacia un futuro más ecológico y sostenible en la universidad.

Ávila y González (2018) analizaron la huella ecológica generada por la Corporación Universitaria Minuto de Dios en Colombia. Variables de evaluación como el consumo de agua, papel, energía eléctrica, área construida de las sedes, producción de residuos y consumo de gas. Su estudio reveló una huella ecológica superior al promedio, principalmente debido al consumo de papel, seguido del consumo de energía eléctrica y la generación de residuos. Este análisis proporcionó información valiosa para proponer estrategias destinadas a reducir las emisiones.

Ibarra y Monroy (2014) desarrollaron un cuestionario compuesto por 30 preguntas para evaluar la huella ecológica de estudiantes universitarios mexicanos. Este cuestionario tuvo en cuenta el estilo de vida y los patrones de consumo típicos de

la cultura mexicana. Para calcular esta huella, utilizaron datos de anuarios estadísticos que abordaban la productividad de bienes agropecuarios, pesqueros y papel. Estos datos se utilizaron para determinar las hectáreas necesarias para cubrir el consumo de recursos y absorber el CO_2 generado por los encuestados en su vida diaria.

Noelia López (2007) creó una metodología específica para evaluar la huella ecológica de las universidades, centrándose en actividades como la docencia, la investigación y la gestión institucional. Su objetivo era medir el impacto ambiental a través del consumo de energía, papel, agua, movilidad y generación de residuos. Los resultados de 2007 revelaron que la universidad generaba emisiones de CO_2 que requerían una vasta extensión de bosque gallego para ser absorbidas, una cantidad considerablemente mayor que el espacio de su campus.

2.1.2. Antecedentes nacionales

El estudio llevado a cabo por Pinedo y Arévalo (2023), titulado " Estimación de la huella ecológica de los estudiantes de la universidad pública de Huacho, Perú ", se centró en analizar la sostenibilidad ambiental de las prácticas de gestión y los estilos de vida de la comunidad universitaria. El estudio llegó a la conclusión de que los estudiantes de educación tienen una huella ecológica significativamente alta debido a su estilo de vida, lo que subraya la importancia de fomentar comportamientos más sostenibles entre ellos.

El trabajo de Bulege y Custodio (2022) tuvo como objetivo determinar la Huella Ecológica Personal de estudiantes de educación superior y compararla con la huella ecológica del Perú. Utilizaron un enfoque descriptivo y transversal, aplicando un cuestionario a una muestra de estudiantes. Los resultados mostraron que la huella ecológica personal tiene un promedio de 1.067 hectáreas globales y que el 7.45% de los estudiantes tiene una huella ecológica mayor que la del Perú, establecida en 2.2 hectáreas globales.

El estudio de Garces y Delgado (2020) analizó la variación de la huella ecológica per cápita de los estudiantes de Ingeniería Ambiental de la Universidad Andina del Cusco en dos escenarios: antes de la pandemia y durante la pandemia del COVID-19. Utilizaron un cuestionario internacionalmente reconocido para calcular la huella ecológica, considerando áreas como alimentos, transporte, energía y recursos forestales.

Lesli Jaimes (2019), titulado "Estimación de la Huella Ecológica de la Universidad Peruana Unión", objetivo estimar la HE de la UPeU en el periodo 2017, se

basó en el análisis de cinco variables clave: agua, energía eléctrica, superficie construida, papel y movilidad. Este análisis se llevó a cabo utilizando la metodología propuesta por López y Blanco, que se centró en los consumos y las emisiones de estas variables para determinar la superficie necesaria para absorber el dióxido de carbono generado por el consumo. En el año 2017, según los resultados generales, la Universidad Peruana de Educación a Distancia (UPeU) necesitó 462,2 hectáreas globales productivas de bosques para compensar las emisiones producidas por las cinco variables analizadas. Además, un individuo de la comunidad universitaria requirió 0,08 hectáreas globales. Es importante destacar que la huella ecológica de la UPeU en 2017 fue 7,3 veces mayor que la superficie ocupada por su campus.

2.1.3. Antecedentes locales

No se encontraron o estudios relacionados con el tema de investigación.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Huella ecológica

2.2.1.1. Enfoque global

En la década de los 60, todos los países del mundo tenían la capacidad de satisfacer sus necesidades de recursos naturales. Sin embargo, durante la década de los 70, la población comenzó a consumir más recursos renovables de lo que podían regenerarse adecuadamente, lo que resultó en la liberación excesiva de dióxido de carbono en los ecosistemas.

Fue en 1987 cuando surgió el término "desarrollo sostenible" a través del informe de las Naciones Unidas titulado "Nuestro Futuro Común". Este término se acuñó como una respuesta a los desafíos de la época, como el consumo excesivo y la pobreza. Últimamente ha habido un interés creciente en evaluar el grado de sostenibilidad en las sociedades. El impulso para desarrollar nuevos indicadores ambientales se originó en la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro, donde se aprobó la Agenda 21. Esta agenda enfatizaba la importancia de crear indicadores de desarrollo sostenible como una base para tomar medidas de mitigación que contribuyeran a la preservación del medio ambiente.

Inicialmente, los primeros intentos para medir la sostenibilidad se basaban en el concepto de "capacidad de carga", lo que significa que una población alcanza su límite

de crecimiento según el número de personas y las condiciones del entorno en el que se desarrolla (Wackernagel, 2002).

La Huella Ecológica (HE) surgió en la década de 1990 como un indicador de sostenibilidad, desarrollado por William Rees y Malthus Wackernagel. Su objetivo es evaluar el impacto ambiental causado por una comunidad, país o ciudad debido a su estilo de vida y actividades. La HE busca determinar cuánto espacio terrestre y marino se requiere para producir los recursos consumidos y absorber los desechos generados. Esto se logra mediante la evaluación de los patrones de consumo de recursos y la generación de residuos.

Aproximadamente el 25 % de la superficie terrestre del planeta, que equivale a unos 13 400 millones de hectáreas terrestres y marinas, es biológicamente productiva. De este total, el 90 % se utiliza para satisfacer las necesidades de las personas, mientras que solo el 10 % se destina a la preservación de otros seres vivos. En términos generales, cada habitante del planeta tendría asignadas alrededor de 1,8 hectáreas para satisfacer sus necesidades de recursos y para que se absorban sus desechos de manera sostenible.

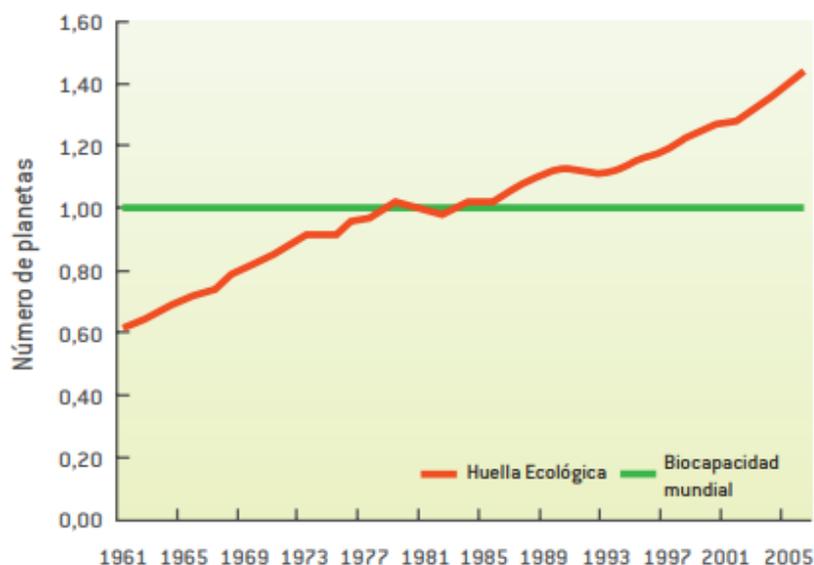
Sin embargo, la demanda actual de recursos naturales a nivel mundial asciende a 114 1mil millones de hectáreas, lo que equivale a un promedio de 2,23 hectáreas globales por persona. Esta cifra supera la asignación sostenible de 1,8 hectáreas por persona. Esta situación plantea una preocupación seria, ya que la proliferación de la población humana en el planeta está generando una presión ambiental insostenible. El agua se consume más rápido de lo que el suelo puede recargar, los bosques se deforestan más rápido de lo que pueden regenerarse, y las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera superan la capacidad de absorción. Se proyecta que, si esta tendencia continúa, para el año 2050 la humanidad consumirá el doble de lo que la Tierra puede regenerar en términos de recursos naturales y capacidad de absorción de desechos, lo que podría llevar a un colapso ambiental (González, García y Colina, 2017).

En 2007, la Red Global de la Huella Ecológica calculó que la huella ecológica de la humanidad era de 18 000 millones de hectáreas globales (hag), o 2,7 hag por persona. Sin embargo, la capacidad biológica de la Tierra era de solo 11 900 mil millones de hectareas o 1,8 hag por persona. La figura 1 muestra que la Tierra necesitaría 1,5 años para regenerar los recursos renovables que la gente utilizó en 2007 y para absorber las emisiones de CO_2 (INEI, 2010).

En la figura 1 muestra que entre los años 1961 y 2005 la huella ecológica a experimentando una tendencia creciente a lo largo del tiempo y desde 1985 la humanidad excedió la biocapacidad mundial.

Figura 1

Huella Ecológica Mundial



Nota. Adaptado de The Ecological Footprint Atlas 2010. Global Footprint Network del sitio web <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/huella-ecologica-peru>. DOC: Huella Ecológica en el Perú.

Es importante considerar también el aumento de la población mundial. Entre 1968 y 2011, la población se duplicó, alcanzando los 7 mil millones de habitantes en todo el planeta. Sin embargo, no necesariamente los países con la mayor cantidad de habitantes presentan la mayor huella ecológica. Las ciudades más prósperas del mundo occidental consumen más del 60 por ciento de la producción económica global y generan un porcentaje igual de residuos, a pesar de que solo cuentan con el 20 por ciento de la población mundial. Esto resalta la marcada desigualdad entre los países del mundo y muestra que la variación en el tamaño de la huella ecológica no depende únicamente de la cantidad de habitantes en un país ni de su superficie disponible, sino también del desarrollo económico de ese país, especialmente en el caso de las naciones altamente desarrolladas (UNFPA, 2011).

Por ejemplo, en la figura 2, se observa que, en el 2008, la huella ecológica promedio de la población mundial fue de 2.7 hectáreas, mientras que del año 1999 fue de 2.2 hectáreas. Esto ilustra las diferencias significativas en el impacto ambiental per cápita en función del nivel de desarrollo económico de un país (SEMARNAT, 2013).

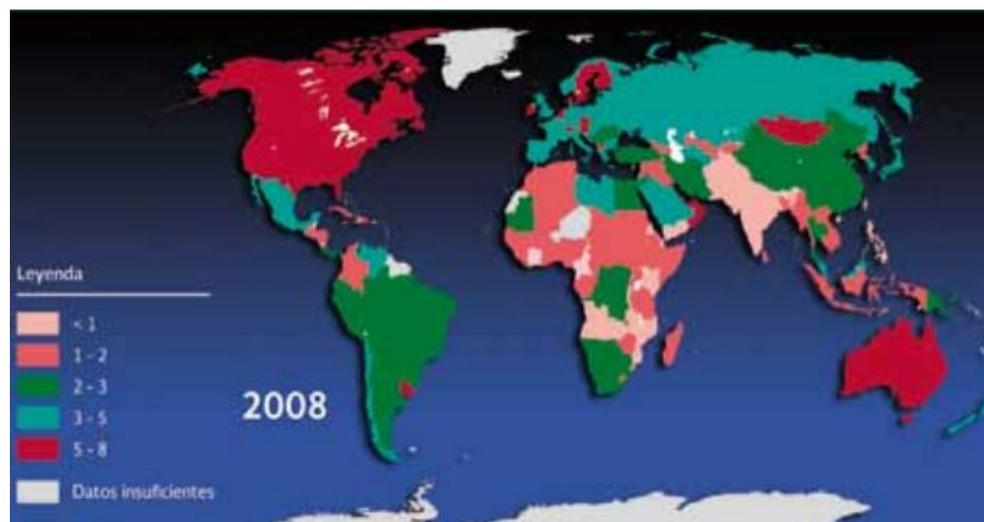
Figura 2*Población y huella ecológica mundial por año seleccionado*

Nota. WWF. Planeta Vivo. Informes: 2002, 2004, 2006, 2008 y 2010 del sitio web

https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/huella_ecologica/es_def/adjuntos/Huella-Ecologica_pais_vasco_WEB.pdf. DOC: Huella ecológica, datos y rostros.

La figura 3 muestra la huella per cápita por países, como se mencionó en el anterior párrafo sobre el crecimiento poblacional está afectando al planeta, no obstante, los países más poblados del planeta no tienen la HE per cápita más alta.

Figura 3*Huella Per cápita por países*



Nota. WWF. Planeta Vivo. Informe 2012. del sitio web https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/huella_ecologica/es_def/adjuntos/Huella-Ecologica_pais_vasco_WEB.pdf. DOC: Huella ecológica, datos y rostros.

Concluyendo que el tamaño de la huella ecológica no solo depende de la cantidad de personas (habitantes de un país), sino de la superficie disponible para poder realizar sus actividades cotidianas y de sus niveles de consumo. Los países ricos, las personas con más ingresos económico y quienes viven en las ciudades son los mayores consumidores por lo tanto su HE es mayor. En la figura 4, cabe destacar que los países desarrollados tienen los más altos índices de desarrollo humano, expresados en educación, salud, ingreso y estándares de vida. En la imagen el índice de desarrollo humano contiene valores entre el 0 y el 1; el valor igual o superior a 0.8 representa un “desarrollo humano alto” y nos muestra los valores de la HE de los países seleccionados para poder notar la relación de ambos índices. (World Wide Fund for Nature, 2012)

Figura 4

Índice de Desarrollo y Huella Ecológica por Países seleccionados



Nota. PNUD. Informe sobre Desarrollo Humano 2011. Sostenibilidad y equidad. 2. WWF. Planeta Vivo. Informe 2012 del sitio web https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/huella_ecologica/es_def/adjuntos/Huella-Ecologica_pais_vasco_WEB.pdf. DOC: Huella ecológica, datos y rostros.

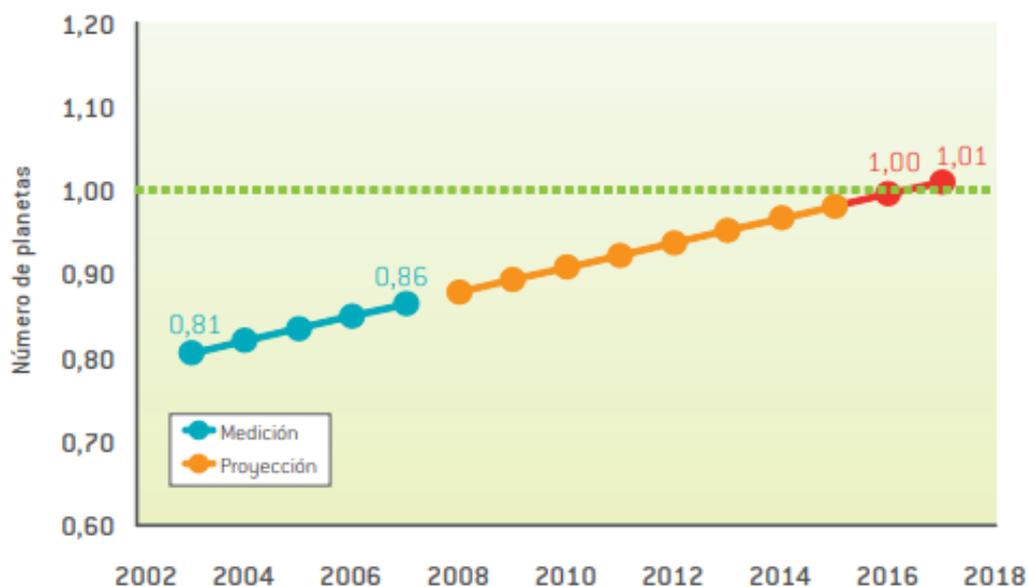
2.2.1.2. Enfoque Local

Según un informe técnico del Ministerio del Ambiente (MINAM), Perú tiene la huella ecológica per cápita más baja de todos los países de Sudamérica, registrando un total de 41,627,485 hectáreas globales (hag) en el año 2007, lo que equivale a 1.46 hag por persona. No obstante, es importante destacar que esta cifra no refleja la situación de todos los peruanos. (MINAM, 2007).

Se puede concluir de la figura 5 que, si las personas en todo el planeta adoptaran el mismo nivel de consumo que un ciudadano peruano promedio, se utilizaría solo el 87% de la superficie productiva, lo que representaría un modelo de vida más sostenible. Sin embargo, es preocupante que la huella ecológica en Perú esté experimentando una tendencia creciente a lo largo del tiempo.

Figura 5

Evolución de la HE en el Perú



Nota. Ministerio del Ambiente, 2007 del sitio web <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/huella-ecologica-peru>. DOC: Huella Ecológica en el Perú.

La figura 6 representa los 24 departamentos de Perú, Lima sobresale con la Huella Ecológica más alta, superando los límites ecológicos establecidos. Esto significa que, si todos los habitantes de la Tierra tuvieran los mismos hábitos de consumo que un habitante promedio de Lima, se necesitarían 1.27 planetas para satisfacer sus demandas ambientales. Le siguen en la lista los departamentos de Tumbes, Madre de Dios y Arequipa, con valores de Huella Ecológica de 1.01, 0.96 y 0.94 planetas, respectivamente. Por otro lado, las ciudades de Cajamarca, Puno, Huánuco y Huancavelica muestran los valores más bajos de Huella Ecológica, con 0.46, 0.45, 0.41 y 0.33 planetas, respectivamente.

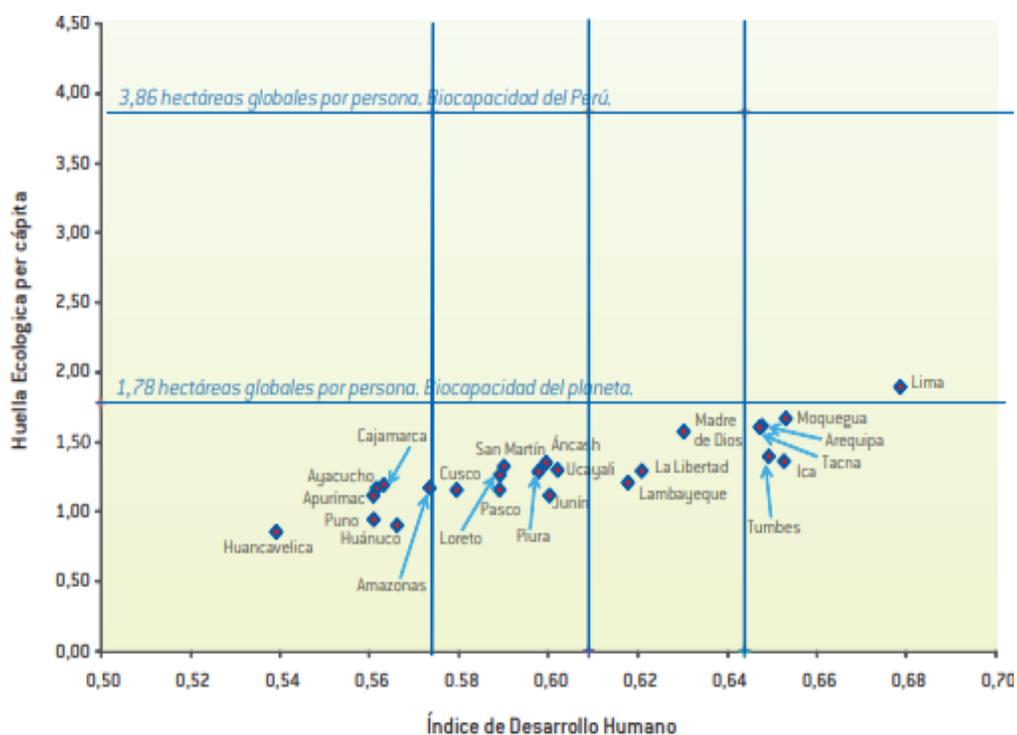
Figura 6

Nivel de consumo departamental del Perú

considerarse como una zona de alto desarrollo humano es Lima, pero también es el departamento que supera los límites de sostenibilidad ambiental.

Figura 7

Huella Ecológica departamental en relación al Índice de Desarrollo Humano



Nota. Ministerio del Ambiente, 2010 del sitio web <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/huella-ecologica-peru>. DOC: Huella Ecológica en el Perú.

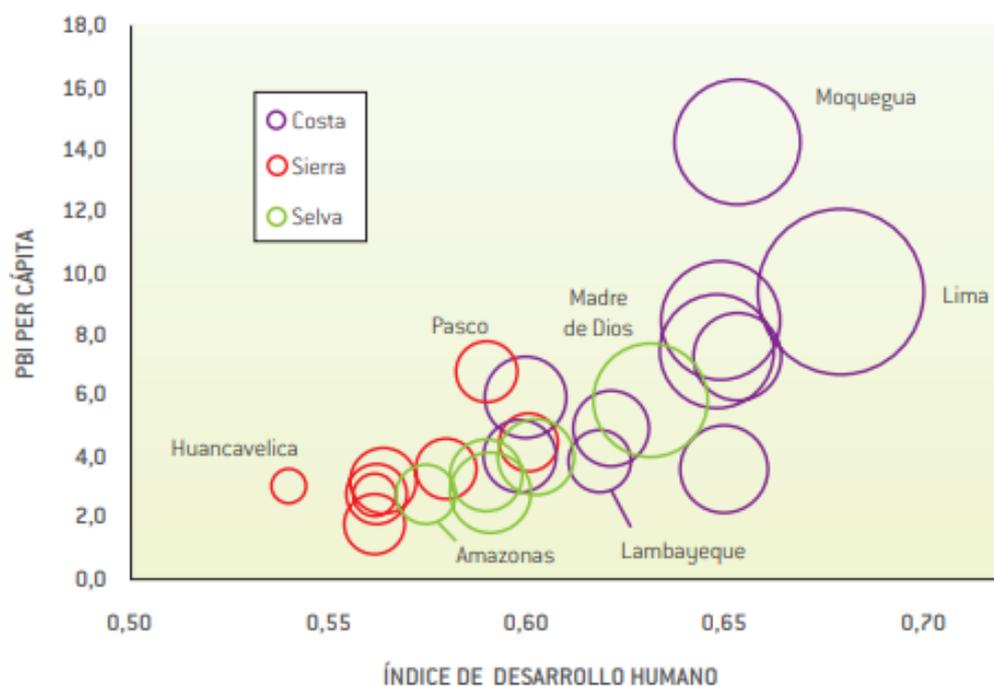
Como se puede apreciar en la figura 7, los demás departamentos se encuentran clasificados como áreas de desarrollo humano medio y al mismo tiempo cumplen con los parámetros ecológicamente permitidos en términos de su Huella Ecológica, es decir, mantienen niveles de consumo que no exceden la capacidad de regeneración del planeta.

En la figura 8, se considera la dimensión económica, que suele representarse a través del Producto Bruto Interno (PBI), en el contexto del desarrollo. Según la información y los gráficos presentados, los departamentos costeros son los que registran los mayores niveles de PBI per cápita, liderados por Lima, Arequipa y Moquegua (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2010).

Curiosamente, es en las zonas costeras donde se observan los niveles más altos de consumo. Después le sigue la región selvática y, por último, la región de la sierra.

Figura 8

Índice de Desarrollo Humano en relación al Producto Bruto Interno per cápita



Nota. Ministerio del Ambiente, 2010 del sitio web <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/huella-ecologica-peru>. DOC: Huella Ecológica en el Perú.

El Ministerio del Ambiente proporcionó los datos más recientes sobre la Huella Ecológica per cápita a nivel departamental en 2016, como se muestra en la tabla 1. Este cálculo se basó en varios componentes, que incluyen la superficie necesaria para absorber el carbono, las áreas de pastoreo, la cobertura forestal, las zonas de pesca, los cultivos y las áreas urbanizadas. En este análisis, se observó que Lima tenía la Huella Ecológica per cápita más alta, alcanzando las 3,504 hectáreas globales (hag), mientras que Huancavelica tenía la Huella Ecológica per cápita más baja, con 1,064 hag.

Tabla 1

Huella Ecológica regional per Cápita

Ámbito	Área de Cultivos	Área de Pastoreo	Área de Bosques	Zonas de Pesca	Huella de Carbono	Áreas Urbanas	Huella Regional Per Cápita
Amazonas	0,309	0,230	0,122	0,237	0,373	0,055	1,325
Áncash	0,443	0,335	0,162	0,355	0,538	0,054	1,889
Apurímac	0,303	0,341	0,076	0,252	0,358	0,054	1,384
Arequipa	0,510	0,708	0,194	0,373	0,857	0,080	2,723
Ayacucho	0,310	0,343	0,092	0,296	0,342	0,050	1,433
Cajamarca	0,286	0,192	0,086	0,234	0,340	0,042	1,180
Cusco	0,407	0,558	0,148	0,291	0,559	0,065	2,029
Huancavelica	0,231	0,248	0,065	0,200	0,273	0,046	1,064
Huánuco	0,323	0,253	0,117	0,261	0,386	0,049	1,389
Ica	0,583	0,494	0,176	0,484	0,731	0,064	2,531
Junín	0,383	0,341	0,137	0,347	0,519	0,057	1,784
La libertad	0,443	0,352	0,186	0,367	0,693	0,065	2,106
Lambayeque	0,587	0,533	0,216	0,708	0,716	0,069	2,830
Lima	0,642	0,637	0,263	0,599	1,262	0,100	3,504
Loreto	0,411	0,344	0,127	0,511	0,493	0,060	1,947
Madre de dios	0,601	0,570	0,176	0,416	0,679	0,088	2,531
Moquegua	0,468	0,624	0,236	0,294	0,790	0,093	2,505
Pasco	0,290	0,294	0,081	0,232	0,408	0,062	1,367
Piura	0,543	0,478	0,178	0,694	0,609	0,065	2,566
Puno	0,324	0,476	0,083	0,193	0,380	0,053	1,510
San Martín	0,427	0,291	0,161	0,470	0,507	0,068	1,924
Tacna	0,539	0,631	0,193	0,356	0,838	0,088	2,645
Tumbes	0,493	0,507	0,240	0,645	0,637	0,074	2,596
Ucayali	0,531	0,433	0,182	0,788	0,676	0,083	2,694
Perú (*)	0,501	0,489	0,188	0,470	0,800	0,075	2,524

Nota. Ministerio del Ambiente, 2016 del sitio web <https://www.datosabiertos.gob.pe/dataset/huellaecol%C3%B3gica%C3%A1pitadepartamental-y-por-componentes-ministerio-del-ambiente>. DOC: Huella ecológica per cápita departamental y por componentes - Ministerio del Ambiente.

2.2.1.3 Escalas de la huella ecológica

El contraste de la Huella Ecológica (HE) en diferentes escalas proporciona una visión más completa y contextualizada de cómo las actividades humanas impactan el medio ambiente en distintos niveles, desde individuos y hogares hasta comunidades, regiones o países. Este análisis puede ayudar a identificar oportunidades de mejora y a diseñar estrategias más efectivas para reducir el impacto ambiental, considerando tanto las particularidades locales como las implicaciones globales.

La tabla 2 nos ofrece una visión panorámica sobre las diversas escalas de la huella ecológica, basándose en la información actualmente accesible a nivel nacional e internacional.

Tabla 2*Contraste de la Huella ecológica en diferentes escalas*

Contraste de la huella ecológica			
Escalas	HE (hag/hab/año)	Biocapacidad	Reserva/ deficit
Universidad Privada de Tacna (2023)	0,03	-	-
Tacna (2016)	2,65	-	-
Perú (2016)	2,52	3,79	1,5 (Re)
Latinoamérica (2014)	2,77	5,27	2,5 (Re)
Mundial (2017)	2,70	1,70	-1,00

Es esencial resaltar que los valores presentados en este análisis son estimaciones de diferentes años debido a la falta de actualizaciones en esta área. A pesar de que este retraso temporal podría influir en la exactitud de los valores mencionados, su efecto es restringido, ya que la Huella Ecológica puede experimentar cambios notables en un corto período, especialmente en poblaciones extensas como las de una ciudad o regiones más grandes. En consecuencia, la exposición de las diversas escalas sirve únicamente como una guía para realizar un análisis en contexto.

2.2.2. Huella Ecológica Corporativa

Anteriormente, muchas empresas se centraban principalmente en las ganancias y el factor económico. En la actualidad, un número creciente de consumidores muestra un interés por la sostenibilidad y tiende a elegir productos y servicios que sean respetuosos con el entorno natural.

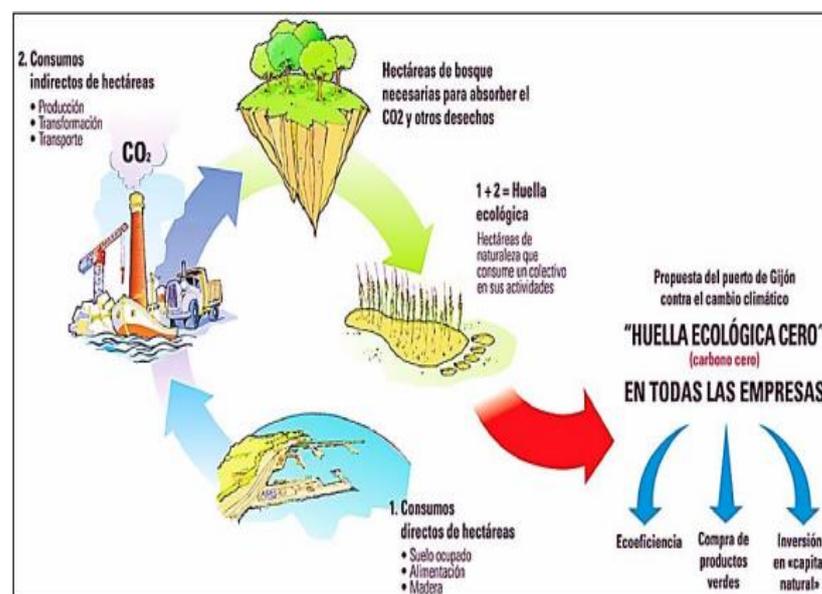
Con el aumento de la conciencia ambiental, muchas empresas han comenzado a implementar prácticas sostenibles y a considerar el impacto ambiental de sus operaciones y productos. Las entidades públicas también juegan un papel importante al apoyar con políticas y normas ambientales que fomentan la economía circular, es decir, un enfoque en el uso eficiente de los recursos y la reducción de residuos.

El estudio realizado por Wackernagel y Rees se centra en individuos o grupos de población dentro de un área geográfica específica, pero la Huella Ecológica también es relevante para las empresas, dado que estas también participan en el consumo de recursos y la generación de residuos que afectan a su entorno operativo.

La figura 9 muestra que, dentro del ámbito empresarial, la medición de la Huella Ecológica recibe el nombre de "Huella Ecológica Corporativa". Esta medida permite evaluar el impacto ambiental de cualquier organización al considerar su consumo de productos y servicios, así como la cantidad de territorio requerido para asimilar los desechos que genera (Altamirano, 2020).

Es esencial medir y considerar la Huella Ecológica Corporativa, ya que el sector empresarial, industrial e institucional puede tener un impacto negativo significativo en los problemas ambientales, como la emisión de diversos contaminantes. Al calcular y comprender su Huella Ecológica, las empresas pueden identificar áreas de mejora y trabajar hacia una mayor sostenibilidad y reducción de su impacto ambiental.

Figura 9
Huella ecológica corporativa



Nota. Doménech, 2007 del sitio web <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31373/1/T4796i.pdf>
f. DOC: Guía Metodológica para el Cálculo de la Huella Ecológica Corporativa.

2.2.2.1. Consumo e intensidad energética

Para calcular la huella ecológica se debe tener en cuenta su división entre el consumo y productividad. En este caso la demanda o consumo de energía fósil se da en unidades

de kilowatt y mediante los coeficientes de intensidad energética, convierte el consumo de los mismos a gigajoules (Doménech, 2010).

Al obtener los consumos generados en unidades, conocer sus productividades (naturales o energéticas) y convertirlo a emisiones de dióxido de carbono, se procede a calcular la huella ecológica de cada tipo de ecosistema (terrenos cultivables, pastos, mar productivo, bosques, terrenos artificializados, y energía fósil). (Carballo, 2009)

2.2.2.2. Inventario de emisiones

Conocida como huella de carbono (HC) es un instrumento de gestión e indicador ambiental que busca reflejar la totalidad de los gases del efecto invernadero (GEI) en toneladas de CO₂-eq. Este instrumento facilita una comprensión general del funcionamiento de la organización, permitiendo identificar áreas clave de mejora tanto en términos ambientales como económicos. Además, informa a los usuarios acerca del impacto de sus operaciones en el cambio climático, con el propósito de que puedan tomar medidas para reducirlo (Fondo Nacional del Ambiente , 2007).

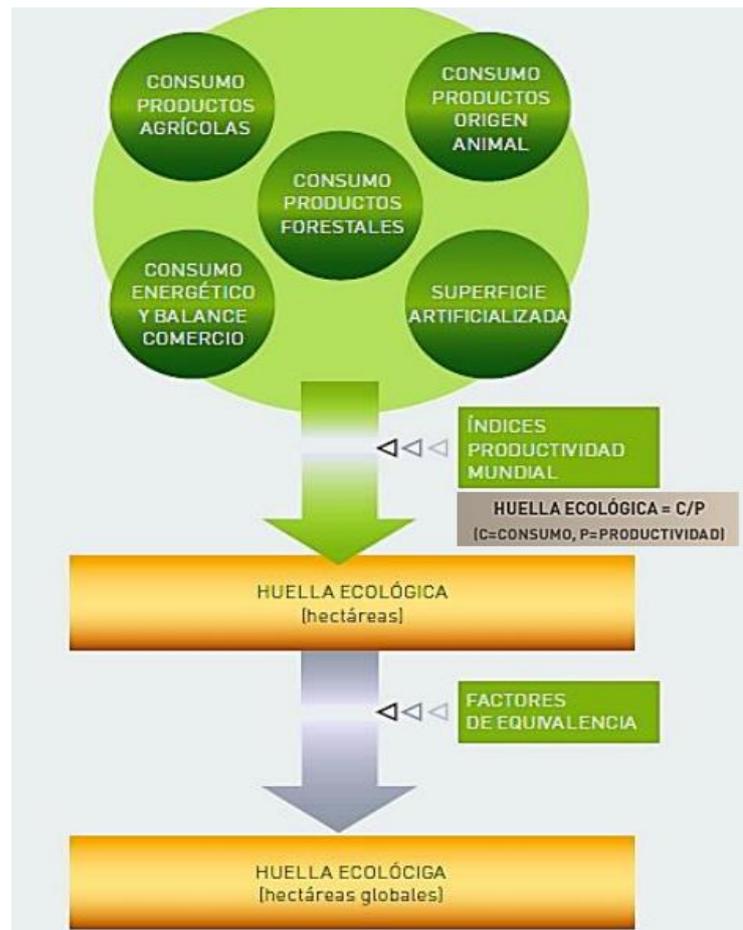
2.2.2.3. Valoración de la huella ecológica

Consiste en calcular la cantidad de tierra ecológicamente productiva necesaria para atender las necesidades de las personas que viven en una región específica. En la figura 10 se observa un diagrama para calcular la huella ecológica, dentro del diagrama muestra los índices de productividad a nivel global o local, el consumo de la actividad y el factor de equivalencia.

Por ejemplo, en el caso de los combustibles fósiles, que son recursos de alto consumo, se determina la Huella Ecológica de una zona al dividir el gasto total de energía por la capacidad de un ecosistema forestal para absorber dióxido de carbono (Andrade y Défaz, 2012).

Figura 10

Diagrama del cálculo de la huella ecológica



Nota. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, 2008.
DOC: Análisis de la Huella Ecológica de España.

2.2.2.4. Captura de carbono

Los árboles tienen la capacidad de absorber el carbono, lo que hace que los bosques sean de gran relevancia en el contexto actual, especialmente en relación al cambio climático y el efecto invernadero. Esto ha llevado a la implementación de iniciativas de conservación de bosques, programas de reforestación y otras estrategias de gestión del suelo (Pichardo, Chávez y Gallegos, 2008).

Estudios científicos han confirmado que los ecosistemas forestales albergan una cantidad de carbono considerable, que es de 20 a 100 veces mayor por unidad de área en comparación con las tierras de cultivo. Esto subraya la importancia crítica de los bosques en la regulación del dióxido de carbono presente en la atmósfera.

La evaluación precisa de cómo se mueve y se intercambia el carbono entre los bosques y la atmósfera es uno de los desafíos más significativos en el debate sobre el cambio climático. Esto se debe a la complejidad del ciclo biogeoquímico involucrado en este proceso (García y Ordoñez, 1999).

En efecto, los procesos de captura y emisión de carbono forman parte de un sistema que incluye cuatro tipos de reservorios: Biomasa (tanto aérea como radicular), Materia vegetal en descomposición, Hojarasca y Suelos. Además, se ha señalado que los ecosistemas forestales desempeñan un papel fundamental en la regulación de los niveles de dióxido de carbono (CO_2) en la atmósfera. No obstante, la capacidad de capturar y almacenar carbono está influenciada por factores como la edad promedio de los árboles, ya que a medida que estos envejecen, su eficiencia en la absorción de carbono tiende a disminuir (Fondo Mundial para la Naturaleza, 2008).

2.2.2.5. Superficies productivas

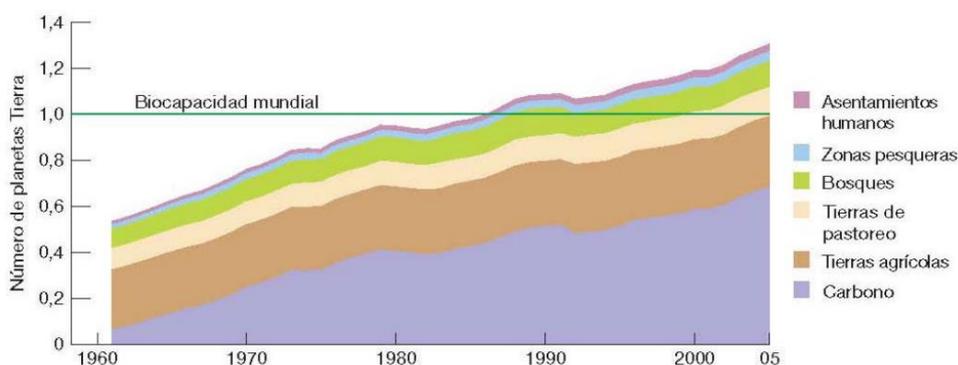
La figura 11 muestra la distribución de la huella ecológica mundial en función de los distintos tipos de territorio, la información proporcionada sobre las seis clases principales de uso de la tierra según la Global Footprint Network (GFN) en 2010 es la siguiente:

- Territorio para la absorción de CO_2 : Se refiere a la superficie de bosque necesaria para absorber las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) generadas por el consumo de combustibles fósiles para la producción de energía. Esta categoría incluye el consumo en la producción de bienes, gastos en vivienda, transportes y otras actividades que emiten CO_2 .
- Territorio agrícola (cultivos): Es el área destinada a la producción de vegetales que se consumen como alimentos. Este territorio es la zona más eficiente en términos ecológicos y produce la mayor cantidad de biomasa utilizable de forma neta.
- Superficie de pastos: Se refiere al área destinada al pastoreo de ganado para la producción de carne, leche u otros productos de origen animal.
- Superficie forestal: Es el área utilizada para la producción de productos forestales, como madera y papel. Los bosques también desempeñan un papel importante en la captura de carbono y la conservación de la biodiversidad.
- Terreno construido: Se refiere a las áreas directamente utilizadas por asentamientos humanos e infraestructuras, como ciudades, carreteras, edificios y otras construcciones.
- Mar productivo: Es el área marina utilizada para la producción de pescado y mariscos mediante actividades pesqueras y acuícolas.

Además de estas seis clases, también se menciona el "Territorio reservado para la biodiversidad". Esta categoría probablemente hace referencia a áreas designadas específicamente para la conservación de la biodiversidad, como reservas naturales, parques nacionales y otras áreas protegidas que buscan preservar ecosistemas y especies en peligro de extinción. (Informe Planeta Vivo, 2011)

Figura 11

Distribución de la huella ecológica mundial en función de los distintos tipos de territorio.



Nota. Informe Planeta Vivo, 2011 del sitio web https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/23950/Q_Tesis_SOL.pdf?sequence=1&isAllowed=ye. DOC: Huella Ecológica por componente de España.

2.2.3. Huella ecológica en universidades

El compromiso con el desarrollo sostenible no es ajeno a las instituciones educativas, y esto es una tendencia global que ha llevado a muchas universidades a asumir responsabilidades ambientales y promover la sostenibilidad en sus actividades.

Un ejemplo de esto es la Universidad de Santiago de Compostela (USC) en España, que a través de su Plan de Desarrollo Sostenible, ha implementado medidas de sostenibilidad en sus aspectos administrativos y académicos. Esto ha contribuido a concientizar sobre la importancia de la protección del medio ambiente en toda su comunidad universitaria.

En el marco de este plan, la Oficina de Desarrollo Sostenible ha desarrollado una metodología sencilla para identificar y evaluar el impacto ambiental de las diversas actividades que se realizan en la universidad. El objetivo principal es diseñar programas que incluyan medidas de mitigación destinadas a reducir los impactos ambientales significativos que se identifiquen.

En este contexto, la USC ha adaptado el indicador de la Huella Ecológica a su entorno y ha llevado a cabo un diagnóstico exhaustivo de las actividades universitarias para determinar los niveles de consumo de recursos. Los resultados obtenidos revelan que la USC requeriría una extensión de terreno de 5,217 hectáreas de bosque para absorber la cantidad de dióxido de carbono emitido por la universidad. Esto representa 55 veces la superficie ocupada por la propia institución. Como resultado de estos hallazgos, se han implementado medidas de ecoeficiencia con el fin de promover un desarrollo sostenible (López y Blanco, 2009).

La Universidad de Granada ha integrado principios de ética ambiental en sus operaciones, con el objetivo de cumplir con el desarrollo sostenible y preservar el legado para las generaciones venideras. Esto surge a raíz de los hallazgos en el estudio de la Huella Ecológica, que indican que la universidad requiere una superficie de 48 104 520 metros cuadrados para mantener sus operaciones, mientras que su campus actual abarca aproximadamente 484 335 metros cuadrados, lo que equivale a alrededor de 100 veces la superficie de ese campus para satisfacer sus necesidades (Cárdenas y Peinado, 2010).

Varias universidades de renombre, como la Universidad Autónoma de Madrid, la Universidad de Toronto, la Universidad de Newcastle, la Universidad de Málaga, entre otras, han demostrado su compromiso con la promoción del desarrollo sostenible y la preservación del medio ambiente. Estas instituciones han llevado a cabo el cálculo de su Huella Ecológica en función de su contexto específico con el objetivo de evaluar su impacto ambiental.

Es importante señalar que no solo las universidades europeas están involucradas en iniciativas de desarrollo sostenible, sino que también las universidades latinoamericanas han realizado investigaciones para calcular la Huella Ecológica de sus actividades. Un ejemplo de esto es la Universidad Central Marta Abreu de Santa Clara, Cuba, que ha realizado este cálculo con el propósito de mejorar su gestión ambiental a través de la promoción de la ecoeficiencia. Los resultados de este estudio indican que la Huella Ecológica per cápita en esta universidad es de 0,215 hectáreas globales por persona (Burgos y Figueroa, 2016).

Así mismo, la Universidad de Nariño, la Universidad Tecnológica de Pereira y Universidad Central de Venezuela han aplicado este indicador ambiental a su realidad para proponer medidas de mitigación. En la tabla 3 se observa un resumen de todas las universidades a nivel mundial con un aproximado de su HE. También incluye el año correspondiente a la investigación.

Dada esta complejidad y diversidad de factores, se presenta a continuación la tabla 3 que ilustra las diversas huellas ecológicas. Cabe destacar que las universidades analizadas están ubicadas en América Latina, a excepción de una que se encuentra en España. Esta tabla ofrece una visión panorámica de las disparidades en los impactos ambientales entre estas instituciones, reafirmando la necesidad de abordar las diferencias contextuales al interpretar estos datos.

Tabla 3

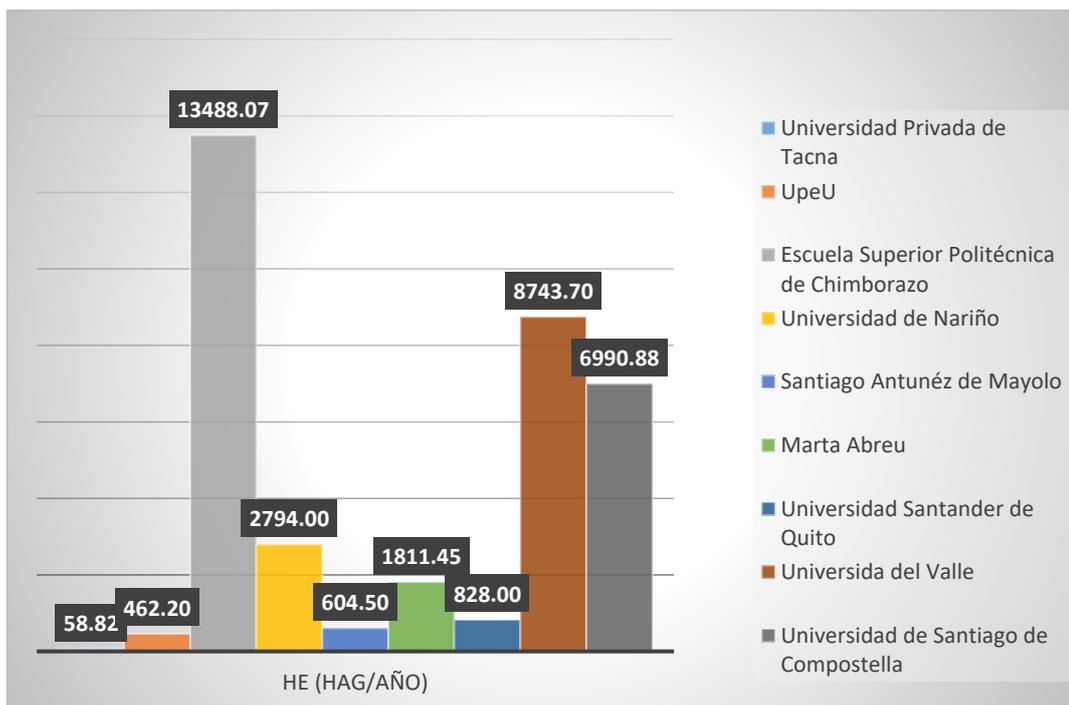
Huella Ecológica de diferentes universidades a nivel mundial

Universidades	País	Año	HE (hag/año)
Universidad Privada de Tacna	Perú	2023	58,82
UpeU	Perú	2017	462,20
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo	Ecuador	2017	13488,07
Universidad de Nariño	Colombia	2014	2794,00
Santiago Antunéz de Mayolo	Perú	2014	604,50
Marta Abreu	Cuba	2012	1811,45
Universidad Santander de Quito	Ecuador	2011	828,00
Universidad del Valle	Colombia	2009	8743,70
Universidad de Santiago de Compostella	España	2008	6990,88

Nota. Elaborado a partir de Cárdenas y otros (2010), Torregrosa (2010), Leyva y otros (2008), PUCP (2011), Hernández et al (2014), Burgos y Figueroa (2016), Molina y Ocampo (2016), Guerra y Rincón (2017), Footprint Network (2018)

Figura 12

Comparación de la huella ecológica de distintas universidades



En la figura 12 existe una gran variación en los resultados de la huella ecológica de las diferentes universidades debido a la selección de las diferentes categorías de consumo de recursos evaluados, causando que no se dé una comparación equitativa. También la realidad de cara país es distinta por ejemplo un país como Canadá por los fríos extremos usan calefacciones en sus instalaciones mientras que en Colombia no se cuenta implementación de calefacciones por el clima caluroso.

Es evidente que las universidades han avanzado significativamente en la investigación de la Huella Ecológica (HE). Sin embargo, una de las dificultades más frecuentes que enfrentan es la falta de datos registrados que les permita abordar ciertas categorías de consumo. Esto explica las diferencias en la metodología utilizada, aunque se mantienen las características principales de los indicadores, los factores, la aplicación de fórmulas y los coeficientes de biocapacidad (Burgos y Figueroa, 2016).

Las universidades desempeñan un papel significativo como actores sociales que contribuyen al avance a través de la formación de capital social y la creación de conexiones con la realidad social circundante. Además de impartir conocimientos hacia afuera, buscan educar a estudiantes que puedan enriquecer su entorno social. Es importante destacar que las universidades no solo son objeto de estudio en la investigación socioambiental debido a los impactos que generan en su comunidad, sino también porque comparten conocimientos con su comunidad y otras instituciones a través de actividades de carácter social.

2.2.4. Metodologías utilizadas para hallar la HE

El enfoque propuesto por Chaves (2006) para determinar la Huella Ecológica se basa en el uso de un cuestionario diseñado por la organización Global Footprint Network (GFN). Este cuestionario consta de 16 preguntas que abordan las principales actividades humanas que consumen recursos, como alimentación, movilidad, bienestar y bienes, y servicios. A través de un proceso automatizado, este cuestionario digital realiza cálculos específicos para cada categoría, aunque su desventaja radica en la falta de transparencia en los cálculos y la posibilidad de que no brinde una precisión absoluta en la medición de la Huella Ecológica.

Por otro lado, Carballo y Do Carme proponen el "Método compuesto de las cuentas contables", que se basa en una matriz que facilita la recopilación de datos relacionados con diversas categorías de consumo, incluyendo la generación de residuos sólidos y el uso de superficie para actividades específicas. Aunque este método puede ser aplicado en organizaciones que mantienen registros contables de sus actividades, no se ha evaluado su eficacia en instituciones educativas como colegios o universidades, ya que estas no suelen tener una amplia gama de categorías de consumo ni un seguimiento detallado de insumos específicos. En consecuencia, no existe garantía de que este método sea efectivo para calcular la Huella Ecológica de una universidad (Carballo y García, 2010).

El otro método es propuesto por López y Blanco para calcular la HE, está conformado por dos procedimientos "cálculo directo" se usará para las categorías que cuenten con boleta de pago o registro como energía eléctrica, agua, consumo de papel y la edificación. Además, para las categorías de gastos que no cuenten con registros o comprobantes de pago, se sugiere llevar a cabo un "cálculo indirecto". Este enfoque implicaría la realización de encuestas dirigidas a la comunidad universitaria y una evaluación detallada de los residuos sólidos. El propósito sería recopilar datos estadísticos a partir de una muestra representativa que permita estimar el consumo total en las categorías de transporte, consumo de papel y generación de residuos sólidos.

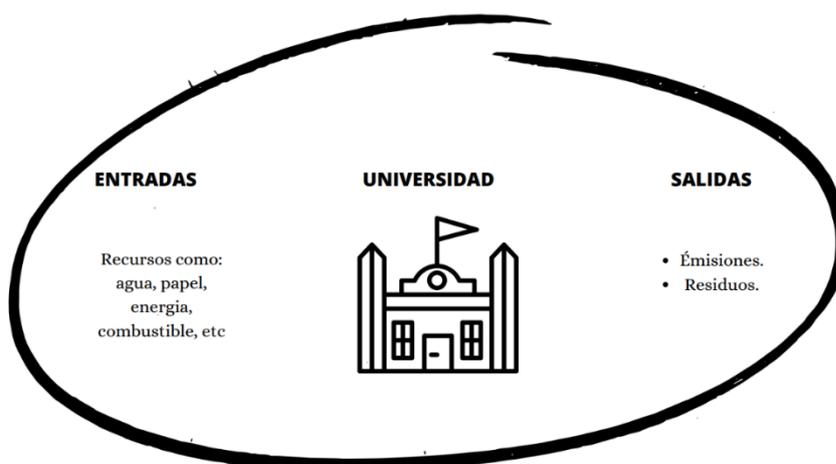
Por último, para hallar la HE total de la universidad, se debe determinar el área de bosques necesarias para absorber las emisiones de CO_2 generado por el consumo. La fórmula implica que al dividir la cantidad de emisiones de CO_2 entre la capacidad de los bosques para absorber CO_2 , se calculará la superficie de bosques necesaria. A esta cifra se le añadirá el espacio ocupado por la instalación universitaria.

2.2.4.1. Categorías de consumo

Primero se debe tener en cuenta a la universidad como un sistema dentro de un entorno para poder seleccionar las categorías a trabajar. Por lo tanto, las entradas y salidas de este sistema son los impactos ambientales que se identifican. En la figura 13 se observa un esquema con ejemplo de categorías como energía, agua, combustible, emisiones, etc.

Figura 13

Análisis del Sistema de una universidad



Nota. Elaborado a partir de la Universidad de Santiago de Compostela 2014 del sitio web <http://www.ucm.es/info/ec/jec10/ponencias/404carballoetal.pdf>. DOC: Consumo de energía y medio ambiente en Galicia: una visión desde la huella ecológica.

Diferentes universidades han calculado su Huella Ecológica de sus actividades teniendo en cuenta las variables de entradas y salidas, las categorías principales que han sido identificadas para este tipo de estudio son:

- Víveres.
- Transporte.
- Instalaciones.
- Bienes y Servicios.
- Energía eléctrica.
- Combustibles fósiles.
- Agua.

- Papel.
- Residuos.

No obstante, cada universidad debe adaptar sus categorías según su situación particular, lo que significa que no siempre se abordan todas las categorías en la estimación de la Huella Ecológica. Esto depende de los recursos disponibles para la investigación y la información que la institución pueda proporcionar. De acuerdo con los estudios previos, las categorías más enfocadas suelen ser la movilidad, el consumo de energía eléctrica y la infraestructura. Estas tres categorías son cruciales debido a su fuerte impacto en la Huella Ecológica y, por lo tanto, en las emisiones de CO_2 .

Aunque se limite el número de categorías, es importante destacar que el cálculo de la Huella Ecológica proporciona una referencia fundamental sobre el consumo de recursos de la institución. También brinda la oportunidad de complementar con más categorías en años posteriores para obtener una evaluación más precisa de la Huella Ecológica.

Para este proyecto en particular, se han seleccionado seis categorías de acuerdo a los antecedentes que identifican las actividades con la mayor contribución a las emisiones de CO_2 (movilidad, energía eléctrica e infraestructura), así como la información disponible por parte de la universidad y los recursos disponibles para recopilar dicha información (Galli, 2013). En el caso del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna las categorías seleccionadas fueron: energía eléctrica, movilidad, construcción de edificios, agua, papel y generación de residuos sólidos.

2.2.5. Desarrollo sostenible y las ODS

El término "desarrollo sostenible" surgió inicialmente en 1987 con la publicación del Informe Brundtland. Este informe alertaba sobre los efectos negativos en el medio ambiente causados por el crecimiento económico y la globalización, y buscaba soluciones para abordar los desafíos relacionados con la industrialización y el aumento de la población.

En la actualidad, enfrentamos una serie de desafíos importantes, como el cambio climático, la pobreza y la escasez de agua, que solo pueden resolverse desde una perspectiva global y promoviendo el desarrollo sostenible. El desarrollo sostenible busca encontrar un equilibrio entre el progreso social, el crecimiento económico y la preservación del medio ambiente.

Con el objetivo de abordar estos desafíos, las Naciones Unidas adoptaron la Agenda 2030, que incluye diecisiete Objetivos de Desarrollo Sostenible. Estos objetivos representan metas compartidas para proteger nuestro planeta y asegurar el bienestar de todas las personas. Sin embargo, lograr estos objetivos requiere la participación activa de individuos, empresas y países de todo el mundo.

Los centros educativos buscan el desarrollo sostenible, porque ejercen un gran impacto sobre su entorno social donde se ubican. Son más las universidades comprometidas con el desarrollo sostenible pero especialmente los países desarrollados son las que incrementan compromisos en la sostenibilidad de sus actividades. También fomenta el compromiso de toda su comunidad universitaria en asumir, cumplir y colaborar con el cuidado del medio ambiente. (Inostroza, 2015)

2.3. Definición de términos

2.3.1. Coeficiente de fijación

Es la capacidad productiva de una superficie que varía según el tipo de suelo y no se puede comparar directamente entre tierras de cultivo y bosques. (Doménech, 2007).

2.3.2. Desarrollo sostenible

La sostenibilidad implica la capacidad de atender las demandas actuales sin causar perjuicio a las generaciones venideras, asegurando un equilibrio entre los aspectos sociales, económicos y ambientales (PNUD, 2015).

2.3.3. Dióxido de carbono

Es un gas de efecto invernadero abundante en la atmósfera, emite y absorbe radiación infrarroja, calentando la superficie terrestre y la atmósfera inferior. (Marambio, 2013)

2.3.4. Dióxido de carbono equivalente

Cuando se calcula la huella de carbono y la huella ecológica, se utiliza el CO_2 equivalente (tCO_2eq), unidad de medida en toneladas (The Planet App, 2020).

2.3.5. Factor de emisión

El valor se representa como la proporción entre la cantidad de gases de efecto invernadero y una medida cuantitativa de la actividad, por ejemplo, toneladas o kilogramos de GEI por unidad (INECC, 2014).

2.3.6. Gases de efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero atrapan el calor en la atmósfera, permitiendo la entrada de la radiación solar, pero restringiendo la radiación emitida por la superficie terrestre (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2022).

2.3.7. Hectárea global

Es una unidad que significa la bioproductividad de un espacio cualquiera del planeta, en un determinado año (Ewing, Goldfinger, Wackernagel, Stechbart y Rizk, 2008).

2.3.8. Huella de carbono

Es un indicador ambiental que calcula la cantidad total de gases de efecto invernadero (CO_2) que son liberados a la atmósfera (Organización Meteorológica Mundial, 2020).

2.3.9. Huella ecológica

Este indicador evalúa la extensión de tierra biológicamente productiva y la disponibilidad de agua necesaria para suministrar recursos naturales y absorber los residuos generados por la actividad humana (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2012).

2.3.10. Índice de conversión

Este índice se establecerá a través de la relación entre el consumo de materias primas, energía, combustibles, etc., y la gestión de un producto o residuo específico (INECC, 2014).

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Diseño de la investigación

El diseño de investigación no fue experimental porque se caracterizó por no involucrar la manipulación directa de variables independientes ni la asignación aleatoria de participantes a grupos de estudio. En este enfoque, el investigador observará y analizará fenómenos o variables en su entorno natural sin intervenir activamente en ellos.

El diseño de investigación no experimental permitió analizar datos existentes y observar patrones en la Huella Ecológica del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna sin intervenir directamente en su funcionamiento. Sin embargo, fue importante ser consciente de las limitaciones inherentes a este enfoque y considerar cómo se podrían ampliar las investigaciones en el futuro para obtener una visión más completa de la sostenibilidad de la institución.

3.2. Acciones y actividades

Siguiendo la metodología propuesta por López y Blanco se calculó las emisiones de dióxido de carbono y de la huella ecológica. Para eso se utilizó los factores de emisión Para cada categoría como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4

Factores de conversión de dióxido de carbono de las diferentes categorías de consumo y de generación de residuos sólidos

Categoría de consumo	Factor de conversión	Unidades	Fuente
Agua	0,25	kWh/m ³	Molina y Ocampo
Construcción de edificio	10,4	kg CO ₂ /m ²	MIES
Energía eléctrica	0,000547	tn CO ₂ /MWh	FONAM-BM
Papel reciclado	0,61	kg CO ₂ /kg	López y Blanco
Papel virgen	1,84	kg CO ₂ /kg	López y Blanco
Residuos Sólidos	1,92	kg CO ₂ /kg	Iregui y Marañon

3.2.1. Recopilación de datos directos

La universidad proporcionó información sobre los datos de consumo de agua, energía eléctrica, construcción de la edificación y sobre las compras de papel realizadas por el área administrativa.

a. Energía eléctrica

Los datos recolectados sobre el consumo de energía eléctrica de todo el ciclo académico del 2022-II y 2023-I de la Universidad Privada de Tacna se obtuvieron de los registros de consumo de energía proporcionados por la compañía distribuidora de energía (ELECTROSUR), y fueron agrupados y proporcionados por la universidad.

b. Agua

Los datos recolectados sobre el consumo de agua de todo el ciclo académico del 2022-II y 2023-I de la Universidad Privada de Tacna fueron extraídos de los recibos de agua emitidos por la entidad prestadora de servicio de agua potable (EPS-Tacna), y fueron agrupados y proporcionados por la universidad.

c. Papel

Es importante destacar que la universidad limita su consumo de papel a hojas de papel bond comercial virgen, excluyendo el uso de papel reciclado.

Además, en el contexto peruano, la mayoría de las hojas de papel bond comercial presentan un gramaje de 75 gramaje o 80 gramaje. Es relevante señalar que el valor de gramaje en los paquetes de hojas de papel, como el gramaje de 80 gramos, indica el peso de una hoja de papel con un metro cuadrado de superficie. Por lo tanto, una hoja de papel bond de tamaño A4, con dimensiones de 210 x 297 mm, pesa aproximadamente 5 gramos en el caso del papel de 80 gramaje, y 4.67 gramos en el caso del papel de 75 gramaje.

El dato de cantidad de hojas bond tamaño A4 fue proporcionado por almacén de todo el ciclo académico del 2022-II y 2023-I, en este caso solo se contiene hojas gramaje de 75 gramos.

Por lo tanto, a partir de la información de la cantidad de hojas bond tamaño A4 y el peso correspondiente a un papel de 75 gramos por hoja, se llevó a cabo una multiplicación para calcular la cantidad total de papel bond utilizado durante el ciclo académico que abarca desde 2022-II hasta 2023-I.

d. Área de construcción

En el caso de los datos del área construida del nuevo campus (FAING, FAU, SUM y biblioteca) se obtuvo de los planos brindados del área de infraestructura.

3.2.2. Caracterización de Residuos Sólidos

Para este paso se usó como referencia la “Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales” que nos permitió obtener información primaria relacionada a la caracterización de los residuos sólidos municipales. En este estudio se obtuvo datos como: generación per cápita, composición y densidad de los residuos. (Ministerio del Ambiente, 2019)

3.2.2.1 Capacitación al Servicio de limpieza y a los estudiantes voluntarios

Se realizó dos capacitaciones una dirigida para las señoras encargadas del aseo y el otro para los quince estudiantes voluntarios, las charlas solo duraron una hora.

Para el desarrollo de la capacitación se consideró las siguientes pautas:

- Escoger un ambiente adecuado para la charla (aula o el auditorio)
- Proyector y presentación en Canva.

Se tuvo en cuenta la utilización de materiales de comunicación que ayudo en la explicación de la tesis y la importancia de realizar la caracterización de residuos para el desarrollo de la misma.

La guía propuesta por la MINAM recomienda que la capacitación contenga los siguientes temas:

- Lineamientos generales de la gestión de residuos.
- ¿Qué es la caracterización de residuos sólidos y para qué sirve?
- Metodología para el desarrollo de esta actividad.
- Aspectos de salud y seguridad.

3.2.2.2. Acumulación de los residuos sólidos

La acumulación de los residuos sólidos de la nueva facultad del campus Capanique II (facultad de ingeniería, facultad de arquitectura, SUM y biblioteca) fue la tarea encargada del servicio de limpieza la cual lo dejaron en el área asignada como centro de acopio, este procedimiento se realizó por 8 días.

3.2.2.3. Procedimiento para el análisis de muestras

Con la ayuda de los quince estudiantes voluntarios se realizó el análisis de muestras para tener una mayor eficiencia en el trabajo.

a. Pesaje de muestras de RS

Se utilizó una balanza para pesar las bolsas con los RS, pero hay que tener en cuenta la rotulación porque se dividió por días. Al concluir la actividad se corroboró con el total de bolsas.

b. Densidad de RS

En este paso, se consideraron tanto la cantidad de bolsas como los pesos registrados en el paso anterior. Además, se utilizó un recipiente cilíndrico de alrededor de 200 litros, para el cual se tomaron las medidas de su diámetro y altura. El contenido de las bolsas se transfirió al cilindro, dejando aproximadamente 10 cm de espacio vacío para facilitar su manipulación. Se levantó el cilindro a unos 15 cm de altura y se dejó caer así sucesivamente hasta conseguir que los residuos se acomoden en el cilindro. Por último, se tomó nota de los datos de altura.

Se calculó la densidad de residuos sólidos dividiendo el peso de los residuos sólidos entre el volumen que ocupan los mismos por cada día.

La ecuación 1, permite calcular la densidad de residuos sólidos por cada día (referido a la ecuación 1).

$$d = \frac{W}{V_r} = \frac{W}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \times (H_f - H_o)} \quad (1)$$

Donde:

d: Densidad [kg/m^3]

W: Peso de los residuos sólidos por día.

D: Diámetro del cilindro.

H_f : Altura final (la altura total del cilindro)

H_o : Altura inicial (el valor de la altura que no está ocupado por residuos sólidos en el cilindro)

La ecuación 2, permite calcular la densidad promedio (S_p) (referido a la ecuación 2)

$$Sp = \frac{\frac{kg}{m^3} \times Día1 + \frac{kg}{m^3} \times Día2 + \dots + \frac{kg}{m^3} \times Día7}{7} \quad (2)$$

c. Composición de RS

Para esta actividad se contó con el uso de equipos de protección personal y una manta para asegurar que las muestras no ensucien el piso.

Se vertió encima de la manta los residuos sólidos con el objetivo de homogenizar la muestra y se trozo los residuos voluminosos.

Si se tenía un volumen de residuos muy grande se aplicaba el método de cuarteo la cual se divide en cuatro partes el montón y se escoge las dos partes opuestas para formar un nuevo montón más pequeño.

Luego se procedió a segregar cada tipo de residuo de acuerdo a lo señalado en el Anexo 2 como "Ficha de registro". Finalmente, se procedió a medir el peso de cada una de las bolsas que contenían los residuos segregados, y se registraron estos datos en la "Ficha de registro " como se puede observar en la tabla de los Anexos 2 y 3.

Para el cálculo de la composición de RS se sumó los pesos obtenidos de cada tipo de residuo de los días de desarrollo del estudio y luego se realizó la suma total por día como se ve en el Anexo 2.

La ecuación 3, permite calcular la composición porcentual por cada tipo de residuo sólido (referido a la ecuación 3).

$$Composicion\ porcentual = \frac{Peso\ Total\ por\ tipo\ de\ residuo}{Suma\ Total\ de\ residuos\ por\ día} \times 100 \quad (3)$$

3.2.3. Recopilación de datos indirectos

En esta fase del proyecto, no se disponía de registros previos sobre el consumo en las categorías de movilidad de la comunidad universitaria, el uso de papel por parte de los estudiantes y la generación de residuos sólidos. Por esta razón, se llevó a cabo la realización de dos encuestas: una dirigida a los estudiantes con el propósito de obtener datos estadísticos sobre sus patrones de movilidad y uso de papel, y otra encuesta específicamente dirigida al personal del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna, con el objetivo de recopilar información sobre sus hábitos de movilidad.

El diseño de las encuestas se confeccionó considerando las principales características propuestas por (Fowler, 2014) , incluyendo aspectos como el tipo de

población y la estructura de las preguntas y respuestas. El contenido de las preguntas se basó en la metodología de López y Blanco. Para facilitar la recopilación de datos, se utilizó un enfoque asistido por computadora.

La encuesta contiene preguntas sobre el uso de papel bond y el papel reciclado, el aproximado de la cantidad de hojas utilizadas durante un año, el tipo de movilidad que utilizan para transportarse a la universidad, la cantidad de personas que van en un auto de uso personal, las veces que se movilizan a la universidad, y la distancia de la universidad a su casa. (Jaimes, 2019)

Para la encuesta se utilizó la aplicación gratuita de formularios “Google Forms”, se envió al correo institucional de los estudiantes y del personal de la UPT, y se dio un plazo de dos semanas para tener un tamaño de muestra significativa.

a. Movilidad

Siguiendo la metodología establecida para recopilar información en esta categoría, se llevó a cabo una encuesta que abarcó a un total de 102 individuos pertenecientes a la comunidad universitaria. Esta población incluyó a estudiantes, profesores y personal administrativo de los semestres correspondientes a 2022-II y 2023-I.

Los rangos de distancias fueron agrupados por los once distritos de Tacna y los kilómetros fueron estimados con ayuda de la aplicación de Google maps que da una estimación de las distancias entre distritos y la universidad.

Tabla 5

Distritos desde donde se desplazan los integrantes de la comunidad del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna

Distancias					
0-3,5km	3.5-5 km	5-10 km	10-20 km	30-50 km	50-64 km
Tacna, Ciudad Nueva Y Pocollay	Alto de la Alianza y Gregorio Albarracín	Calana	Pachía	La Yarada, Palca e Inclán	Sama

Con base en los datos de la tabla 5 y con la información obtenida mediante las encuestas virtuales aplicados a los miembros de la comunidad universitaria, se realizó un análisis para calcular la cantidad de personas que utilizan cada tipo de movilidad.

Por último, se tomó en cuenta la pregunta adicional de la encuesta que ayudo a estimar la frecuencia con la que los participantes realizaban el recorrido de las distancias mencionadas por semana. Esta frecuencia variaba desde 1 a 5 veces por semana. Utilizando esta información, se calculó el total de kilómetros recorridos por año para cada tipo de movilidad.

Para hacer este cálculo, se multiplicó la distancia media recorrida por el número promedio de recorridos por semana y luego se extrapolo a un año. Luego, estos valores fueron sumados para cada tipo de movilidad, obteniendo así el total de kilómetros recorridos por año para cada medio de transporte. Esta información resulta fundamental para tener una visión más completa del impacto de cada tipo de movilidad dentro de un año.

b. Papel

Se empleó el método de cálculo indirecto para estimar el consumo de papel por parte de los estudiantes y profesores de la universidad, basándose en una encuesta que se encuentra detallada en los anexos 2 y 3.

La encuesta aplicada a los participantes proporcionó información sobre la cantidad de papel, tanto virgen como reciclado, utilizado durante los ciclos académicos de 2022-II y 2023-I. En el análisis de esta categoría, se consideraron dos tipos de papel, pero los cálculos indirectos se basaron en gramajes y proporciones uniformes proporcionados por el almacén. Esto implicó la asunción de que todos los estudiantes y docentes utilizaron papel con el mismo gramaje, ya que esta información generalmente no está disponible para los consumidores al momento de usar el material.

Este enfoque de cálculo permitió obtener estimaciones imparciales sobre el consumo de papel en la comunidad universitaria durante los mencionados períodos académicos. Al estandarizar los parámetros de gramaje y proporciones, se evitó sesgar las estimaciones y se obtuvo una imagen más precisa del uso de papel virgen y reciclado en la universidad.

Gracias a los datos recopilados, se dispuso de información de 81 estudiantes que informaron haber utilizado papel reciclado y proporcionaron estimaciones sobre la cantidad utilizada. Se realizó un análisis detallado para cada tipo de papel con el fin de obtener estimaciones más precisas del consumo de papel en la comunidad universitaria, lo que permitió tener una visión más precisa del impacto ambiental del uso de papel durante el ciclo académico.

c. Residuos Sólidos

Se utilizó como referencia la Guía para la Caracterización de Residuos Sólidos Municipales del MINAM (2019) para la estimación de generación de RS No domiciliarios. Se obtuvo los datos sobre los pesos de las bolsas por los 8 días de recolección de los 4 edificios del campus Capanique II (FAING, FAU, SUM y la Biblioteca).

La ecuación 4, permitió calcular la cantidad de residuos sólidos per cápita por sede (referido a la ecuación 4).

$$GP_{Ci} = \frac{WDía1 + WDía2 + WDía3 + \dots + WDía7}{\text{Número de la población universitaria x 7 días}} \quad (4)$$

Como se puede apreciar en la ecuación, se procedió a trabajar con los registros del peso total de los residuos sólidos recolectados diariamente. Estos datos se dividieron entre el número de personas presentes en el campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna y por la cantidad de días en que se realizaron las mediciones. En este contexto, se consideraron únicamente 7 días, excluyendo los datos del "día 0". Se tomaron muestras durante todos los días posteriores para calcular los promedios a lo largo del estudio. Los resultados obtenidos a través de esta ecuación representan la cantidad de residuos sólidos generados por cada actividad llevada a cabo en la universidad.

La ecuación 5, permite calcular la cantidad de residuos sólidos per cápita de la facultad (referido a la ecuación 5).

$$PC = \frac{GPC_i + GPC2 + \dots + GPC}{n} \quad (5)$$

En el proceso de proyección anual de la generación total de residuos sólidos para el campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna, se empleó la información sobre la generación per cápita. Esta cifra fue multiplicada por el número total de la población universitaria y los meses laborales. Esta metodología permite tener una estimación precisa de la cantidad de residuos sólidos generados en la universidad en función de la cantidad de personas que forman parte de ella.

3.2.4 Cálculo de las emisiones de dióxido de carbono

3.2.4.1 Cálculo directo

Para el cálculo directo de emisiones de dióxido de carbono se multiplicó el consumo anual de cada categoría por el correspondiente factor de emisión. El factor de emisión es una constante que permite convertir el consumo de una categoría específica a la cantidad de dióxido de carbono emitido en unidades de masa, como kilogramos (kg) o toneladas (tn).

Por eso se utilizó la ecuación 6, que resume el proceso mencionado anteriormente. En dicha ecuación, se consideró el factor de emisión apropiado para cada categoría, teniendo en cuenta la unidad de medida específica utilizada en esa categoría. Por ejemplo, para el consumo de agua, se tomó en cuenta la unidad de metros cúbicos, mientras que, para el consumo de energía eléctrica, se utilizó la unidad de kilovatios.

El resultado obtenido para cada categoría, en unidades de masa, ya sea en kilogramos o toneladas de dióxido de carbono emitido, se sumó para obtener el total de emisiones generadas por todas las categorías analizadas. (Jaimes, 2019)

Otro dato importante es que para la categoría de la unidad de la edificación solo es válido cuando la infraestructura tiene menos de 50 años de antigüedad.

La ecuación 6, permitió calcular las emisiones de dióxido de carbono de las diferentes categorías de consumo que deben de estar en unidades de masa (referido a la ecuación 6).

$$Emisiones = Consumo \times Factor Emision \quad (6)$$

Donde:

Emisiones: Emisiones de CO_2 (kg CO_2)

Consumos: Consumo de cada categoría (unidad/año)

Factor Emisión: de acuerdo a cada categoría (kg CO_2 /unidad)

a. Energía eléctrica

Los datos obtenidos por las boletas de pago agrupadas durante un año se le aplicó el factor de emisión de la energía ($kW.h$) que es $0,000547 \frac{tnCO_2}{kWh}$, para hallar la cantidad de emisión de dióxido de carbono.

La ecuación 7, permitió calcular las emisiones de dióxido de carbono de la energía eléctrica (referido a la ecuación 7).

$$Emisiones = Energía \times 0,000547 \frac{tnCO_2}{kWh} \quad (7)$$

b. Agua

El recibo de agua nos dio el valor del volumen de agua consumida por las unidades operativas del nuevo campus universitario (facultades, laboratorios, oficinas, cafeterías, auditorio y la biblioteca). Para esta categoría primero se convirtió los metros cúbicos a kilowatts por hora y luego se aplicó el factor de emisión de energía eléctrica:

La ecuación 8 y 9, se usó dos ecuaciones para calcular las emisiones de dióxido de carbono del agua (referido a la ecuación 8 y 9).

$$Energía = Volumen\ de\ agua \times 0,25 \frac{kWh}{m^3} \quad (8)$$

$$Emisiones = Energía \times 0,000547 \frac{tnCO_2}{kWh} \quad (9)$$

c. Papel

Este dato brindo información de todo el papel utilizado del año por el área administrativa y de docencia del campus Capanique II de la universidad, para la ejecución de sus actividades laborales con solo fines académicos. Además, es importante tener en cuenta que para esta parte del trabajo solo se aplicó para consumo de papel virgen.

La ecuación 10, permitió calcular las emisiones de dióxido de carbono del papel virgen (referido a la ecuación 10).

$$Emisiones = Peso\ de\ papel\ bond\ virgen \times 1,84 \frac{kgCO_2}{kg} \quad (10)$$

d. Construcción de Edificios

Este dato nos brindó la universidad para saber el área de los 4 edificios que conforma el nuevo campus. Posteriormente de conseguir el área total del campus se multiplico por el factor de emisión de $10,04 \frac{kgCO_2}{m^2}$ para obtener la cantidad de emisión de dióxido de carbono.

La ecuación 11, permitió calcular las emisiones de dióxido de carbono del área construida (referido a la ecuación 11).

$$Emisiones = \text{Área construida total} \times 10,4 \frac{kgCO_2}{m^2} \quad (11)$$

Para aplicar la anterior formula solo es válido para edificios con menos de 50 años de antigüedad en este caso si se aplicó para el nuevo campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna que se inauguró el 2019 y es un ejemplo prominente de la innovación en la arquitectura y la construcción.

3.2.4.2 Cálculo indirecto

Para calcular indirectamente los consumos, se utilizaron datos estadísticos obtenidos de una encuesta y de la caracterización de residuos sólidos. Los valores anuales de consumo en cada categoría se multiplicaron por los correspondientes factores de emisión de dióxido de carbono, expresados en unidades de masa como kilogramos (kg) o toneladas (tn).

La encuesta recopiló información de una muestra significativa de la comunidad universitaria. Sin embargo, para estimar la Huella Ecológica (HE) se necesitan datos totales, por lo que se aplicaron factores de extrapolación. En el caso de la caracterización de residuos sólidos, no fue necesario aplicar este factor, ya que se trabajó con datos totales del campus Capanique II.

La ecuación 12, permitió calcular el factor extrapolación para aplicar a los resultados de la encuesta (referido a la ecuación 12).

$$\text{Factor extrapolación} = \frac{\text{Población}}{\text{Individuos muestra}} \quad (12)$$

a. Movilidad

El uso de esta categoría para los estudiantes y docentes es el más importante y utilizado debido a que les permite transportarse a la universidad por el cual es el de mayor impacto en emisiones de dióxido de carbono.

Para la conversión de estos kilómetros a kilogramos de CO_2 , se emplearon distintos coeficientes de emisión en función del modo de transporte. En relación al primer método de transporte, que es "a pie o en bicicleta", este no emite CO_2 , por lo tanto, no se llevó a cabo ningún cálculo para esta situación. Con respecto al auto, la

metodología adoptada utilizo un coeficiente de emisión basado en la cantidad de personas que viajan en el vehículo en el momento del trayecto, y se aplicó de la manera siguiente:

Tabla 6

Factor emisión para transporte en vehículo particular según nivel de ocupación

Nivel de ocupación	Cantidad de personas	Factor de emisión (kg CO_2/km)
25	1 o 2	0,2
50	3	0,1
75	4	0,07
100	5	0,05

Nota. López y Blanco (2007)

Tabla 7

Factor emisión para transporte en motocicleta y transporte público

Medio de transporte	Factor de emisión (kg CO_2/km)
Motocicleta/mototaxi	0,07
Transporte publico	0,04

Nota. López y Blanco (2007)

Utilizando las distancias que se recorrieron de cada medio de transporte para cada nivel de ocupación, se procedió a multiplicar de forma directa los coeficientes establecidos en la tabla 6 y 7. Esto permitió obtener la cantidad de kilogramos de CO_2 correspondiente a cada nivel de ocupación, así como la suma total de emisiones para cada medio de transporte.

Para calcular el factor de extrapolación, se utilizó la fórmula 12 que se describe en la sección metodológica. En este caso, se considera la población total de la comunidad universitaria del campus Capanique II del ciclo académico 2022-II y 2023-I, la cual consta de 2113 personas, y la población de muestra que está compuesta por 102 personas, que son los participantes de la encuesta.

El factor de extrapolación es la división de la población universitaria entre los participantes de la encuesta. Este factor se aplicó al total de emisión de dióxido de carbono obtenidas para la categoría de movilidad.

b. Papel

El uso de papel es fundamental en el desarrollo académico de los estudiantes para la toma de apuntes y entrega de trabajos. La encuesta nos permitió obtener los datos de consumo de papel y la cantidad de emisiones de dióxido de carbono que estas mismas causan. Normalmente la universidad solo lleva registro de la compra de papel realizado por el departamento de almacén que luego es distribuida a los demás departamentos. Pero en este caso se requirió saber el consumo de papel virgen y reciclado por parte de los estudiantes durante el ciclo académico 2022-II y 2023-I.

La ecuación 13 y 14, permitió calcular las emisiones de dióxido de carbono del papel virgen y reciclado (referido a la ecuación 13 y 14).

$$Emisiones = \text{Peso de papel bond virgen} \times 1,84 \frac{kgCO_2}{kg} \quad (13)$$

$$Emisiones = \text{Peso de papel bond reciclado} \times 0,61 \frac{kgCO_2}{kg} \quad (14)$$

Luego se multiplicó el factor de extrapolación al total de emisión de dióxido de carbono obtenidas para la categoría de papel.

c. Caracterización de Residuos solidos

Con los datos obtenidos en la actividad de pesaje de la caracterización de Residuos Sólidos se procedió a calcular la cantidad de emisiones de dióxido de carbono.

La ecuación 15, permitió calcular las emisiones de dióxido de carbono de los residuos sólidos (referido a la ecuación 15).

$$Emisiones = \text{Peso de residuos sólidos} \times 0,61 \frac{kgCO_2}{kg} \quad (15)$$

3.2.5 Cálculo de la Huella Ecológica

Para calcular la Huella Ecológica (HE), se determinó la cantidad total de emisiones estimadas de las categorías seleccionadas y se obtuvo el factor de fijación correspondiente. Luego, se sumó este valor al espacio ocupado por las instalaciones del campus universitario.

Según los datos proporcionados por el Ministerio del Ambiente (MINAM), la capacidad promedio de fijación de carbono en bosques costeros, que se acumula en la biomasa y el suelo, es de 8,37 toneladas de carbono por hectárea por año (tonC/ha/año). En el caso específico de Tacna, según la Carnegie Institution for Science, se estimó un valor de 2,9 tonC/ha/año, que al convertirse en fijación de CO_2 equivale a 10,6 toneladas de dióxido de carbono por hectárea por año (ton CO_2 /ha/año). Este valor se utilizó como capacidad de fijación en el cálculo de la Huella Ecológica.

La ecuación 16, permitió calcular la huella ecológica del campus Capanique II (referido a la ecuación 16).

$$HE = \frac{EmCO_2}{CFCO_2} + SCp \quad (16)$$

Donde:

HE: Huella Ecológica

Em CO_2 : Emisiones de CO_2 (tn)

CFC CO_2 : Coeficiente de fijación (tn CO_2 (ha/año)

SCp: Superficie del campus (ha/año)

La unidad de medida utilizada para la Huella Ecológica (HE) es la hectárea global (hag), que representa la capacidad promedio a nivel mundial para regenerar recursos naturales y absorber residuos. Esta unidad permitió realizar comparaciones entre los resultados de la Huella Ecológica obtenidos en distintas ubicaciones y regiones del mundo.

Fue esencial calcular la Huella Ecológica por individuo dentro de la comunidad universitaria. Para llevar a cabo esta estimación, se debió considerar el número total de personas que conformaron la comunidad durante el ciclo académico que abarcó desde 2022-II hasta 2023-I, incluyendo a estudiantes, profesores y personal administrativo. En total, se contabilizaron 2 113 personas. El valor de la Huella Ecológica se puede observar en los resultados correspondientes.

3.3. Materiales y/o instrumentos

3.3.1. Materiales

- Bolsas para almacenamiento de residuos (75l)
- Manta descartable,

- Cilindro.
- Útiles de escritorio.
- Herramientas y materiales para limpieza.
- Gel desinfectante.
- Computadora.
- Mascarillas.
- Guantes.
- Mandil descartable.
- Gorras de maya descartable.
- Gorra.
- Lentes de seguridad.
- Refrigerio.

3.3.2. Instrumentos

- Wincha
- Balanza digital.

3.4. Población y/o muestra de estudio

La infraestructura del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna, inaugurada en 2019, ha reunido a una comunidad universitaria de 2 113 miembros. Este moderno campus alberga las facultades de ingeniería y arquitectura, además de contar con un salón de usos múltiples y una biblioteca. La diversidad de espacios y la variada oferta académica hacen de este campus un centro dinámico y completo para los estudiantes y profesores.

En el caso de la muestra se utilizó el factor extrapolación que se encuentra en la ecuación 12, como se mencionó antes para estimar la huella ecológica (HE) se requirió la disposición de datos totales, y por eso se aplicó factores de extrapolación que es una división de la población total entre la cantidad de participantes en la encuesta.

3.5. Operación aplicación de variables

Tabla 8

Operacionalización de variables de investigación

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador	Escala	Técnicas o métodos
Huella Ecológica	Es un indicador que intenta estimar los efectos que tienen las actividades humanas en el medio ambiente, es decir, calcula el espacio que necesita un área determinada para generar sus propios recursos naturales y asimilar sus residuos.	<ul style="list-style-type: none"> - Consumo de energía eléctrica. - Consumo de agua. - Consumo de movilidad. - Consumo de papel. - Unidad de la construcción de edificaciones. - Caracterización de residuos sólidos. 	Cantidad de CO_2 .	Toneladas de CO_2 eq entre coeficient e de fijación más superficie del campus (mCO_2/CF CO_2+SCp).	Metodología propuesta por López y Blanco (2007)

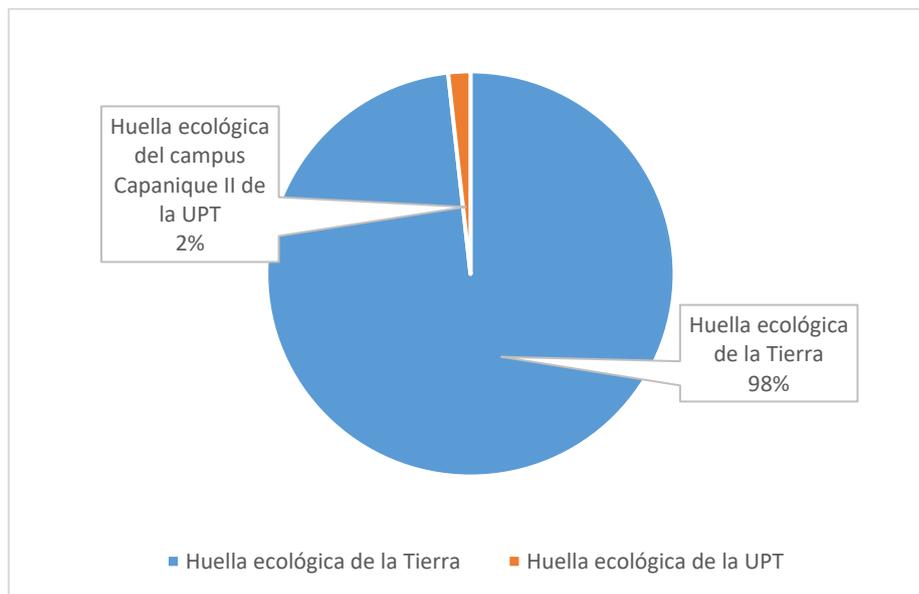
3.6. Procesamiento y análisis de datos

En esta investigación, se limitó el análisis a una única variable, lo que permitió realizar una representación descriptiva del resultado mediante obtenida una gráfica circular como se puede observar en la figura 14. Es importante destacar que se demostró la biocapacidad estipulada para el planeta Tierra, la cual se sitúa en 1,68 hectáreas globales por habitante al año. En contraste, la Huella Ecológica generada por el campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna se cifró en 0,03 hectáreas globales por habitante al año. Estos valores indicaron que la institución se encontraba en una posición sostenible en relación a su impacto ambiental global.

Aunque se empleará una única variable en este análisis, los resultados obtenidos reforzarán la noción de que la universidad está operando dentro de límites ambientales sostenibles globales. Sin embargo, era importante considerar que el presente estudio solo se realizó en el Campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna y que la huella ecológica de la tierra nos brinda un enfoque general, ya que cada país y ciudad tiene el valor de su huella. ecológico de manera independiente, lo cual nos permite tener un análisis más específico.

Figura 14

Huella ecológica de la tierra y del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna



CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Durante el proceso de recopilación de datos directos, se obtuvo información detallada proporcionada por la Universidad Privada de Tacna en relación al consumo de agua, energía eléctrica, detalles de la construcción de la edificación y las compras de papel.

En lo que, respecto al consumo de agua y energía eléctrica, se obtuvieron 12 registros correspondientes a cada mes del ciclo académico 2022-II y 2023-I. Se encuentran representados en las tablas 9 y 10, así como en la figura 15 y 16 los datos obtenidos a través de los recibos de pago.

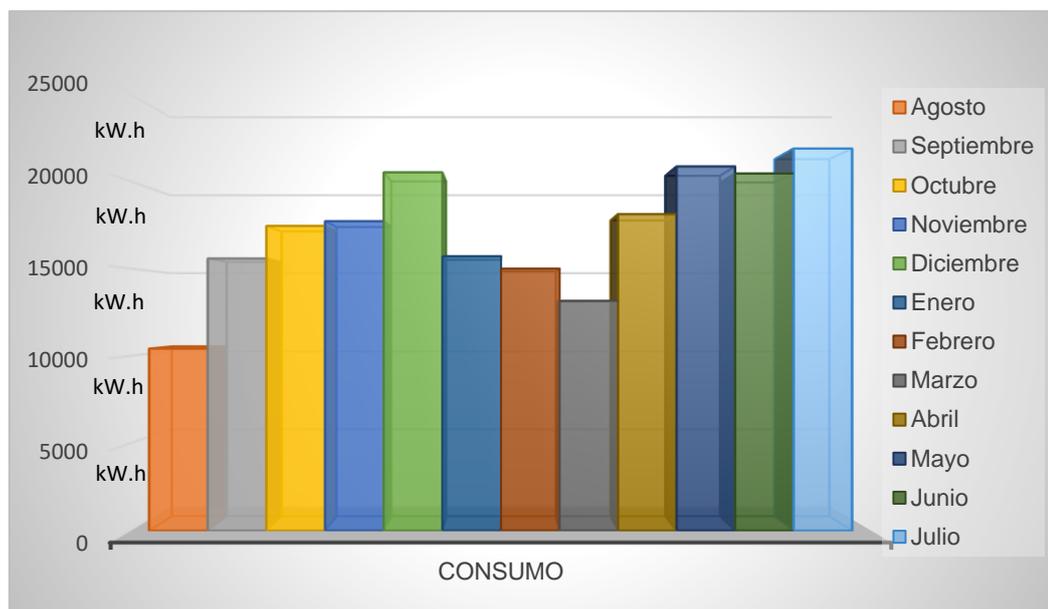
Tabla 9

Consumo de energía eléctrica mensual del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna

Ciclos académicos	Mes	Consumo (kW.h)
2022-II	Agosto	10 415,01
	Septiembre	15 575,36
	Octubre	17 437,78
	Noviembre	17 707,01
	Diciembre	20 498,85
2023-I	Enero	15 706,71
	Febrero	14 993,18
	Marzo	13 154,29
	Abril	18 111,89
	Mayo	20 840,8
	Junio	20 432,6
	Julio	21 861,9
Total		206 735,38

Figura 15

Consumo de energía eléctrica mensual del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna

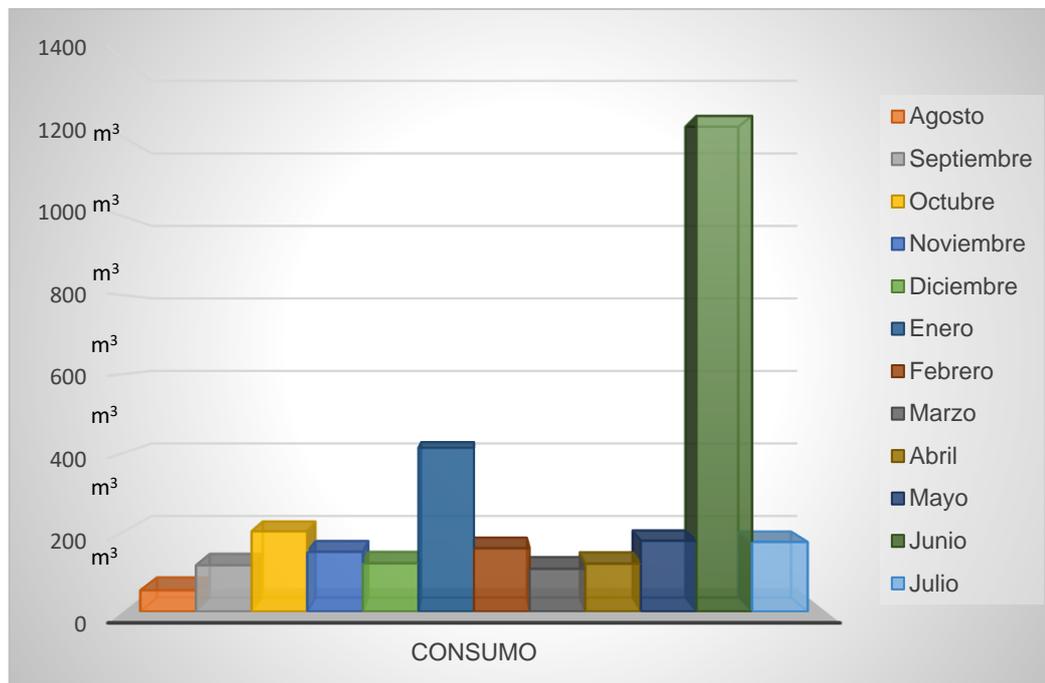
**Tabla 10**

Consumo de agua mensual del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna

Ciclos académicos	Mes	Consumo (m ³)
2022-II	Agosto	54
	Septiembre	117
	Octubre	203
	Noviembre	151
	Diciembre	122
	Enero	414
2023-I	Febrero	160
	Marzo	108
	Abril	121
	Mayo	179
	Junio	1 253
	Julio	176
Total		3 058

Figura 16

Consumo de agua mensual del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna



En el caso de los datos del área construida del campus Capanique II solamente constituyo la facultad de ingeniería, arquitectura, salón uso múltiple y biblioteca; las cuales se muestran en la tabla 11:

Tabla 11

Reporte de área construida del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna

Sedes	Área (m²)
FAING	15 989,70
FAU	5 483,54
SUM y biblioteca	2 521,80
Total	23 995,04

Por último, en la categoría de papel el dato proporcionado por almacén fue de 19.5 millares de hojas bond tamaño A4 por todo el ciclo académico del 2022-II y 2023-I, en este caso solo se contiene hojas gramaje de 75 gramos. Se puede ver la cantidad de hojas consumidas por un año en la tabla 12 y figura 17:

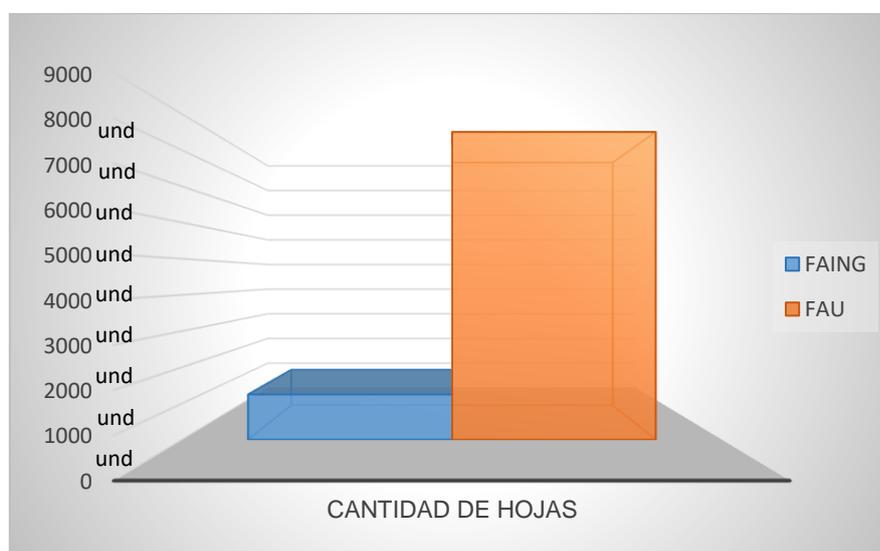
Tabla 12

Consumo de papel durante el ciclo académico 2022-II y 2023-I del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna

Sede	Cantidad de hojas (und)
FAING	1 250
FAU	8 500
Total	9 750

Figura 17

Consumo de papel durante el ciclo académico 2022-II y 2023-I del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna



A partir de la información de cantidad y peso correspondiente a un papel de 75 gramos por hoja, se obtuvo el peso total de papel bond utilizado durante el ciclo académico que abarca desde 2022-II hasta 2023-I. El resumen de los resultados obtenidos se presenta en la tabla 13:

Tabla 13

Peso de papel durante el ciclo académico 2022-II y 2023-I del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna

Tipo de papel	N° hojas	Peso de papel tamaño A4	Unidad
Virgen	9 750	45 532,50	gr/año
Total		45,53	kg/año

En el ítem de caracterización de residuos sólidos no solo se obtuvo información sobre la cantidad anual de desechos generados, sino que también nos ofrece detalles

sobre la densidad y composición de estos residuos. Los resultados detallados de la caracterización de residuos sólidos se encuentran presentados en las tablas 14, 15 y 16, así como en la figura 18:

Tabla 14

Pesaje de muestras de residuos sólidos del campus Capanique II por sede de la Universidad Privada de Tacna

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Total (kg)
FAING	7,14	18,18	23,75	20,73	7,71	3,48	9,87	90,85
FAU	4,95	5,00	7,30	21,48	4,04	14,35	5,82	62,93
SUM	1,95	2,46	0,855	4,22	0,86	3,71	2,50	15,69
Biblioteca	3,06	4,90	4,72	3,14	1,20	1,80	2,78	16,87
Total (kg)	17,09	30,54	31,05	49,56	13,80	23,34	20,96	186,33

Tabla 15

Altura no ocupada de residuos sólidos del campus Capanique II por sede de la Universidad Privada de Tacna

	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Unidad
FAING	30,00	15,00	0,80	0,52	6,00	45,5	38,00	cm
FAU	36,00	38,00	31,00	0	38,00	30,00	31,00	cm
SUM	62,5	61,00	67,00	64,00	72,00	64,00	65,00	cm
Biblioteca	0	0	26,50	44,00	70,00	65,00	42,00	cm

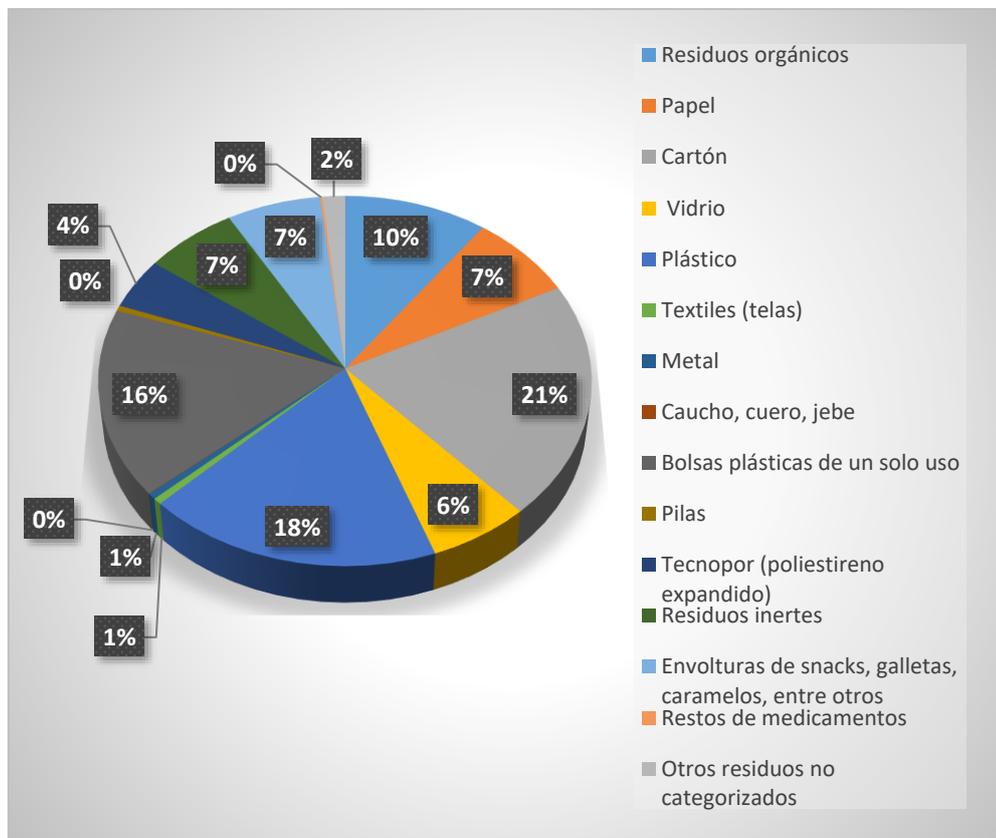
Tabla 16

La densidad promedio del campus Capanique II por sede de la Universidad Privada de Tacna

Sedes	Sp (kg/m ³)
FAING	69,23
FAU	54,93
SUM	37,61
Biblioteca	24,17
Total	185,94

Figura 18

Composición de residuos sólidos anual del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna



En ausencia de datos previamente registrados para las categorías de movilidad de la comunidad universitaria, el uso de papel por parte de los estudiantes y la generación de residuos sólidos, se llevó a cabo una encuesta que incluyó la participación de 102 individuos pertenecientes a la comunidad universitaria. Además, se realizó una caracterización exhaustiva de los residuos sólidos. Los resultados detallados de las categorías de movilidad, consumo de papel y generación de residuos sólidos se pueden observar en las tablas y gráficos que se presentaran a continuación.

Los resultados muestran la distribución del uso de diferentes medios de transporte, lo que proporciona una visión clara de cómo se desplazan las personas dentro de la comunidad universitaria.

Tabla 17

Medio de transporte utilizado vs distancias recorridas del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna

Distancia (km)	A pie o en bicicleta (%)	Transporte público (%)	Motocicleta o mototaxi (%)	Vehículo particular (%)	Taxi (%)	Total (%)
0-3,5	20,0	47,1	0,0	22,9	10,0	68,0
3,5-5	3,1	68,8	3,1	15,6	9,4	32,0
5-10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10-20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20-30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
30-50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
50-64	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	14,7	53,9	1,0	20,6	9,8	100,0

Como se puede observar en la tabla 17 ofrece una visión clara de que el transporte público es el medio de desplazamiento más comúnmente utilizado por la comunidad universitaria, representando el 53,9% de las preferencias. Esta tendencia se debe en gran parte a la distancia promedio que las personas deben cubrir desde sus hogares hasta la universidad; en el caso del transporte público, la mayoría de las personas se desplazan en distancias que oscilan entre 3,5 y 5 km. Sin embargo, es importante destacar que el 68% de los encuestados recorren distancias inferiores a 3,5 km.

Es importante destacar que un porcentaje significativo, el 20,6%, elige usar vehículos particulares para desplazarse hacia la universidad, especialmente aquellos que residen a menos de 3 km de distancia de la institución. Esta preferencia puede atribuirse a la comodidad y la accesibilidad que ofrecen los vehículos privados para distancias intermedias. Sin embargo, es crucial recordar que esta elección tiene un impacto ambiental insostenible.

La tabla 18 y la figura 19 resume los resultados obtenidos a través de este proceso, mostrando la frecuencia semanal con la que los participantes realizan estos desplazamientos. Estos datos son esenciales para comprender plenamente el impacto de cada tipo de movilidad a lo largo de un año.

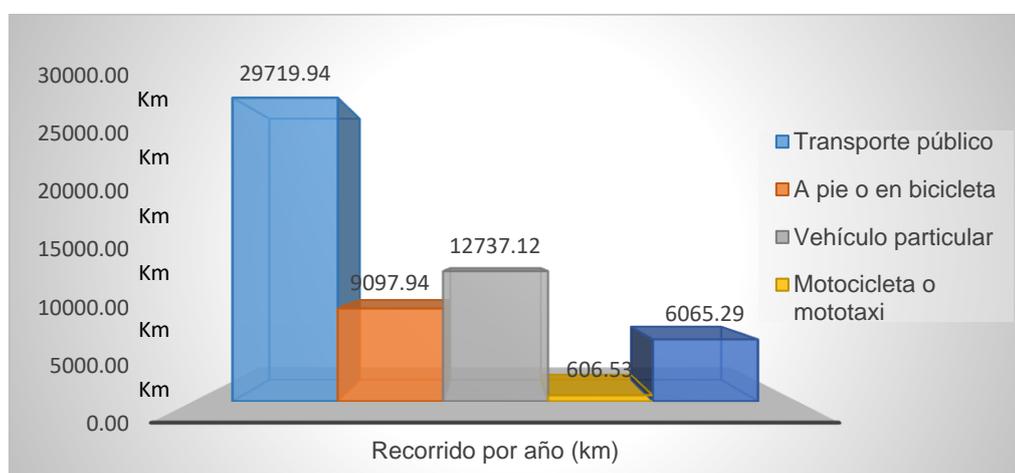
Tabla 18

Movilidad durante el ciclo académico 2022-II y 2023-I de cada Medio de transporte utilizado del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna

Tipo de Movilidad	Recorrido (km)
Transporte público	29 719,94
A pie o en bicicleta	9 097,94
Vehículo particular	12 737,12
Motocicleta o mototaxi	606,53
Taxi	6 065,29
Total	58 226,82

Figura 19

Movilidad durante el ciclo académico 2022-II y 2023-I del campus Capanique II Universidad Privada de Tacna



En la estimación del consumo de papel por parte de los estudiantes y profesores de la universidad, se obtuvo los datos a través de la encuesta. Los resultados se pueden observar en las tablas 19, 20 y 21, así como en la figura 20:

Tabla 19

Consumo de papel reciclado durante el ciclo académico 2022-II y 2023-I del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna

Alternativas	N° personas	Cantidad (und)
Menos de 100	45	4 500
Entre 100 y 250	26	6 500
Entre 250 y 400	6	2 400
Más de 400	4	1 600
Total	81	15 000

Tabla 20

Consumo de papel virgen durante el ciclo académico 2022-II y 2023-I del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna

Alternativas	N° personas	Cantidad (und)
Menos de 100	40	4 000
Entre 100 y 250	33	8 250
Entre 250 y 400	17	6 800
Más de 400	12	4 800
Total	102	23 850

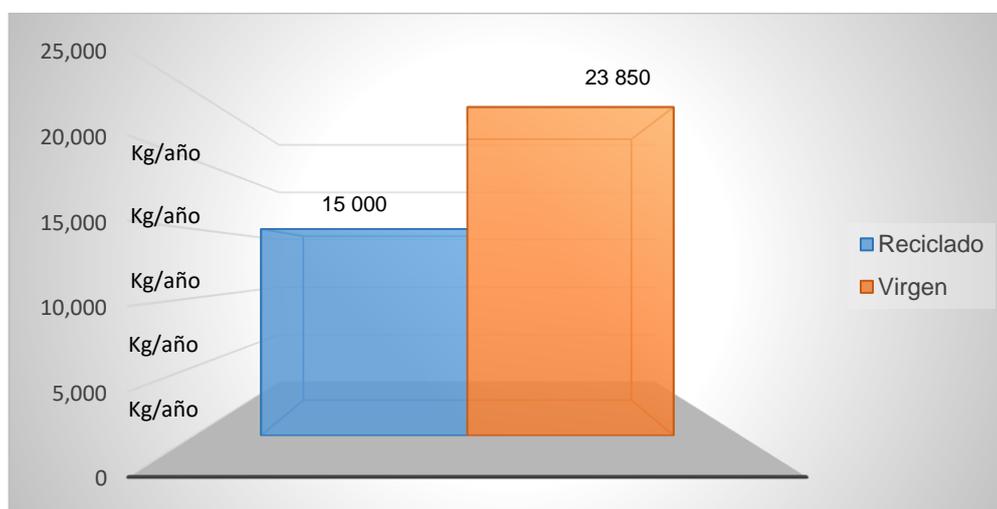
Tabla 21

Consumo de papel durante el ciclo académico 2022-II y 2023-I del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna

Tipo de papel	Cantidad (und)	Peso (kg/año)
Reciclado	15 000	111,38
Virgen	23 850	70,05
Total	38 850	181,43

Figura 20

Consumo de papel durante el ciclo académico 2022-II y 2023-I del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna



Por último los resultados obtenidos en la tabla 22 a través de la ecuación 5 representan la cantidad de residuos sólidos generados por cada actividad llevada a cabo en la universidad.

Tabla 22

Generación per cápita de residuos sólidos del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna

Sedes	Nº personas	GPC (kg/persona/día)
FAING	1 617	0,008
FAU	489	0,018
SUM	-	-
Biblioteca	7	0,062
Total	2 113	0,022

La tabla 23 proporciona una valiosa perspectiva sobre la proyección de la generación total de residuos sólidos del campus Capanique II en la Universidad Privada de Tacna. Se ha calculado que la generación mensual de residuos sólidos es de 1,41 toneladas, mientras que la generación anual alcanza un total de 12,7 toneladas.

Tabla 23

Generación de residuos sólidos durante el ciclo académico 2022-II y 2023-I del campus Capanique II de la Universidad Privada De Tacna

Gpc (kg/hab/día)	Nº de personas	Proyección de los residuos sólidos domiciliarios diario (kg/día)	Proyección de los residuos sólidos domiciliarios mensual (tn)	Proyección de los residuos sólidos domiciliarios anuales (tn)
0,022	2 113	46,89	1,41	12,7

A partir de la recopilación de los datos anteriores se calculó las emisiones de dióxido de carbono de forma directa e indirecta. En el caso del cálculo directo se obtuvo los resultados de la categoría de energía eléctrica, agua, papel y construcción de edificación, como se puede observar en las tablas 24, 25, 26 y 27:

Tabla 24

Emisión de CO₂ equivalente por consumo de energía eléctrica anual del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna

Ciclos académicos	Mes	Consumo (kW.h)	Cantidad de CO₂ (tnCO₂)
2022-II	Agosto	10 415,01	5,70
	Septiembre	15 575,36	8,52
	Octubre	17 437,78	9,54
	Noviembre	17 707,01	9,69
	Diciembre	20 498,85	11,21
	Enero	15 706,71	8,59
2023-I	Febrero	14 993,18	8,20
	Marzo	13 154,29	7,20
	Abril	18 111,89	9,91
	Mayo	20 840,8	11,40
	Junio	20 432,6	11,18
	Julio	21 861,9	11,96
	Total		206 735,38

Tabla 25

Emisión de CO₂ equivalente por consumo de agua anual del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna

Ciclos académicos	Mes	Consumo	Energía (KW.h)	Cantidad de CO₂ (tnCO₂)
2022-II	Agosto	54	13,50	0,01
	Septiembre	117	29,25	0,02
	Octubre	203	50,75	0,03
	Noviembre	151	37,75	0,02
	Diciembre	122	30,50	0,02
	Enero	414	103,50	0,06
2023-I	Febrero	160	40,00	0,02
	Marzo	108	27,00	0,01
	Abril	121	30,25	0,02
	Mayo	179	44,75	0,02
	Junio	1253	313,25	0,17
	Julio	176	44,00	0,02
	Total		3 058	764,50

Tabla 26

Emisión de CO₂ equivalente por consumo de papel anual del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna

Tipo de papel	Consumo (kg)	Cantidad de CO₂	Unidad
Virgen	45,53	83,78	kg CO ₂
Total		0,08	tn CO₂

Tabla 27

Emisión de la construcción del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna

Sedes	Área (m²)	Cantidad de CO₂ (tnCO₂)
FAING	15 989,70	166,29
FAU	5 483,54	57,03
SUM y biblioteca	2 521,80	26,23
Total	23 995,04	249,55

De la misma forma se obtuvo los resultados del cálculo indirecto en las categorías de movilidad, papel y generación de residuos sólidos. Se pueden observar en las tablas 28, 29 y 30:

Tabla 28

Emisión de CO₂ equivalente por consumo de movilidad anual del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna

Medio de transporte	Consumo (km)	Cantidad de CO₂ (tnCO₂)
A pie o en bicicleta	29 719,94	-
Transporte público	9 097,94	1,19
Motocicleta o mototaxi	12 737,12	0,04
Vehículo particular	606,53	2,17
Taxi	6 065,29	0,98
Total	58 226,82	4,38

El factor de extrapolación es la división de la población universitaria entre los participantes de la encuesta lo cual resultó 20,72. Este factor se aplicó al total de emisión de dióxido de carbono obtenidas para la categoría de movilidad (4,38 tn de CO₂), se calculó un valor estimado de 90,72 toneladas de CO₂ emitidas por el campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna durante el ciclo académico 2022-II y 2023-I.

Tabla 29

Emisión de CO₂ equivalente por consumo de papel anual del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna

Tipo de papel	Consumo (kg)	Cantidad de CO₂ (tnCO₂)
Virgen	111,38	0,20
Reciclado	70,05	0,04
Total	181,43	0,24

Como se puede observar en la tabla 29 la suma del total de emisiones de dióxido de carbono es 0,24 tn CO₂ se multiplico por el factor extrapolación (20,72) lo cual nos dio un valor de 5,13 tn CO₂.

Tabla 30

Emisión de CO₂ equivalente por generación de residuos sólidos anual del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna

Proyección de los Residuos Sólidos Domiciliarios (Tonelada anual)	Cantidad de CO₂ (tnCO₂)
12,66	24,31

Como se puede observar en la tabla 30 el total de emisiones de dióxido de carbono producidos por la generación de residuos sólidos del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna es de 24,31 tn CO₂, como se mencionó anteriormente en generación de residuos sólidos no se aplicó el factor de extrapolación porque se trabajó con datos totales.

La tabla 31 muestra los datos recopilados sobre las emisiones de dióxido de carbono de las seis categorías:

Tabla 31

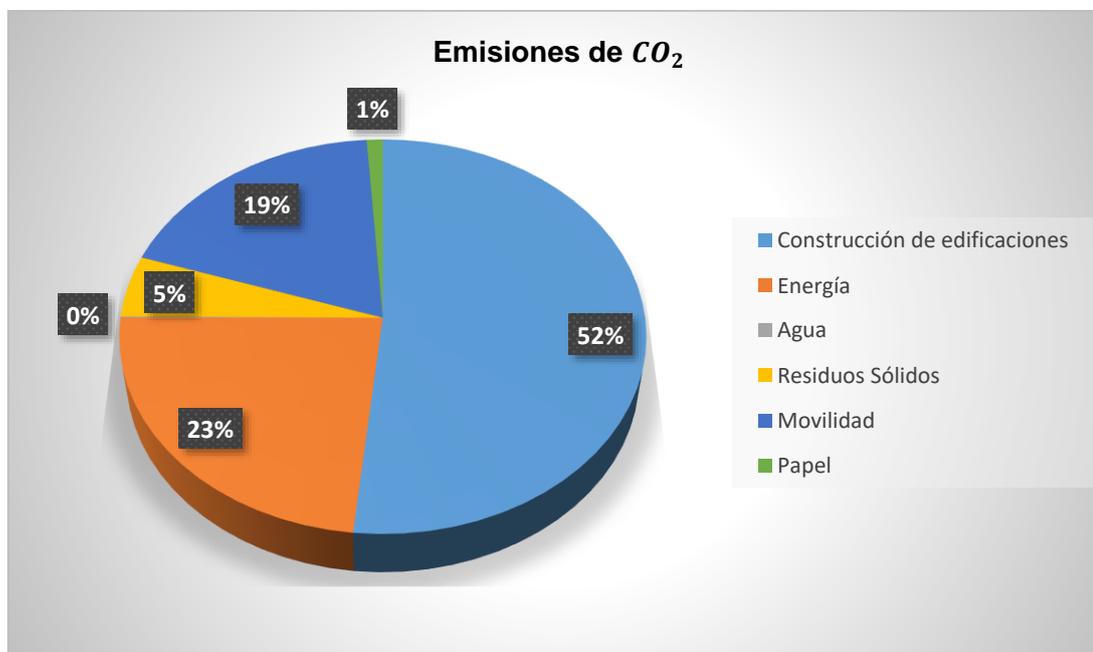
Emisiones de dióxido de carbono del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna

Categorías	Tn CO₂
Energía	113,08
Agua	0,42
Papel	5,21
Movilidad	90,72
Residuos Sólidos	70,57
Construcción de edificaciones	249,55
Total	483,29

También se puede observar el porcentaje de los resultados de emisiones de dióxido de carbono por categoría al través de la figura 21:

Figura 21

Generación de emisiones de dióxido de carbono anual del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna



En la figura 21 se puede observar que la categoría de áreas de construcción, contribuyo con un total de 52%, equivalente 249,55 toneladas anuales de emisiones de CO₂. El enfoque metodológico se basó en vincular el cálculo de emisiones con la vida útil de las edificaciones, un período establecido en 50 años según López y Blanco. El

nuevo campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna inaugurada en el año 2019 hace que esta metodología sea pertinente para el contexto actual. Es importante señalar que, aunque el cálculo de esta categoría refleja fielmente la realidad del campus al considerar todas las edificaciones para fines académicos, administrativos y de servicios, entre otros; no se incluyen los metros cuadrados de veredas, senderos, zonas ajardinadas, etc. Esto se debió a que en la metodología carece de información precisa sobre estos aspectos. Como resultado, la contribución del espacio construido a las emisiones totales de CO_2 en el campus podría ser mayor de lo previsto.

Después se observó que la categoría de energía eléctrica representaba el 23% que equivale 113,08 toneladas del total de las emisiones de CO_2 . Esta cifra se encuentra en consonancia con los datos disponibles tanto a nivel nacional como internacional. Las emisiones de CO_2 originadas en el sector energético son significativas a nivel global, representando cerca del 65% de la totalidad de los gases de efecto invernadero liberados en la atmósfera debido a las actividades humanas. Estas emisiones están vinculadas a una serie de procesos, desde la producción de combustibles fósiles hasta la generación de electricidad para su uso en entornos industriales y domésticos.

Se estima que aproximadamente el 40% de todas las emisiones de CO_2 tienen su origen en el sector energético, como indica el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2019). Esto incluye actividades diversas, desde la producción de combustibles hasta la generación de electricidad a partir de fuentes convencionales. A nivel nacional, el componente energético destaca como una de las principales fuentes de emisiones de CO_2 , como lo indican los datos reportados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en 2022, reforzando la comprensión global de que las actividades relacionadas con la energía son una fuente significativa de emisiones de CO_2 .

En la categoría de movilidad, se encontró que el 19% de las emisiones totales de CO_2 estaban relacionadas con los hábitos de desplazamiento de la comunidad universitaria que equivale 90,72 toneladas del total de las emisiones de CO_2 . Esto implica que casi la cuarta parte de las emisiones generadas por la universidad se derivan de las prácticas de movilidad de su comunidad. En este aspecto, se supervisa que el uso de vehículos particulares, que tienen un mayor coeficiente de emisión de dióxido de carbono, era común entre los miembros de la comunidad universitaria. Sin embargo, más del 53,9% de la comunidad universitaria optaba por utilizar el transporte público como medio de desplazamiento. Este comportamiento puede atribuirse a la disponibilidad del servicio público, la asequibilidad de los costos de pasaje y las

distancias considerables que deben recorrer los miembros de la comunidad universitaria para llegar a la institución.

La categoría de residuos sólidos también desempeñaba un papel significativo en las emisiones de CO_2 , contribuyendo con un 5% que equivale 70,57 toneladas del total de las emisiones de CO_2 . A nivel internacional, se ha destacado la importancia de abordar esta área para reducir el impacto ambiental. Según el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes del sector de residuos representaron alrededor del 3% del total en 2010, y provienen de diversas fuentes. A pesar de que esta cifra puede parecer relativamente baja, subraya la necesidad de gestionar adecuadamente los residuos para minimizar su contribución al cambio climático.

En el análisis de la categoría del papel, se supervisaba que las emisiones de CO_2 equivalían al 1% del total estimado, lo que se traducía en 5,21 toneladas de CO_2 . De esta cantidad, solo el 13% provenía de toneladas de CO_2 atribuidas al papel reciclado, una práctica adoptada por parte de los alumnos. Si se implementara el reciclaje de papel en una parte de las adquisiciones de papel de la universidad para su uso en docentes, oficinas administrativas y otros servicios, se podría contribuir en mayor medida a la reducción de emisiones generadas por el papel. Sin embargo, es importante señalar que este esfuerzo no tendría un impacto significativo en la cantidad total de emisiones ni en la Huella Ecológica de la universidad.

Por último, en la categoría de agua, se identificó una contribución muy baja a las emisiones de CO_2 , con un total de 0,08% que corresponde 0,42 toneladas del total de las emisiones de CO_2 emitidas en el ciclo académico 2022-II al 2023-I. Se ha observado una disminución del 60% en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) relacionadas con el ciclo completo del agua en las redes urbanas desde el año 2007. Sin embargo, ciertas etapas del ciclo del agua, como el tratamiento de agua residual y el abastecimiento de agua, todavía tienen un impacto en las emisiones de CO_2 , principalmente debido al consumo eléctrico asociado a las operaciones de bombeo y las estaciones depuradoras.

En resumen, las diferentes categorías analizadas muestran las diversas fuentes de emisiones de CO_2 en el campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna. Estos hallazgos proporcionan información valiosa para futuras estrategias de reducción de emisiones y para mejorar la sostenibilidad ambiental de la institución (Oficina Catalana del Cambio Climático, 2015).

Finalmente, los resultados del cálculo de la Huella Ecológica (HE) en el campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna se obtuvieron utilizando los datos

recopilados sobre las emisiones de dióxido de carbono y aplicando la fórmula 6, se determinó la Huella Ecológica (HE) del campus Capanique II durante los ciclos académicos 2022-II y 2023-I, como se detalla en la tabla 32:

Tabla 32

Emisiones de dióxido de carbono y la huella ecológica del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna

Categorías	HE (ha/año)	HE (hag/año)
Energía	10,67	13,76
Agua	0,04	0,05
Papel	0,49	0,63
Movilidad	8,56	11,04
Residuos Sólidos	6,66	8,59
Construcción de edificaciones	23,54	30,37
Total	45,59	58,82

En los resultados del cálculo de la Huella Ecológica (HE) en el campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna, se destaca la importancia de esta información como una herramienta crucial para la institución. A través de esta herramienta, la universidad puede identificar los impactos ambientales generados por sus actividades, lo que facilita la toma de decisiones fundamentadas para desarrollar políticas, estrategias y planos alineados con su compromiso interno de fomentar el desarrollo sostenible.

Estos datos proporcionan una visión detallada de la huella ecológica del campus Capanique II durante los ciclos académicos 2022-II y 2023-I. Revelan que la huella ecológica de este campus durante ese período es equivalente a 45,59 hectáreas de bosque tacneño, indicando que se necesitaría un área de este tamaño para absorber las emisiones de CO_2 generadas por las actividades y el consumo en la universidad. Estos resultados subrayan la importancia de implementar medidas sostenibles para reducir la huella ecológica de la institución.

Además, estos datos muestran la interconexión entre las acciones humanas y el entorno natural. Las categorías consideradas, como energía eléctrica, agua, movilidad, papel, área de construcción y residuos sólidos, todas tienen un impacto acumulativo en el medio ambiente y en la capacidad de los ecosistemas para recuperarse.

Es fundamental calcular la Huella Ecológica (HE) por individuo dentro de la comunidad universitaria. Para realizar esta estimación, se mostró la cifra total de

personas que formaron parte de la comunidad durante el ciclo académico 2022-II y 2023-I, incluyendo estudiantes, profesores y personal administrativo, sumando un total de 2 113 personas. Utilizando esta cifra, se obtiene la Huella Ecológica del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna, que equivale a 0,02 ha/persona/año y el nivel global sería 0,03 ha/persona/año.

Es relevante mencionar que según los datos más recientes de la Global Footprint Network, la huella ecológica promedio a nivel mundial es de 2,84 hectáreas globales por persona, mientras que la biocapacidad promedio es de 1,68 hectáreas globales por persona. Esto indica que actualmente se necesitarían 1,69 planetas para satisfacer el consumo humano. En este contexto, es importante subrayar que el campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna no ha superado la biocapacidad establecida del planeta. Esto sugiere que su impacto ambiental se mantiene dentro de límites sostenibles según estas cifras globales, lo cual es un indicativo positivo de su gestión ambiental.

En la propuesta de Medidas de Ecoeficiencia, se demostró el Decreto Supremo N° 009-2009-MINAM, que aprobó las Medidas de Ecoeficiencia específicamente para el sector público. La implementación de estas medidas ha resultado en mejoras en la calidad del servicio público, ahorro de recursos materiales y energéticos, así como una reducción en la generación de residuos.

La adopción de estas medidas contribuiría a fomentar prácticas más sostenibles y responsables dentro de las universidades peruanas, alineándolas con los objetivos de desarrollo sostenible y el respeto por el entorno natural. Estos esfuerzos son esenciales para promover un futuro más sostenible y equitativo para todos (Galarza, 2016).

En el caso de la Universidad Privada de Tacna, se han seleccionado medidas de ecoeficiencia basadas en los datos obtenidos sobre el consumo en diferentes categorías. Estas deben ser implementadas y documentadas como parte de las actividades del plan de trabajo del comité ambiental, en conformidad con las políticas ambientales de la universidad.

Para llevar a cabo estas acciones de ecoeficiencia, el comité ambiental colaborará estrechamente con diversas áreas dentro de la universidad. En primer lugar, el área de planificación jugará un papel crucial al prever el presupuesto necesario para llevar a cabo las actividades requeridas. Esto garantizará que se asignarán los recursos adecuados para la implementación efectiva de las medidas de ecoeficiencia.

Además, el departamento de administración desempeñará un papel esencial para garantizar la eficacia en la ejecución de las medidas. La coordinación adecuada y el manejo eficiente de los recursos serán responsabilidades clave de este departamento,

asegurando que las iniciativas de ecoeficiencia se implementen de manera efectiva y sin contratiempos.

En caso de que las medidas de ecoeficiencia requieran cambios en las instalaciones existentes, el departamento de infraestructura se involucrará directamente. Este equipo será responsable de llevar a cabo las modificaciones necesarias en las instalaciones para garantizar que se cumplan las medidas de ecoeficiencia de manera adecuada y sostenible.

Así, a través de la colaboración entre el comité ambiental, el área de planificación, administración y el departamento de infraestructura, la Universidad Privada de Tacna podrá implementar de manera eficiente las medidas de ecoeficiencia necesarias, contribuyendo así a un entorno universitario más sostenible y eco amigable.

Las medidas consideradas fueron:

a. Uso ecoeficiente de energía eléctrica

La tecnología moderna tiene un papel importante en el ahorro de energía, pero la mayoría de veces se tiene que evaluar la inversión a estas mismas. Aunque no es la única manera de ahorrar, sin duda combinar una buena gestión e implementación de tecnología moderna con hábitos de consumo adecuados se lograría resultados más eficientes y sostenibles en el consumo de energía en instituciones. Por lo tanto, lo más adecuado sería realizar un Plan de Gestión de Energía debido que es la categoría de consumo con mayor contribución a los gases de efecto invernadero, se sugiere aplicar las siguientes acciones en relación a la iluminación:

- Plan de mantenimiento de iluminación buscando sustituir las lámparas defectuosas o agotadas, ya que su funcionamiento ineficiente genera un derroche de electricidad.
- Implementar sistemas de control de iluminación adecuada, por ejemplo: mantener un cronograma regular para la limpieza de las luminarias y ventanas, implementación de sensores de movimiento y reducir el uso de la iluminación artificial durante las horas nocturnas, priorizando un enfoque más eficiente en el consumo de energía.
- Concientizar al personal y comunidad universitaria por medio de charlas informativas, generar espacios participativos y colocar avisos o señalizaciones que promuevan el uso responsable de la energía dentro de la institución.

- Implementar una campaña de concienciación para apagar las luces, incluso en periodos breves.
 - Implementación de sistemas de iluminación mas eficientes y amigables con el medio ambiente.
 - Apagar las luces en situaciones donde su uso carezca de utilidad, y minimizar al máximo la iluminación en áreas exteriores.
 - Implementación de sistemas de control apagado y encendido a equipos y la gestión de tiempos, modo hibernación para modo de ahorro en los equipos de computación.
 - Uso ecoeficiente del agua.
- b. En lo que respecta a las prácticas de ecoeficiencia en relación al uso del agua, es importante tener en cuenta las siguientes recomendaciones:
- Realizar un mantenimiento regular de las instalaciones de agua para prevenir fugas y desperdicios. Reparar cualquier fuga de agua de manera inmediata.
 - Fomentar entre el personal y usuarios el uso responsable del agua, promoviendo la conciencia sobre su importancia y escasez.
 - Instalar grifos y sistemas sanitarios de bajo flujo que reduzcan el consumo de agua sin sacrificar la funcionalidad.
 - Ubicar señales que promuevan la utilización responsable de los servicios en cada punto de acceso al agua dentro de la institución.
 - Se sugiere llevar a cabo el riego de jardines durante las horas de menor exposición solar, ya que en este período el consumo de agua es reducido debido a la limitada evaporación del recurso.
 - Asegurarse de cerrar los grifos de manera completa, dado que una corriente de agua de tan solo 5 mm puede resultar en un desperdicio de 528,000 litros (528 m³) al año.
- c. Para el uso ecoeficiente del transporte:
- Elección de vehículos amigables con el medio ambiente.
- Opte por motores modernos de gasolina que empleen tecnología de múltiples válvulas, ya que estos motores disminuyen el consumo de

combustible y emiten menos contaminantes durante el proceso de combustión.

- Si es factible, modifique los vehículos para que funcionen con combustibles más limpios, como el gas o biocombustibles, siempre que sea posible.
- Opte por vehículos con un diseño aerodinámico y evite características innecesarias que aumenten la resistencia al aire, lo que a su vez reduce el consumo de combustible.
- Prefiera vehículos de menor tamaño y peso, ya que tienden a requerir menos combustible para su funcionamiento.
- Concientizar a la población universitaria sobre el impacto ambiental que tiene los medios de transporte.
- Promover a la comunidad universitaria el uso de bicicleta y transporte público para reducir las emisiones de dióxido de carbono.

d. En el caso de las medidas de uso ecoeficiente y consumo responsable de útiles de oficina, tenemos las siguientes:

- Incluir criterios de reducción en el consumo de papel y estrategias para mitigar impactos ambientales en todas las pautas de adquisición relacionadas con este recurso.
- Evitar el uso excesivo de material de oficina a través de la instauración de un sistema de solicitud. Esto permitirá detectar áreas con un consumo elevado de papel y tomar medidas para reducirlo.
- Promover el uso frecuente de comunicaciones electrónicas, especialmente en el caso de documentos preliminares.
- Eliminar la impresión de documentos no esenciales y, siempre que sea viable, imprimir en ambas caras de la hoja.
- Fomentar la reutilización de papel para la impresión de borradores o documentos preliminares.
- Realizar una revisión exhaustiva del documento antes de imprimirlo para identificar posibles errores y mejoras.
- Dar preferencia al papel reciclado siempre que sea factible y apropiado.

- e. Medidas de minimización y gestión de residuos sólidos, se pueden aplicar las siguientes medidas de ecoeficiencia:
- Las instituciones del sector público deben llevar a cabo la separación de residuos en su origen, con el propósito de agrupar los desechos que tengan características y propiedades similares. Esta separación deberá incluir, como mínimo, la clasificación de los residuos.
 - Los materiales que se hayan segregado deben ser entregados a entidades o empresas de reciclaje que estén debidamente registradas ante la Dirección General de Salud Ambiental e Inocuidad Alimentaria (Digesa). Estas entidades o empresas deben proporcionar un recibo que indique el peso y el costo por kilogramo de cada material segregado.
 - La lista de materiales que han sido segregados debe ser publicada en el portal web oficial del Ministerio del Ambiente (MINAM).

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

La adopción de indicadores ecológicos a nivel mundial por diversas organizaciones e instituciones refleja su compromiso con la sostenibilidad ambiental y su responsabilidad hacia el entorno en el que operan (Quiroga, 2001). Estos indicadores no solo facilitan el cumplimiento de políticas y normativas ambientales, sino que también destacan su enfoque en la responsabilidad social y ambiental.

Entre estos indicadores, la huella ecológica emergió como una herramienta fundamental que enriquece la discusión en torno a la sostenibilidad en las actividades institucionales. La huella ecológica proporciona una visión clara y tangible de la interacción de una institución con el entorno, permitiendo un análisis más profundo de su impacto ambiental.

Hay que tener en cuenta que la aplicación de la huella ecológica debe adaptarse a la realidad única de cada universidad. Cada institución tiene sus propias características, recursos y desafíos, lo que significa que la interpretación de la huella ecológica debe considerar estas particularidades para ofrecer una evaluación precisa de su sostenibilidad ambiental.

Por tanto, es fundamental llevar a cabo una evaluación de la huella ecológica en distintas universidades, ya que esto permitirá obtener una perspectiva comparativa que resalte las diferencias en el impacto ambiental entre ellas. Sin embargo, esta comparación debe ser realizada con sensibilidad a las circunstancias individuales de cada institución, ya que diversos factores contextuales pueden influir en la magnitud y naturaleza de la huella ecológica.

En el caso específico de la Universidad Privada de Tacna, el cálculo de su huella ecológica solo se ha considerado el campus Capanique II conformado por la facultad de ingeniería, arquitectura, salón de usos múltiples y biblioteca; por esa razón el valor es muy bajo en comparación a las otras universidades latinoamericanas, pero si se realizara un estudio en toda la universidad el valor de la huella ecológica sería mayor.

También otro factor importante son las seis categorías consideradas en el trabajo, comparada con otras universidades la más parecida es la Universidad de Santiago Antunéz de Mayolo en Huaraz, donde se han encontrado coincidencias, como el uso de encuestas como herramienta de medición. A pesar de que estas instituciones se encuentran en el mismo país, sus realidades varían considerablemente en términos de tamaño, composición de la comunidad, factores socioeconómicos y culturales.

Además, se observan variaciones en los factores de equivalencia utilizados para cuantificar la absorción de CO_2 por parte de terrenos forestales. Estos factores pueden diferir entre universidades debido a condiciones específicas de los ecosistemas locales.

Otra variable que influye en la comparación es el porcentaje de participación en las encuestas, utilizados para el cálculo indirecto de categorías como movilidad y papel, especialmente en aquellas universidades que han aplicado la misma metodología. La diversidad en estos porcentajes puede influir en los resultados y debe ser considerada al interpretar las diferencias en las huellas ecológicas.

De acuerdo con los hallazgos de esta investigación, se calcula que aproximadamente el 1,13% de la huella ecológica de un residente de Tacna está vinculado a las actividades relacionadas con el campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna. Paralelamente, cerca del 1,19% de la Huella Ecológica de un ciudadano peruano se origina en sus compromisos con dicha institución. A nivel internacional, aproximadamente el 1,08% de la Huella Ecológica de un individuo latinoamericano se deriva de su pertenencia a la comunidad universitaria del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna. A escala global, cerca del 1,11% de la Huella Ecológica total de un ser humano puede atribuirse a las acciones relacionadas con esta misma.

Con referencia a la Tabla 2 del marco teórico, también se puede abordar el tema de la biodisponibilidad para los peruanos, quienes cuentan con 3,79 hectáreas globales por persona, dejando un margen de reserva de 1,5 hectáreas globales por persona. No obstante, se observa que un ciudadano de Tacna posee una Huella Ecológica mayor a nivel departamental que en el ámbito nacional. Sin embargo, debido a la ausencia de una estimación de la biocapacidad a nivel departamental, no es posible afirmar con certeza si el estilo de vida de un habitante de Tacna genera un déficit en la capacidad ecológica de la región, lo que podría implicar que está dependiendo de la capacidad ecológica de otros departamentos en el Perú. Por este motivo, resulta imperativo entender la Huella Ecológica a nivel universitario en Tacna, ya que cualquier iniciativa para reducir el impacto ambiental en la universidad podría repercutir positivamente en la Huella Ecológica de los residentes de Tacna.

Adicionalmente, es cierto que la Huella Ecológica no puede abarcar la totalidad del impacto ambiental de una persona, empresa o entidad. Por ejemplo, no tiene en cuenta elementos como los clorofluorocarbonos y la degradación del ozono estratosférico, así como otros residuos con consecuencias complicadas de cuantificar. La Huella Ecológica tampoco considera aspectos sociales, valores ambientales u otros impactos ambientales difíciles de medir. En resumen, aunque la Huella Ecológica

sintetiza una amplia gama de impactos ambientales, no logra incorporar todos los impactos de igual importancia y difíciles de cuantificar. Esto implica que el valor obtenido para la huella ecológica del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna es una estimación conservadora y que el impacto real es probablemente más alto. Este hecho nos brinda motivos significativos para la reflexión y la consideración de acciones concretas hacia una mayor sostenibilidad y reducción del impacto ambiental generado por la institución.

CONCLUSIONES

El estudio efectuado en el campus Capanique II Universidad Privada de Tacna durante los períodos académicos 2022-II y 2023-I permitió calcular la Huella Ecológica total, arrojando un valor de 58,82 hag en total y 0,03 hag por persona. En otras palabras, durante los ciclos académicos mencionados, el consumo y las actividades realizadas, específicamente en las categorías de energía eléctrica, construcciones, movilidad, agua y papel, han requerido 58,82 hag productivas de bosques para absorber las emisiones generadas. Al comparar este resultado con el tamaño del campus, que ocupa una superficie de 4,15 hag, se evidencia que la Huella Ecológica del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna supera el área ocupada por el campus. Esta discrepancia pone de manifiesto la insostenibilidad del modelo de consumo actual.

El estudio reveló los valores anuales de consumo y emisiones de CO_2 del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna para cada categoría, resultando en un total de 483,29 toneladas de CO_2 emitidas. De manera significativa, la mayor parte de estas emisiones provino del área de construcción con un 52%, en segundo lugar, se encuentra el gasto de energía eléctrica, representando un 23%, los hábitos de movilidad mostraron proporciones intermedias de emisiones, con valor del 19%, generación de residuos sólidos mostraron proporciones media baja en comparación a las anteriores, con un valor del 5% y la demanda de consumo de papel y agua tuvo una contribución mínima del 1% y de 0,08% a la huella neta de carbono.

Un acontecimiento de gran relevancia en este contexto es la promulgación del Decreto Supremo N°009-2009-MINAM, el cual estableció las Medidas de Ecoeficiencia específicamente dirigidas al sector público. La aplicación de estas medidas ha llevado a mejoras en la calidad del servicio público, ahorros en recursos materiales y energéticos, así como una reducción en la generación de residuos.

La adopción de estas medidas por parte de instituciones privadas sería un valioso aporte para fomentar prácticas más sostenibles y responsables. Por eso el estudio y evaluación del impacto ambiental de una institución educativa como la Universidad Privada de Tacna son cruciales. Estos análisis permiten identificar oportunidades de mejora y tomar medidas concretas para reducir la Huella Ecológica.

RECOMENDACIONES

En este estudio, nos encontramos con diversas limitaciones relacionadas con la obtención de información, principalmente debido a restricciones de tiempo y a la decisión de enfocarnos exclusivamente en el campus Capanique II, excluyendo otros campus universitarios. Esta situación resalta la necesidad imperante de que futuros investigadores tomen medidas anticipadas para superar estos desafíos. Una estrategia clave para el próximo investigador sería delimitar cuidadosamente su área de estudio desde el principio, obteniendo planos detallados del campus. Esta acción permitiría establecer un marco claro y preciso para la investigación. Además, al solicitar información relevante, como las boletas de pago, a través de un FUT es crucial que el investigador siguiente se asegure de que las solicitudes sean específicas y detalladas para que la oficina de administración pueda proporcionar datos de manera rápida y precisa.

En esta investigación, se limitó el cálculo de la huella ecológica al campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna, que incluye la facultad de ingeniería, arquitectura, salón de usos múltiples y biblioteca. Este enfoque restringido resultó en un valor de huella ecológica significativamente bajo en comparación con otras universidades latinoamericanas. Sin embargo, es crucial tener en cuenta que este valor podría ser considerablemente mayor si se llevaran a cabo estudios complementarios que abarquen toda la universidad. Al realizar investigaciones exhaustivas en toda la institución, se obtendría una imagen más precisa y completa de la huella ecológica de la Universidad Privada de Tacna. Esto permitiría una comparación más justa y adecuada con otras universidades latinoamericanas. Además, sería beneficioso realizar una comparación interna, específicamente entre las diversas facultades de la universidad. Al hacerlo, se podrían identificar diferencias significativas en las huellas ecológicas de las diferentes áreas, lo que abriría la puerta a la formulación de medidas de ecoeficiencia más específicas y adaptadas a las necesidades de cada facultad.

La huella ecológica, siendo un indicador crucial de nuestro impacto ambiental, proporciona una estimación aproximada de como nuestras acciones afectan al entorno, pero no refleja completamente la magnitud real del impacto. Es esencial reconocer que el valor obtenido hasta ahora es probablemente menor que la verdadera huella ecológica de la institución. Por lo tanto, se recomienda ampliar las categorías de

consumo consideradas en el cálculo. Incorporar elementos como el consumo de alimentos en la cafetería y el uso de combustible del transporte universitario permitiría una evaluación más precisa y completa.

En futuras investigaciones, se pueden aplicar estrategias de ecoeficiencia, como la introducción de programas educativos sobre medio ambiente para cultivar una mentalidad de responsabilidad ambiental en la comunidad universitaria. Estos programas pueden incluir medidas concretas que ayuden a preservar el entorno y a crear un ambiente más sostenible. Al implementar estas estrategias, la Universidad Privada de Tacna tiene el potencial de reducir significativamente su huella ecológica y fomentar prácticas sostenibles, allanando el camino hacia un futuro más prometedor.

Por último, es esencial que la Universidad Privada de Tacna comprenda que la Huella Ecológica (HE) no es el único instrumento para identificar los impactos ambientales. Por lo tanto, se sugiere que para las próximas investigaciones se utilicen también otros indicadores que complementen la evaluación de dichos impactos, como la Huella de Carbono, que considera la presencia de gases de efecto invernadero (GEI) además del dióxido de carbono (CO_2). La incorporación de diversos indicadores ambientales permitirá obtener una visión más completa y precisa de la contribución de la universidad al cambio climático y a otros problemas ambientales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Informe Planeta Vivo. (2011). Evaluación de la huella ecológica del sector edificación en la comunidad. Retrieved from https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/23950/Q_Tesis_SOL.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2022, junio 14). Retrieved from <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/descripcion-general-de-los-gases-de-efecto-invernadero>
- Altamirano, E. (2020). Plan de Manejo Ambiental en base al cálculo de Huella Ecológica como. Ecuador.
- Andrade y Défaz. (2012). Cálculo de la Huella Ecológica de la Empresa Pública. Retrieved from <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/7909>
- Burgos y Figueroa. (2016). Aproximación al cálculo de la Huella Ecológica de la Universidad de Nariño sede Torobajo para el primer semestre 2014. Colombia.
- Carballo. (2009). El Método Compuesto de las Cuentas Contables (MC3): Una. Galicia.
- Carballo y García. (2010). El método compuesto de las cuentas contables (MC3): una herramienta para la. Retrieved from <http://www.eumed.net/rev/delos/03/cpgn.htm>
- Cárdenas y Peinado. (2010). La Huella Ecológica de la Universidad de Granada (UGR). Granada.
- CEPAL. (2007 , diciembre). Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe . Retrieved from <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/c0df97fc-43da-4671-a61f-96b5d36d7a88/content>
- Cruz, B. C. (2017). Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en. Iberoamericana de Ciencias, 11.
- Doménech, J. (2010). Guía Metodológica para el Cálculo de la Huella Ecológica . Málaga.
- Doménech, L. (2007). Huella ecológica y desarrollo sostenible. España: AENOR ediciones.
- Environmental Paper Network. (2018). Retrieved from https://environmentalpaper.org/wp-content/uploads/2018/04/StateOfTheGlobalPaperIndustry2018_FullReport-Final-1.pdf

- Ewing, Goldfinger, Wackernagel, Stechbart y Rizk. (2008, octubre 28). Global Footprint Network. Retrieved from Global Footprint Network: https://www.footprintnetwork.org/content/images/uploads/Ecological_Footprint_Atlas_2008.pdf
- Fondo Mundial para la Naturaleza. (2008). Informe Planeta Vivo 2008: Por un Planeta . Suiza.
- Fondo Mundial para la Naturaleza. (2010). Informe Planeta Vivo 2010: Biodiversidad, . Suiza.
- Fondo Nacional del Ambiente . (2007). Cálculo del Factor de Emisión de CO₂ de la Red . Lima.
- Fowler, F. (2014). Survey Research Methods. Thousands Oaks. Retrieved from <https://www.inee.edu.mx/wp-content/uploads/2019/08/P2A355.pdf>
- Galarza, E. (2016). Guía de Ecoeficiencia para Instituciones del Sector Público. Retrieved from <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/305975-guia-de-ecoeficiencia-para-instituciones-del-secto-publico-2016>
- Galli. (2013). Accounting for demand and supply of the biosphere's regenerative capacity: the National Footprint Accounts' underlying methodology and framework. Global Footprint. Suiza.
- García y Ordoñez. (1999). Captura de Carbono en el Bosque Templado: El. Michoacán.
- Global Footprint Network. (2015). Retrieved from https://www.footprintnetwork.org/content/images/uploads/Ecological_Footprint_Atlas_2010.pdf
- González, García y Colina. (2017). Análisis de la Huella Ecológica en el. España: Oviedo.
- Huerta, J. (2018, agosto). Determinación de la huella ecológica en la comunidad universitaria "santiago antunéz de mayolo", campus universitario de shancayán. Retrieved from <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2450>
- INECC. (2014). "Factores de emisión para los diferentes tipos de combustibles fósiles y alternativos que se consumen en México". Retrieved from https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/110131/CGCCDBC_2014_FE_tipos_combustibles_fosiles.pdf
- INEI. (2010). Compendio estadístico Perú 2010 . Perú : El Perú Avanza. Retrieved from <https://sinia.minam.gob.pe/huella-ecologica-peru/antecedentes>
- INEI. (2022). Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2022. Retrieved from Perú: Anuario de Estadísticas Ambientales 2022:

- https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1877/libro.pdf
- INGEI. (2012). Inventario nacional de gases de efecto invernadero . retrieved from inventario nacional de gases de efecto invernadero : <https://infocarbono.minam.gob.pe/inventarios-nacionales-gei/inventario-nacional-de-gases-efectos-invernaderos-2010-2/>
- Inostroza. (2015). La huella urbana y ecológica de Magallanes: Una Mirada Sobre Nuestra. Santiago de Chile.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2010). Perú: Compendio estadístico 2010. Lima.
- IPCC. (2007). Cambio Climático 2007 Mitigación del Cambio Climático. Retrieved from Cambio Climático 2007 Mitigación del Cambio Climático: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2020/02/ar4-wg3-sum-vol-sp.pdf>
- IPCC. (2019). Retrieved from <https://cepei.org/documents/emisiones-del-sector-electrico/>
- Jaimes, L. (2019, marzo). Estimación de la huella ecológica de la universidad peruana unión. Retrieved from <http://hdl.handle.net/20.500.12404/14862>
- López y Blanco. (2009). Metodología para el cálculo de la huella ecológica en universidades. España.
- Marambio, C. (2013). Retrieved from <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/101529/Tesis.pdf?sequence=1>
- MINAM. (2007). Retrieved from <https://sinia.minam.gob.pe/huella-ecologica-peru/antecedentes>
- MINAM. (2010, Agosto 26). Modifican artículos del Decreto Supremo N°009-2009-MINAM . Modifican Medidas de Ecoeficiencia para el Sector Público, p. 1. Retrieved from <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/64290>
- Ministerio del Ambiente. (2019, noviembre). Guía para la caracterización de residuos sólidos municipales. retrieved from guía para la caracterización de residuos sólidos municipales: <http://repositoriodigital.minam.gob.pe/xmlui/handle/123456789/707>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2012). Retrieved from <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/exposiciones-del-ceneam/exposiciones-itinerantes/huella-ecologica/default.aspx#:~:text=El%20concepto%20%22huella%20ecol%C3%B3gica%22%20surge,un%20impacto%20sobre%20el%20planeta.>

- Oficina Catalana del Cambio Climático. (2015, Febrero 19). Retrieved from Oficina Catalana del Cambio Climático:
[https://www.aguasresiduales.info/revista/noticias/las-emisiones-de-CO₂-asociadas-al-ciclo-integral-del-agua-de-las-redes-urbanas-de-cat-20LkV](https://www.aguasresiduales.info/revista/noticias/las-emisiones-de-CO2-asociadas-al-ciclo-integral-del-agua-de-las-redes-urbanas-de-cat-20LkV)
- Organización Meteorológica Mundial. (2020, noviembre 17). La concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera alcanza un nuevo récord. Retrieved from La concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera alcanza un nuevo récord: <https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/la-concentraci%C3%B3n-de-gases-de-efecto-invernadero-en-la-atm%C3%B3sfera-alcanza>
- Pichardo, Chávez y Gallegos. (2008). Estimación de Carbono en las.
- PNUD. (2015). Retrieved from <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2020). Retrieved from <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>
- Quiroga, R. (2001, Septiembre). División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos. Retrieved from División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos:
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5570/S0110817_es.pdf
- SEMARNAT. (2013). Huella ecológica datos y rostros. Mexico.
- The Planet App. (2020). Retrieved from [https://theplanetapp.com/que-son-las-emisiones-de-CO₂/](https://theplanetapp.com/que-son-las-emisiones-de-CO2/)
- UNFPA. (2011). Estado de la población mundial 2011. Estados Unidos de América.
- Wackernagel, M. (2002). How Much Nature Do They Use?, How Much Nature Do They Have? California.
- World Wide Fund for Nature. (2012). Planeta Vivo. Informes del 2004, 2006, 2008, 2010, 2012. Retrieved from www.wwf.org.mx/wwfmex/

ANEXOS

Anexo 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA	METODOLOGÍA
<p>Problema general</p> <p>¿Cuál es la Huella Ecológica del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Determinar la Huella Ecológica del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>La Huella Ecológica del campus Capanique II de la Universidad Privada de Tacna supera la biocapacidad establecida de 1.68 hag/hab/año.</p>	<p>- Huella Ecológica</p>	<p>- Consumo de energía eléctrica.</p> <p>- Consumo de agua.</p> <p>- Consumo de movilidad.</p> <p>- Consumo de papel.</p> <p>- Unidad de la construcción de edificaciones.</p> <p>- Generación de residuos sólidos.</p>	<p>- Cantidad de CO_2.</p>	<p>- Toneladas de CO_2 eq entre coeficiente de fijación más superficie del campus (mCO_2/CF_{CO_2+SCp}).</p>	<p>Tipo de investigación:</p> <p>- Investigación aplicada</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>- Aplicativo</p>
<p>Problemas específicos</p> <p>a. ¿Cuáles son los valores de consumo de energía eléctrica, agua, papel y movilidad?</p> <p>b. ¿Cuáles son los valores de la caracterización de residuos sólidos?</p> <p>c. ¿Qué prácticas de ecoeficiencia se emplea para la reducción de la Huella Ecológica?</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>a. Analizar los consumos de energía eléctrica, agua, papel y movilidad.</p> <p>b. Caracterizar los residuos sólidos generados.</p> <p>c. Proponer prácticas de ecoeficiencia para la reducción de la Huella Ecológica.</p>						<p>- Metodología propuesta por López y Blanco (2007)</p>

**Anexo 2. FICHA DE REGISTRO DE PESOS DE MUESTREO PARA EL ANÁLISIS DE
COMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS**

Tipo de residuo sólido		Día 0 ()	Día 1 ()	Día 2 ()	Día 3 ()	Día 4 ()	Día 5 ()	Día 6 ()	Día 7 ()
Residuos aprovechables	Residuos orgánicos								
	Residuos inorgánicos	Papel							
		Cartón							
		Vidrio							
		Plástico							
		Metal							
		Textiles (telas)							
Caucho, cuero, jebe									
Residuos no aprovechables	No categorizados								

Anexo 3. ENCUESTA "HÁBITOS DE CONSUMO DE PAPEL Y MOVILIDAD DE LOS ALUMNOS DEL CAMPUS CAPANIQUE II DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA"

<p>Su participación será voluntaria y la información que se recoja será estrictamente confidencial, solo será utilizada para la presente investigación con la finalidad de elaborar la tesis.</p>
<p>1. Por favor, indique si da su consentimiento para participar de forma voluntaria en el estudio</p> <p><input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No</p>
<p>2. ¿Estudio en la Universidad Privada de Tacna durante los ciclos académicos 2022-II y 2023-I?</p> <p><input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No</p>
<p>3. Durante los ciclos académicos 2022-II y 2023-I, ¿Utilizó papel reciclado?</p> <p><input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No</p>
<p>4. ¿Si marcó que "¿SI" en la pregunta anterior, aproximadamente cuántas hojas de papel reciclado consumió en los ciclos académicos 2022-II y 2023-I? (considera cuadernos, separatas impresas, tareas, etc)</p> <p>a. Menos de 100 b. Entre 100 y 250 c. Entre 250 y 400 d. Más de 400</p>
<p>5. ¿Aproximadamente cuántas hojas de papel (no reciclado) consumió en los ciclos académicos 2022-II y 2023-I? (considera cuadernos, separatas impresas, tareas, etc)</p> <p>a. Menos de 100 b. Entre 100 y 250 c. Entre 250 y 400 d. Más de 400</p>
<p>6. ¿Cuántas fotocopias sacas durante los ciclos académicos 2022-II y 2023-I? (hojas no recicladas)</p> <p>a. Menos de 100 Entre b. 100 y 250 c. Entre 250 y 400 d. Más de 400</p>
<p>7. ¿Generalmente que tipo de movilidad utilizó para ir y retomar de la universidad durante los ciclos académicos 2022-II y 2023-I?</p> <p>a. A pie o en bicicleta b. Transporte público c. Motocicleta o mototaxi d. Auto</p>

8. ¿Si en la pregunta anterior selecciono auto, generalmente cuantas personas iban en el auto? (considerando el periodo de los ciclos académicos 2022-II y 2023-I)

- a. 1 a 2 personas
- b. 3 personas
- c. 4 personas
- d. 5 personas

9. ¿Cuántas veces por semana se movilizó a la universidad? (considerando el periodo de los ciclos académicos 2022-II y 2023-I)

- a. 1 a 2 veces
- b. 3 veces
- c. 4 a 5 veces
- d. más de 5 veces

10. ¿Desde qué distrito de Tacna se movilizó hacia la universidad durante el periodo de los ciclos académicos 2022-II y 2023-I?

- a. Tacna
- b. Alto de la Alianza
- c. Palca
- d. Calana
- e. Ciudad Nueva
- f. Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa
- g. Inclán
- h. La Yarada- Los palos
- i. Pachía
- j. Pocollay
- k. Sama

Nota. Elaborado a partir de la Pontificia Universidad Católica del Perú 2019 del sitio web https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/14862/JAIMES_GUTIERREZ_ESTIMACION_DE_LA_HUELLA_ECOLOGICA_DE_LA_UNIVERSIDAD_PERUANA_UNION.pdf?sequence=1&isAllowed=y. DOC: Estimación de la huella ecológica de la universidad peruana unión

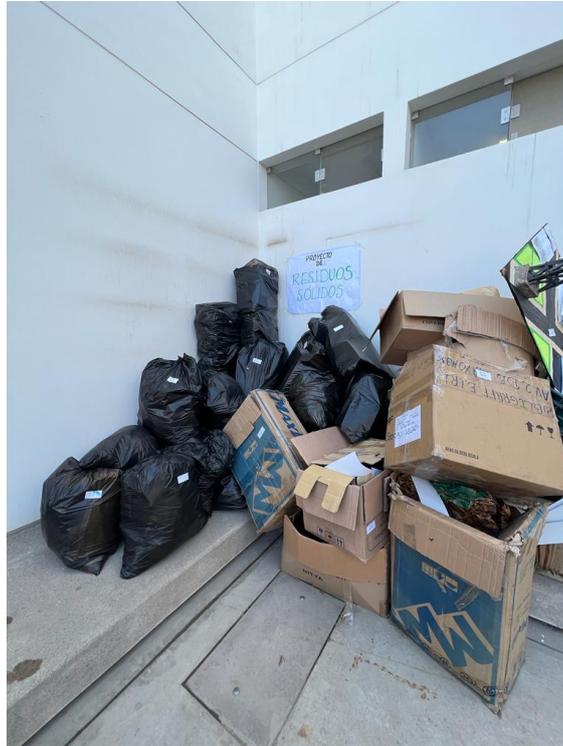
Anexo 4. ENCUESTA "HÁBITOS DE CONSUMO DE PAPEL Y MOVILIDAD DEL PERSONAL DEL CAMPUS CAPANIQUE II DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA"

Su participación será voluntaria y la información que se recoja será estrictamente confidencial, solo será utilizada para la presente investigación con la finalidad de elaborar la tesis.
1. Por favor, indique si da su consentimiento para participar de forma voluntaria en el estudio <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No
2. ¿Durante los ciclos académicos 2022-II y 2023-I, trabajó para Universidad Privada de Tacna? (Como personal docente, administrativo, etc) <input type="radio"/> Sí <input type="radio"/> No
3. ¿Generalmente que tipo de movilidad utilizó para ir y retomar de la universidad durante los ciclos académicos 2022-II y 2023-I? a. A pie o en bicicleta b. Transporte público c. Motocicleta o mototaxi d. Auto
4. ¿Si en la pregunta anterior selecciono auto, generalmente cuantas personas iban en el auto? (considerando el periodo de los ciclos académicos 2022-II y 2023-I) a. 1 a 2 personas b. 3 personas c. 4 personas d. 5 personas
5. ¿Cuántas veces por semana se movilizó a la universidad? (considerando el periodo de los ciclos académicos 2022-II y 2023-I) a. 1 a 2 veces b. 3 veces c. 4 a 5 veces d. más de 5 veces
6. ¿Desde qué distrito de Tacna se movilizó hacia la universidad durante el periodo de los ciclos académicos 2022-II y 2023-I? a. Tacna b. Alto de la Alianza c. Palca d. Calana e. Ciudad Nueva f. Coronel Gregorio Albarracín Lanchipa g. Inclán h. La Yarada- Los palos i. Pachía j. Pocollay k. Sama

Nota. Elaborado a partir de la Pontificia Universidad Católica del Perú 2019 del sitio web https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/14862/JAIMES_GUTIERREZ_ESTIMACION_DE_LA_HUELLA_ECOLOGICA_DE_LA_UNIVERSIDAD_PERUANA_UNION.pdf?sequence=1&isAllowed=y. DOC: Estimación de la huella ecológica de la universidad peruana unión

Anexo 5. PANEL FOTOGRÁFICO

Punto de Acopio



Separación de los residuos por sede y día



Pesaje de Residuos Sólidos



Determinación de la densidad



Caracterización de Residuos Sólidos

