



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS DE ECONOMÍA
CIRCULAR COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA EL
DESARROLLO PRODUCTIVO EN EL CAMPUS EXPERIMENTAL
SALACHE**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniero Ambiental

Autor:

Sango Changoluisa Ronald Ismael

Tutor:

Daza Guerra Oscar Rene

LATACUNGA – ECUADOR

Marzo 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Sango Changoluisa Ronald Ismael, con cédula de ciudadanía No. 1754921474, declaro ser autor del presente Proyecto de Investigación: **“IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS DE ECONOMÍA CIRCULAR COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA EL DESARROLLO PRODUCTIVO EN EL CAMPUS EXPERIMENTAL SALACHE”**, siendo el Ingeniero Mg. Oscar Rene Daza Guerra, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 12 de febrero del 2026

Ronald Ismael Sango Changoluisa
C.C: 1754921474
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **SANGO CHANGOLUISA RONALD ISMAEL**, identificado con cédula de ciudadanía **1754921474** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS DE ECONOMÍA CIRCULAR COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA EL DESARROLLO PRODUCTIVO EN EL CAMPUS EXPERIMENTAL SALACHE”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2021 – Marzo 2022

Finalización de la carrera: Octubre 2025 – Marzo 2026

Tutor: Ing. Oscar Rene Daza Guerra, Mg.

Tema: **“IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS DE ECONOMÍA CIRCULAR COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA EL DESARROLLO PRODUCTIVO EN EL CAMPUS EXPERIMENTAL SALACHE”**

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 12 días del mes de febrero del 2026.

Ronald Ismael Sango Changoluisa
EL CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS DE ECONOMÍA CIRCULAR COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA EL DESARROLLO PRODUCTIVO EN EL CAMPUS EXPERIMENTAL SALACHE”, de Sango Changoluisa Ronald Ismael de la carrera de Ingeniería Ambiental, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 12 de febrero del 2026

Ing. Oscar Rene Daza Guerra, Mg.
C.C: 0400689790
DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Sango Changoluisa Ronald Ismael, con el título del Proyecto de Investigación: **“IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS DE ECONOMÍA CIRCULAR COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA EL DESARROLLO PRODUCTIVO EN EL CAMPUS EXPERIMENTAL SALACHE”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 12 de febrero del 2026

Ing. Vladimir Ortiz Bustamante, Ph.D.
C.C: 0502188451
LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Ing. Isaac Cajas Cayo, Mg.
C.C: 0502205164
LECTOR 2 (MIEMBRO)

Lcdo. Jaime Lema Pillalaza, Mg.
C.C: 1713759932
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, le agradezco a Dios por darme salud y poder seguir adelante durante todo este proceso. A mi madre Nelly Changoluisa por enseñarme a valorar cada una de las cosas y por estar siempre presente y ser mi guía y apoyo incondicional, a mi padre Willian Sango por el sacrificio que hace para que yo haya logrado terminar mis estudios y por tanto amor y cariño que me tiene. Este logro es especialmente para ellos. Gracias por ser mis pilares y mi inspiración.

Ronald Ismael Sango Changoluisa

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto con todo mi cariño:

A mis padres por ese amor, comprensión y apoyo incondicional que siempre me han brindado, gracias por ser mi alegría y motivación. Ustedes son el motor en mi vida y el cual me permite seguir adelante. Y no está demás decir que le dedico este logro a mis tres ángeles en el cielo, quisiera que estén aquí junto a mí, los extraño siempre.

Ronald Ismael Sango Changoluisa

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TÍTULO: “IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS DE ECONOMÍA CIRCULAR
COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA EL DESARROLLO PRODUCTIVO
EN EL CAMPUS EXPERIMENTAL SALACHE”.**

Autor:
Sango Changoluisa Ronald Ismael

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo caracterizar la situación actual del manejo de residuos sólidos en el Campus Experimental Salache y establecer una línea base que permita orientar una futura transición hacia un sistema institucional de gestión con enfoque de economía circular. Hoy en día, el campus carece de un sistema formalizado, lo cual se evidencia en la falta de estrategias completas que vinculen la gobernanza, las prácticas de valorización, la cultura organizacional y la infraestructura. Esto ha limitado que el medio ambiente universitario sea sustentable. La investigación se llevó a cabo con un enfoque cualitativo y descriptivo, respaldado por datos cuantitativos, con el objetivo de entender cómo opera el sistema de gestión de residuos y cómo actúa el entorno ambiental de la comunidad universitaria. Se implementaron tres fases en la metodología: una evaluación técnica a través de un recorrido por sectores administrativos, académicos, de servicios, laboratorios y zonas verdes; una caracterización gravimétrica de los residuos sólidos mediante separación manual y pesaje directo; y la realización de un cuestionario KAP a alumnos del campus. Se eligió una muestra de 117 alumnos de Ingeniería Ambiental de un total de 1 928 estudiantes existentes en el campus. Los hallazgos mostraron una masa total muestreada de 35 021 kg, en la que predominaban los residuos orgánicos, seguidos por cartón, papel, plástico y residuos peligrosos o especiales. Se calculó que la producción anual de residuos sólidos es de alrededor de 260 toneladas, tomando como referencia una generación semanal promedio de 5 003 kg. No obstante, la tasa de segregación en la fuente fue del 14%, lo que estuvo relacionado sobre todo con la ausencia de señalización apropiada, contenedores separados y procedimientos constantes de sensibilización institucional futura.

Palabras clave: gestión ambiental, residuos sólidos, comportamiento ambiental, educación ambiental, desarrollo sostenible.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

TITLE: "IMPLEMENTATION OF CIRCULAR ECONOMY STRATEGIES AS A SUSTAINABLE ALTERNATIVE FOR PRODUCTIVE DEVELOPMENT IN THE SALACHE EXPERIMENTAL CAMPUS"

Author:
Sango Changoluisa Ronald Ismael

ABSTRACT

The objective of this study is to characterize the current situation of solid waste management in the Salache Experimental Campus and to establish a baseline that allows guiding a future transition towards an institutional management system with a circular economy approach. Today, the campus lacks a formalized system, which is evidenced by the lack of comprehensive strategies that link governance, valuation practices, organizational culture, and infrastructure. This has limited the university environment from being sustainable. The research was carried out with a qualitative and descriptive approach, supported by quantitative data, with the aim of understanding how the waste management system operates and how the environmental environment of the university community acts. Three phases were implemented in the methodology: a technical evaluation through a tour of administrative, academic, service sectors, laboratories and green areas; a gravimetric characterization of solid waste by manual separation and direct weighing; and the completion of a KAP questionnaire to students on campus. A sample of 160 Environmental Engineering students was chosen from a total of 1 928 students. The findings showed a total sampled mass of 35 021 kg, in which organic waste predominated, followed by cardboard, paper, plastic and hazardous or special waste. It was calculated that the annual production of solid waste is around 260 tons, taking as a reference an average weekly generation of 5 003 kg. However, the source segregation rate was 14 per cent, which was mainly related to the absence of appropriate signage, separate containers and ongoing procedures for future institutional awareness.

Keywords: environmental management, solid waste, environmental behavior, environmental education, sustainable development.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. INTRODUCCIÓN	1
3. JUSTIFICACIÓN.....	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	5
4.1 Beneficiarios directos	5
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	6
5.1 Situación del problema en Ecuador	7
5.2 Situación del problema en Campus Salache	8
6. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	11
6.1 Objetivo General.....	11
6.2 Objetivos Específicos	11
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	11

8.	FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA	13
8.1	Teorías y enfoque.....	13
8.1.1	Economía circular.....	13
8.2	Gestión de residuos bajo un enfoque de economía circular.....	14
8.3	Las universidades como agentes estratégicos	14
8.3.1	Universidades como generadoras de flujos complejos de residuos.....	16
8.3.2	Gestión de residuos y circularidad.....	17
8.3.3	Educación para la economía circular en educación superior.....	18
8.4	Economía circular en el ámbito internacional	19
8.5	Economía circular en América Latina	20
8.6	Educación ambiental.....	22
8.7	Proyectos piloto y campus como “living labs”	22
8.8	Teorías aplicables en la economía circular y académica	23
9.	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	24
10.	ÁREA DE ESTUDIO.....	26
11.	METODOLOGÍA.....	29
11.1	Enfoque de la investigación	29
11.2	Tipo de investigación.....	30
11.3	Diseño de la investigación	31
11.4	Métodos	32
11.5	Técnicas de investigación aplicadas	33
11.6	Instrumentos aplicados en la investigación.....	35
11.6.1	Cuestionario de conocimiento, actitud y práctica (KAP).....	38
11.6.2	Capacitación de sensibilización en economía circular	40
11.6.3	Diseño proyecto piloto	43

11.7	Población y muestra.....	45
11.8	Variables y categorías de análisis	47
11.9	Procesamiento y análisis de datos.....	48
12.	APLICACIÓN DE LA ENCUESTA	49
13.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	51
13.1	Resultados del objetivo 1	51
13.1.1	Diagnóstico del manejo actual de residuos sólidos	51
13.1.2	Caracterización gravimétrica.....	52
13.2	Discusión diagnóstica	57
13.3	Resultados del objetivo 2	59
13.3.1	Resultados del cuestionario KAP – Pretest	59
13.3.1.1	Dimensión de conocimiento.....	60
13.3.1.2	Dimensión de actitud.....	61
13.3.1.3	Dimensión práctica.....	62
13.3.1.4	Puntaje total del cuestionario KAP – Pretest	62
13.3.1.5	Síntesis diagnóstica KAP Pretest	63
13.3.2	Resultados de la capacitación	64
13.3.3	Resultados del cuestionario KAP – Postest.....	65
13.3.3.1	Dimensión de conocimiento.....	67
13.3.3.2	Dimensión de actitud.....	67
13.3.3.3	Dimensión de práctica.....	68
13.3.3.4	Puntaje total del Cuestionario KAP – Postest	68
13.3.3.5	Síntesis diagnóstica KAP Postest.....	69
13.3.4	Análisis comparativo	71
13.4	Resultados del objetivo 3	74

13.4.1	Introducción al diseño del proyecto piloto de economía circular.....	74
13.4.2	Objetivo del proyecto piloto	75
13.4.3	Alcance y delimitación del proyecto piloto	76
13.4.4	Diseño metodológico del proyecto piloto.....	79
13.4.1	Plan operativo de economía circular	82
13.4.2	Estrategia metodológica de evaluación	85
13.4.1	Estrategia metodológica de evaluación	86
13.4.1	Línea de base del manejo de residuos sólidos	87
14.	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	88
14.1	Impactos técnicos.....	88
14.2	Impactos sociales y formativos	89
14.3	Impactos ambientales potenciales.....	90
14.4	Impactos económicos potenciales.....	90
14.5	Impacto institucional.....	91
15.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	92
16.	BIBLIOGRAFÍA	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios del proyecto	5
Tabla 2. Actividades por objetivos	12
Tabla 3. Teorías aplicables a la academia y economía circular.....	24
Tabla 4. Comparación de puntajes promedio en el cuestionario KAP	50
Tabla 5. Composición porcentual de residuos en el campus	54
Tabla 6. Dimensiones de viabilidad	76
Tabla 7. Matriz Analítica del Proyecto Piloto de Economía Circular	81
Tabla 8. Actividades planificadas según el componente operativo del proyecto piloto	83
Tabla 9. Línea base del estudio	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Ishikawa.....	10
Figura 2. Modelo lineal vs Modelo de Economía Circular	16
Figura 3. Principios de la Economía Circular.....	18
Figura 4. Área de estudio.....	27
Figura 5. Composición porcentual de residuos por tipo – Campus Salache	55
Figura 6. Puntaje promedio por dimensión – Cuestionario KAP (Pretest)	60
Figura 7. Puntaje promedio por dimensión – Cuestionario KAP (Postest).....	66
Figura 8. Gráfico de dispersión comparativo	72

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título

IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS DE ECONOMÍA CIRCULAR COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA EL DESARROLLO PRODUCTIVO EN EL CAMPUS EXPERIMENTAL SALACHE

Lugar de ejecución.

Salache – Eloy Alfaro – Latacunga – Cotopaxi

Institución, unidad académica y carrera que auspicia

Universidad Técnica de Cotopaxi – Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales – Carrera de Ingeniería Ambiental.

Nombres de equipo de investigadores

Sango Changoluisa Ronald Ismael

Área de Conocimiento.

Ambiental

Línea de investigación

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad.

Sublínea de investigación:

Manejo de conservación de la biodiversidad

Línea de Vinculación:

Gestión de Recursos Naturales, Biodiversidad, Biotecnología y Genética, para el desarrollo humano y social.

2. INTRODUCCIÓN

Uno de los retos ambientales más persistentes en los campus universitarios, lugares que combinan actividades académicas, administrativas y productivas y que reflejan problemas urbanos a menor escala debido a su complejidad, sigue siendo la gestión deficiente de los residuos sólidos. Varios estudios indican que, a pesar de que en su discurso educativo las universidades fomentan la sostenibilidad, en la práctica diaria tienden a seguir patrones lineales

de producción y desecho. Esto obstaculiza el cierre de ciclos de recursos y reduce las oportunidades de valorización material (Oliveira & Proença, 2025).

En este contexto, la economía circular se ha establecido como un marco que posibilita la reconfiguración de los sistemas de gestión de residuos mediante esquemas regenerativos. Esto se logra al articular procesos educativos y transformaciones institucionales con estrategias como el aprovechamiento, la reutilización y la reducción de materiales (Geissdoerfer et al., 2017). La literatura destaca que los campus pueden funcionar como laboratorios vivos, en los cuales se unen la investigación aplicada, la conducta de la comunidad y la infraestructura para probar soluciones sustentables en situaciones reales (Salas et al., 2021).

Este tipo de análisis tiene un contexto especialmente importante en el Campus Experimental Salache, que es parte de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Esto se debe a su naturaleza híbrida, ya que combina acciones agrícolas, experimentales, educativas y de servicios. Como resultado, produce flujos de desechos diversos que necesitan sistemas sólidos para su clasificación y valorización. No obstante, los primeros análisis muestran que existen debilidades persistentes (falta de separación en el origen, falta de rutas internas definidas y ausencia de indicadores técnicos) que obstaculizan la transición hacia modelos circulares. Esta discrepancia entre la capacitación en materia ambiental y las prácticas operativas de la institución muestra que hay un vacío que necesita ser sometido a un diagnóstico técnico y conductual estricto.

Esta investigación, en respuesta a esa situación, tiene como objetivo describir la gestión actual de los desechos sólidos en el Campus Experimental Salache y producir recursos técnicos que apoyen un cambio institucional hacia la economía circular. El estudio incorpora tres elementos para lograr este objetivo: una evaluación físico-operativa del sistema de residuos, un análisis de las conductas medioambientales de los alumnos y la elaboración conceptual de un proyecto piloto sobre circularidad. El trabajo se fundamenta, desde la perspectiva teórica, en el

paradigma sistémico de la economía circular (Geissdoerfer et al., 2017), en la teoría del comportamiento planificado para entender las prácticas de disposición de residuos (Ajzen et al., 2020) y en el enfoque de sistemas socioecológicos que se aplica a entidades educativas (Berta et al., 2025). Se comprende que las transformaciones sustentables necesitan de procesos integrales que vinculen la gobernanza, la infraestructura y la cultura organizacional a través de estas perspectivas.

3. JUSTIFICACIÓN

La gestión inapropiada de los residuos sólidos en las instituciones de educación superior es un reto cada vez mayor para la sostenibilidad universitaria. A pesar de que los campus son lugares ideales para el fomento de la innovación y la creación de conocimiento, la literatura demuestra que la incorporación de prácticas circulares en su rutina diaria sigue siendo escasa y poco sistemática (Gallego et al., 2024). Esta discrepancia entre el discurso medioambiental y la administración efectiva de los materiales produce efectos operativos, económicos y ecológicos que ponen en riesgo la sostenibilidad institucional.

El Campus Experimental Salache, en este contexto, representa un ambiente particularmente importante. Su naturaleza académica y de producción, que mezcla trabajos experimentales, agrícolas y de servicios, lo transforma en un sistema que produce flujos de desechos variados y voluminosos, que necesitan estructuras organizativas sólidas para su gestión. Sin embargo, los primeros análisis muestran que aún existen debilidades: la falta de separación en la fuente, prácticas limitadas de aprovechamiento, infraestructura deficiente y escaso conocimiento comunitario sobre economía circular. Estas circunstancias motivan la necesidad de una investigación que ofrezca información técnica fiable y posibilite determinar acciones estratégicas para disminuir los efectos ambientales y robustecer la gobernanza institucional en relación con los desechos.

Además, esta investigación es significativa porque contribuye al ámbito académico. La economía circular implementada en los campus universitarios es un campo que se está expandiendo, sobre todo en Latinoamérica, donde todavía hacen falta investigaciones que incorporen aspectos organizativos, educativos y ambientales en una misma evaluación (Salas et al., 2021). Esta labor aporta a la evolución de ese cuerpo de conocimiento al brindar un entendimiento articulado del sistema de residuos, de las conductas medioambientales de la comunidad universitaria y de las posibilidades para avanzar hacia esquemas más sustentables. Desde un punto de vista práctico, la investigación es importante porque crea una línea base diagnóstica que es esencial para tomar decisiones a nivel institucional. Esta línea base facilita la detección de brechas, la cuantificación del potencial de valorización y el reconocimiento de patrones que impactan en la circularidad. Esta información permite a la universidad planear mejoras, optimizar recursos, disminuir los costos de operación y robustecer la cultura ambiental entre los alumnos. Investigaciones recientes subrayan que la puesta en marcha de estrategias circulares, como el reciclaje, el compostaje y la reconfiguración de flujos de materiales, ayuda a reducir notablemente la presión sobre los sistemas de disposición final y fomenta que la comunidad universitaria participe activamente (Rodríguez et al., 2024).

La investigación también cobra importancia a nivel nacional e internacional al estar alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, sobre todo con el ODS 12 (referente a la producción y el consumo responsables), el ODS 11 (relativo a las comunidades sostenibles) y el ODS 4 (en términos de educación para la sostenibilidad). Este alineamiento posibilita que los hallazgos de la investigación vayan más allá del campus y contribuyan a las obligaciones del país con respecto a la economía circular y la sostenibilidad.

La razón primordial de este estudio es, en última instancia, que puede contribuir con un conocimiento aplicable y válido para convertir la gestión de residuos del Campus Experimental Salache en un sistema más eficaz, sostenible y educativo. El estudio establece los cimientos

consistentes para futuras estrategias institucionales y para la implementación de proyectos piloto que fortalezcan el papel de la universidad como agente de transformación hacia modelos productivos más sustentables.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

El presente proyecto, orientado a analizar el manejo actual de residuos sólidos en el Campus Experimental Salache y a generar insumos técnicos para la futura incorporación de estrategias de economía circular, identifica un grupo de beneficiarios. La Tabla 1 muestra la población que se ve involucrada y su conexión con el Campus Experimental Salache, así como los beneficiarios directos del proyecto.

Tabla 1.

Beneficiarios del proyecto

Beneficiarios Directos
Campus Salache
Estudiantes: 1.928 personas.
Docentes: 82 personas.
Total: 2.010 personas.

Nota. Elaborado propia en base a datos de la Universidad Técnica de Cotopaxi (2025).

4.1 Beneficiarios directos

Los beneficiarios directos son los miembros de la comunidad universitaria del Campus Experimental Salache, que incluye a estudiantes, profesores, personal administrativo y de servicios, así como a quienes están relacionados con las tareas académicas, productivas e investigativas. A este grupo lo afecta de manera directa la aplicación de estrategias de economía circular, ya que se involucra activamente en procesos tales como separación, disminución, reutilización y valorización de desechos, además de participar en iniciativas para capacitarse y prácticas educativas.

Según los datos institucionales y la descripción del campus, este grupo está compuesto por:

- Alumnos inscritos en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.
- Profesores que investigan y gestionan proyectos relacionados con la sostenibilidad.

El uso de técnicas como la optimización del empleo de recursos, auditorías energéticas, programas de reciclaje y compostaje ayudará a disminuir los gastos operativos, perfeccionar las habilidades prácticas de la comunidad académica en términos de sostenibilidad y mejorar las condiciones ambientales del campus. Todo esto concuerda con los propósitos del proyecto.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Como resultado de la variedad de tareas académicas, administrativas y productivas que tienen lugar en las instalaciones de los centros educativos superiores, la gestión de residuos sólidos en estos se ha convertido en un reto cada vez mayor. En el Campus Experimental Salache, la situación empeora porque los residuos se generan desde varios sitios: aulas, laboratorios, comedores universitarios, áreas administrativas y zonas agropecuarias. Esta complejidad requiere de sistemas de gestión integrados. No obstante, la evidencia institucional revela que el manejo actual se reduce a prácticas elementales de recolección y disposición final, sin contar con procedimientos organizados para clasificar, valorar o prevenir los materiales producidos.

Estas limitaciones evidencian que el campus opera actualmente bajo un modelo lineal de gestión, lo que impide cerrar ciclos materiales y aprovechar el potencial de circularidad presente en las fracciones orgánicas y reciclables. Esta desconexión hace más evidente la necesidad de investigar cómo podría la economía circular ser un marco operativo para reestructurar el movimiento de desechos en el campus.

El aprovechamiento de fracciones inorgánicas y orgánicas que tienen potencial para ser valorizadas se ve obstaculizado por la falta de separación en el origen, la carencia de rutas internas definidas para su recolección y la ausencia de indicadores de rendimiento. Además, se percibe una diferencia notable entre el conocimiento medioambiental fomentado en el ámbito académico y las acciones reales de la comunidad universitaria; esto tiene un impacto directo en

la perpetuación de un modelo lineal de consumo y desecho en el campus. Estas circunstancias restringen la sostenibilidad de la institución y provocan el despilfarro de recursos tangibles que podrían ser reintegrados a procesos educativos o productivos.

En esta circunstancia, se necesita una evaluación organizada que permita entender cómo trabaja el sistema de residuos del campus, qué obstáculos dificultan su funcionamiento eficaz y qué posibilidades hay para avanzar hacia un modelo de gestión basado en los principios de la economía circular. Esta necesidad no se debe solamente a la demanda del medio ambiente, sino también a normas operativas, institucionales y formativas que afectan el funcionamiento global del campus.

Con base en este panorama, se plantea el siguiente problema de investigación:

¿Cómo afecta el manejo actual de residuos sólidos del Campus Experimental Salache la ausencia de estrategias integrales de economía circular y qué oportunidades existen para establecer las bases de un sistema institucional de gestión con enfoque circular?

5.1 Situación del problema en Ecuador

En Ecuador, los análisis más recientes acerca de la economía circular y la gestión de residuos muestran un desfase estructural entre el potencial de valorización y las prácticas efectivas de separación en la fuente. La Estrategia Nacional de Economía Circular Inclusiva (MAATE & MIPRO, 2024) sostiene que una gran cantidad de los residuos producidos en áreas rurales y urbanas tiene capacidad para ser utilizada, sobre todo la parte orgánica. No obstante, este potencial no se aprovecha porque la infraestructura es limitada, hay poca diferenciación en la recolección y los actores institucionales tienen una articulación débil.

En el campo de la educación, investigaciones como las de Galván et al. (2024) indican que cuando se aplican estrategias circulares en universidades, estas suelen ser fragmentadas, estar supeditadas a acciones aisladas y carecer de una planificación holística que conecte la gobernanza, la infraestructura y la cultura organizacional. Esta circunstancia sitúa a las

instituciones de educación superior en un momento crítico: tienen la capacidad técnica y formativa, pero carecen de sistemas consolidados para vincular sus procesos con el manejo responsable de desechos.

5.2 Situación del problema en Campus Salache

El Campus Experimental Salache combina actividades académicas, de investigación y agroproductivas que producen residuos orgánicos, reciclables y especiales de forma continua. No obstante, el estudio institucional muestra una serie de restricciones que impactan de manera directa la gestión de estos materiales. Primeramente, no hay un sistema institucional de gestión de residuos con perspectiva de economía circular en el campus. Esto implica que no hay una estructura que coordine la separación en la fuente, la recolección interna diferenciada, el uso de fracciones orgánicas o un procedimiento formal de reciclaje. A esta ausencia de estructura se añade la carencia de un diagnóstico técnico sistemático que posibilite determinar con exactitud la cantidad y composición de los desechos producidos en cada una de las áreas funcionales, desde los laboratorios y aulas hasta los espacios administrativos y productivos.

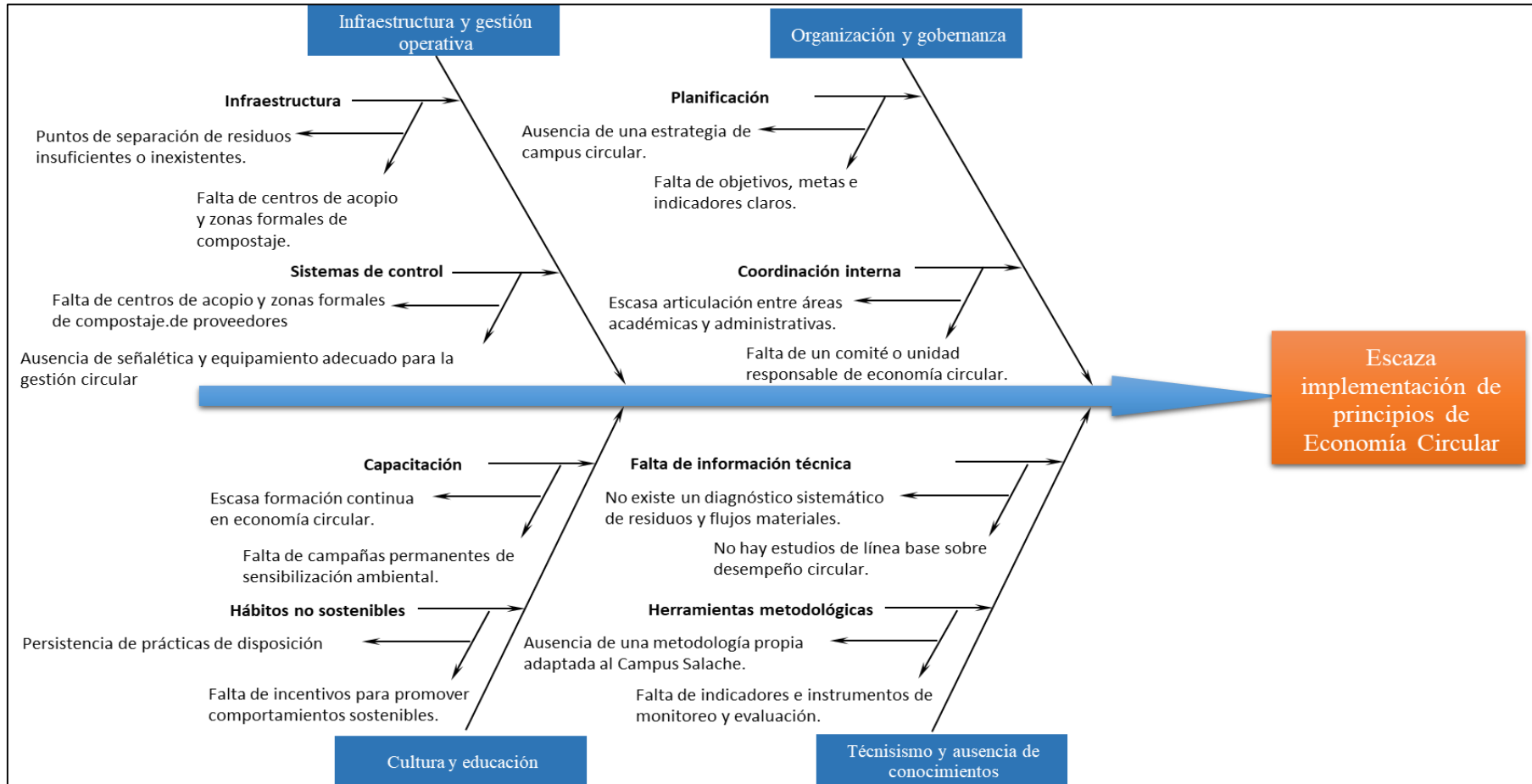
Simultáneamente, se constata que la comunidad universitaria sigue con hábitos de consumo lineal, lo cual se refleja en el escaso reciclaje de residuos, el empleo regular de productos desechables y la falta de conocimiento sobre dónde van a parar los desperdicios. La falta de indicadores ambientales, como niveles de valorización, tasas de reciclaje o métricas de circularidad, que faciliten la evaluación del progreso y la toma de decisiones institucionales hace que esta situación empeore. Por último, hay una desconexión notable entre los contenidos ambientales que se enseñan en la formación académica y las prácticas reales que se llevan a cabo dentro del campus, lo cual obstaculiza el establecimiento de una cultura de sostenibilidad aplicada.

En general, estos elementos se vinculan entre sí y disminuyen la habilidad del campus para disminuir su impacto sobre el medio ambiente, utilizar apropiadamente los materiales y

consolidar un modelo de gestión que esté alineado con los principios de la economía circular. Los componentes que constituyen este problema se representan de manera concisa en la Figura 1.

Figura 1.

Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia.

6. OBJETIVOS DEL PROYECTO

6.1 Objetivo General

Desarrollar estrategias de economía circular como alternativa sostenible para el desarrollo productivo del Campus Experimental Salache, a partir del diagnóstico de la gestión de residuos sólidos y del fortalecimiento del conocimiento, la actitud y la práctica de la comunidad universitaria.

6.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el manejo de residuos sólidos del Campus Experimental Salache, mediante un diagnóstico técnico que considere la generación, clasificación, segregación y potencial de reciclaje, reutilización y valorización de los materiales.
- Fortalecer el conocimiento y la actitud sobre economía circular y gestión de residuos sólidos en estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental del Campus Experimental Salache, mediante una capacitación de sensibilización.
- Diseñar un proyecto piloto con enfoque en economía circular dirigido al aprovechamiento de residuos sólidos en el Campus Experimental Salache, que demuestre su viabilidad en términos ambientales, productivos y educativos.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Así mismo, la Tabla 2 muestra en un orden secuencial la correlación entre los objetivos específicos, las actividades sugeridas, el método utilizado y los resultados que se esperan del estudio.

Tabla 2.

Actividades por objetivos

Objetivos	Actividades	Metodología aplicada	Resultados
Evaluar el manejo de residuos sólidos del Campus Experimental Salache, mediante un diagnóstico técnico que considere la generación, clasificación, segregación y potencial de reciclaje, reutilización y valorización de los materiales.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recorrido diagnóstico por 9 puntos estratégicos del campus. 2. Registro estructurado de infraestructura, señalización, operación y rutas internas. 3. Caracterización gravimétrica de residuos durante siete semanas. 4. Sistematización y análisis descriptivo de la información. 	<p>Tipo: Diagnóstica–descriptiva aplicada.</p> <p>Métodos: Observación directa estructurada y análisis descriptivo.</p> <p>Técnicas: Facility Walk-Through y caracterización gravimétrica (ASTM D5231-92).</p> <p>Instrumentos: Fichas de observación, lista de chequeo, planilla waste sort, balanza calibrada, registro fotográfico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Determinación del estado actual del sistema de gestión de residuos. – Establecimiento de línea base de generación y composición. – Identificación del nivel de segregación en la fuente. – Reconocimiento del potencial de valorización de fracciones orgánicas y reciclables bajo principios de economía circular.
Fortalecer el conocimiento y la actitud sobre economía circular y gestión de residuos sólidos en estudiantes de Ingeniería Ambiental, mediante una capacitación de sensibilización.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elaboración de material audiovisual contextualizado al campus. 2. Aplicación de cuestionario KAP (pretest). 3. Desarrollo de capacitación presencial estructurada (5 sesiones). 4. Aplicación de cuestionario KAP (postest). 	<p>Tipo: Descriptiva–formativa aplicada.</p> <p>Diseño: Cuasi-experimental pretest–postest sin grupo control.</p> <p>Métodos: Analítico–comparativo.</p> <p>Técnicas: Encuesta KAP y capacitación estructurada.</p> <p>Instrumentos: Cuestionario KAP, escala Likert, formulario digital, registro de asistencia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Determinación del nivel inicial de conocimiento, actitud y práctica respecto a economía circular. – Evaluación del efecto formativo de la intervención educativa. – Identificación de brechas entre intención ambiental y práctica institucional.
Diseñar un proyecto piloto de economía circular dirigido al aprovechamiento de residuos sólidos en el Campus Experimental Salache, que demuestre su viabilidad en términos ambientales, productivos y educativos.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Integración de resultados del diagnóstico técnico y del análisis KAP. 2. Selección de zonas representativas (P1–P9). 3. Definición de acciones operativas: separación en fuente, contenedores diferenciados, señalización y acompañamiento educativo. 4. Definición de indicadores de evaluación antes–después. 	<p>Tipo: Aplicada–propositiva.</p> <p>Diseño: No experimental proyectivo.</p> <p>Métodos: Análisis técnico–sintético.</p> <p>Técnicas: Elaboración de matriz operativa del piloto y definición de indicadores de seguimiento.</p> <p>Instrumentos: Matriz operativa (Tabla 8), línea base diagnóstica (Tabla 9), fichas técnicas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Estructuración metodológica de un sistema piloto orientado al aprovechamiento de residuos. – Definición de componentes operativos y educativos. – Establecimiento de indicadores para futura validación de viabilidad ambiental, productiva y educativa.

Fuente: Elaboración propia.

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO-TÉCNICA

La base científico-técnica de este proyecto se apoya en el progreso metodológico y conceptual de la ingeniería ambiental, la gestión de residuos, los sistemas de sostenibilidad utilizados en entidades educativas superiores y la economía circular (EC). Estos elementos constituyen el marco teórico-profesional que posibilita la organización de las tácticas sugeridas para el Campus Experimental Salache.

8.1 Teorías y enfoque

8.1.1 Economía circular

La economía circular ha emergido como un paradigma diferente al modelo lineal convencional de producción y consumo, que opera con el proceso de extracción, producción, uso y desecho. La transición a modelos circulares propone cerrar los ciclos de materiales con el fin de reducir la presión sobre el medio ambiente y maximizar la utilización de recursos. Esto se logra mediante la reparación, la reutilización, el reciclaje, la remanufactura y la valorización.

La economía circular fue definida por Geissdoerfer et al. (2017) como "un marco regenerativo que busca desvincular la generación de valor del uso de recursos limitados", incorporando principios derivados de la biomímesis, el ecodiseño, la economía ecológica y la eficiencia energética. Su investigación, muy referenciada en la bibliografía científica, se convirtió en una de las bases epistemológicas más importantes del campo contemporáneo.

Según estudios recientes, la economía circular ya no se percibe solamente como una estrategia ambiental, sino también como un sistema socio productivo que puede impulsar competitividad, resiliencia y disminución de impactos a través de una reestructuración completa de los flujos energéticos y materiales (Oliveira & Proença, 2025).

La literatura corrobora que la economía circular es particularmente pertinente en entornos de educación superior, en los que los campus operan como sistemas socioecológicos complejos

que tienen la capacidad de incorporar la enseñanza, la gestión operativa y la producción de innovación (Vergani, 2024).

8.2 Gestión de residuos bajo un enfoque de economía circular

La gestión de residuos es esencial en la economía circular porque puede convertir materiales desechados en recursos útiles. Se prevé que la cantidad de desechos generados en todo el mundo crecerá de 2.24 a 3.88 mil millones de toneladas al año para el 2050, lo que demuestra la necesidad de sistemas más eficaces fundamentados en la separación, valorización y prevención (Kaza et al., 2022).

Por ejemplo, Craveiro et al. (2025) pusieron en marcha un sistema de compostaje y campañas de concienciación en un campus universitario, lo que permitió disminuir la porción orgánica y mejorar la comprensión de la circularidad entre el alumnado y el personal.

Además, estudios como el de Jakimiuk et al. (2023) indican que aquellos campus que implementan separación en la fuente, compostaje y monitoreo de residuos logran un cierre parcial del ciclo productivo, disminuyen las emisiones y producen información útil para los procesos de toma de decisiones a nivel institucional. En un análisis más extenso, Berta et al. (2025) afirman que la valorización de materia orgánica a través del compostaje ayuda a disminuir los gastos relacionados con el traslado de residuos, mejorar la calidad de los suelos y mitigar el clima.

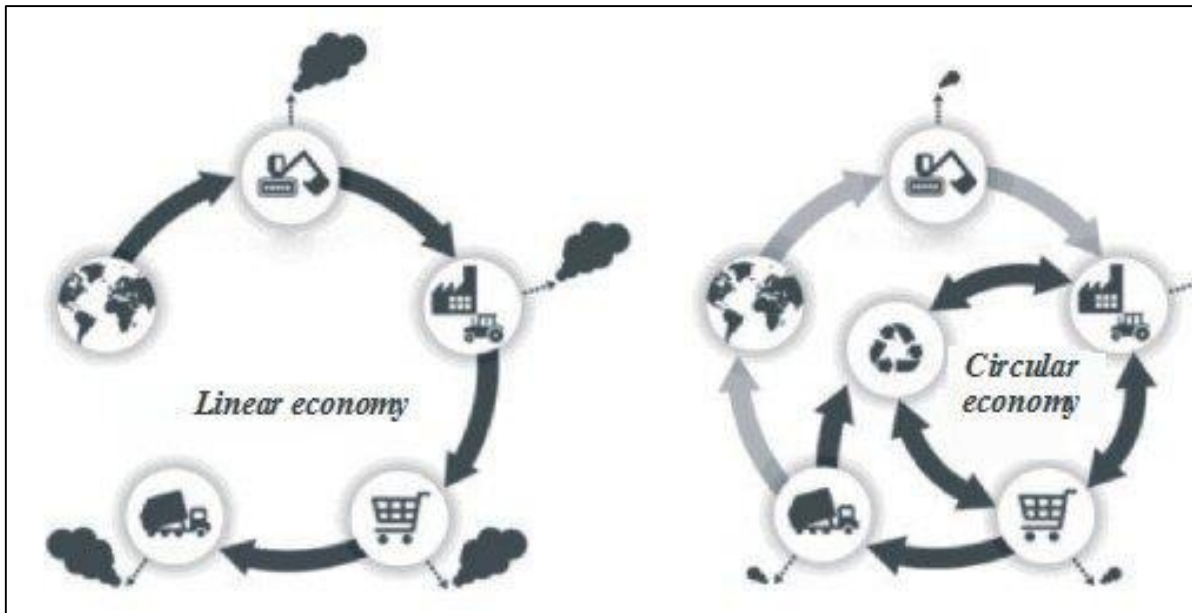
8.3 Las universidades como agentes estratégicos

Las instituciones de educación superior son reconocidas como actores cruciales en el proceso de transición hacia modelos circulares debido a su tripartita función: la investigación aplicada, la formación profesional y la gestión institucional. Debido a su potencial para poner en práctica iniciativas concretas que pueden ampliarse a nivel de la comunidad o de la ciudad, Vergani (2024) sugieren considerar las universidades como “microcosmos de economía circular”.

Además, Salas et al. (2021) sostienen que la educación superior es estratégica porque combina habilidades prácticas, pensamiento crítico y competencias sistémicas vinculadas a la economía circular, lo cual produce profesionales que pueden promover transformaciones territoriales y de las organizaciones.

No obstante, los análisis internacionales revelan que la implementación de la EC en universidades tiende a ser incompleta y desarticulada. Rodríguez et al. (2024) demuestran que muchas organizaciones no tienen suficiente infraestructura, sistemas de monitoreo y políticas de gobernanza circular; pese a que se aumentan las iniciativas para reciclar, compostar y disminuir los residuos, no siempre hay planes completos.

Así mismo, Rizos et al. (2017) destacan que para llevar a cabo la transición circular no solo son necesarias las tecnologías, sino también modificaciones en términos educativos y organizacionales, lo cual implica nuevas habilidades en los profesionales y estudiantes. El cambio del modelo lineal a métodos circulares supone la reincorporación de materiales en los ciclos productivos por medio de estrategias para recuperar valor. Esto redefine a los campus como sistemas regenerativos que disminuyen la necesidad de recursos vírgenes Geissdoerfer et al. (2017). La Figura 2 muestra la diferencia entre la perspectiva de economía circular y el modelo lineal tradicional, enfatizando el cierre de los ciclos de materiales.

Figura 2.*Modelo lineal vs Modelo de Economía Circular*

Fuente: Obtenido de Grigoryan & Borodavkina (2017). The Baltics on Their Way towards a Circular Economy.

8.3.1 Universidades como generadoras de flujos complejos de residuos

Las instituciones de educación superior operan como "microciudades" que emplean intensamente materiales, agua y energía, además de tener flujos de desechos diversos (incluyendo orgánicos, inorgánicos y especiales). Giurea et al. (2024) llevaron a cabo un estudio sistemático acerca de la sostenibilidad y circularidad en el manejo de desechos en instituciones universitarias, reconociendo modelos integrados de gestión y buenas prácticas. Llegan a la conclusión de que los campus son lugares adecuados para poner en práctica sistemas circulares que integren separación en la fuente, valorización de lo orgánico y reciclaje, en consonancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Ojuri et al. (2024) realizaron un estudio de caso en Nigeria, donde analizaron la producción de desechos en una universidad. Encontraron que el 87,5 % de los residuos generados eran reciclables y plantearon un sistema integrado para gestionarlos, fundamentado en principios de EC (mejora de rutas internas, puntos de recolección y uso eficiente de materiales).

En un estudio acerca de la administración de residuos en el campus de la Universidad de Jordania, Moqbel (2018) demostró que los diagnósticos exhaustivos posibilitan distinguir fracciones prioritarias (plásticos, papel y alimentos) y revelar que, a pesar de proyectos individuales, numerosas universidades no cuentan con programas institucionales para reciclar ni con indicadores confiables de desempeño.

Asimismo, Giurea et al. (2024) sugieren un conjunto de prácticas adecuadas para las universidades: contenedores claramente rotulados y diferenciados, campañas permanentes de concienciación, incorporación de los datos sobre residuos en sistemas de gestión medioambiental y conexión con metas institucionales relacionadas con la sostenibilidad.

8.3.2 Gestión de residuos y circularidad

Según lo descrito por Giurea et al. (2024) y Ojuri et al. (2024), el enfoque de "gestión sostenible y circular de residuos en universidades" demuestra que, si se incorporan la evaluación, la separación en la fuente, la valorización (reciclaje, compostaje) y la planificación logística, se pueden generar oportunidades productivas, reducir costos y disminuir los efectos medioambientales. Por ejemplo, esto puede suceder mediante el uso de compost en zonas verdes o parcelas experimentales o a través de la venta de materiales reciclables.

En la literatura sobre economía circular, Kumar et al. (2023) han sintetizado sus principios fundamentales como un sistema interconectado orientado a la sostenibilidad ambiental, social y económica. La Figura 3 muestra los principios esenciales de la economía circular, que se han condensado a partir de la literatura especializada.

Figura 3.*Principios de la Economía Circular*

Nota. Adaptado de A critical review on sustainable hazardous waste management strategies: a step towards a circular economy. (Kumar et al., 2023).

8.3.3 Educación para la economía circular en educación superior

En un estudio acerca de la educación para la economía circular (ECE) en instituciones de educación superior, Renfors (2024) enfatiza que las universidades tienen un rol estratégico en el cambio, aunque aún es fragmentada la inclusión de la economía circular en los planes académicos. La investigación revela que para una ECE efectiva hace falta la combinación de: pensamiento sistémico, entendimiento de cadenas de valor y métodos activos de aprendizaje. Además, Kruja et al. (2025) llevan a cabo un mapeo de la ECE y destacan que este campo de investigación continúa siendo disperso y emergente. Por esta razón, sugieren métodos pedagógicos como el aprendizaje basado en desafíos, las simulaciones experienciales y los

proyectos interdisciplinarios para desarrollar competencias circulares en alumnos universitarios.

Yang et al. (2024) examinan la función de la conciencia y el interés medioambiental de los alumnos en su decisión de adquirir artículos relacionados con la economía circular. El trabajo revela que los niveles más altos de conciencia medioambiental y de entendimiento de la economía circular están relacionados con conductas y actitudes que son más congruentes con la sostenibilidad.

8.4 Economía circular en el ámbito internacional

La literatura científica internacional acerca de gestión de residuos y economía circular no se limita a examinar cuestiones conceptuales, sino que brinda además mediciones cuantitativas y evidencia empírica sobre el desempeño. Reis et al. (2023), por ejemplo, hicieron un estudio bibliométrico de trabajos publicados entre 2012 y 2022 acerca de la gestión de desechos sólidos y la economía circular. Encontraron que el trabajo científico se ha incrementado constantemente en los últimos diez años y que el número total de publicaciones muestra un interés académico creciente en soluciones circulares para el manejo de residuos; sin embargo, también descubrieron brechas metodológicas para medir las mejoras reales en la recuperación de materiales.

Además, Shevchenko et al. (2024) llevaron a cabo un estudio sistemático de métricas de economía circular en 544 artículos sobre indicadores de circularidad, enfatizando la necesidad de tener métricas sólidas para analizar cuestiones como el reciclaje, la reutilización de materiales y el flujo de recursos a diferentes escalas (micro, meso y macro). Este estudio señala seis temas fundamentales de métricas circulares, que incluyen la evaluación del rendimiento ambiental, el diseño circular y las herramientas de monitoreo. Esto indica que es crucial desarrollar indicadores cuantitativos para dirigir políticas y medir el progreso en economías desarrolladas y en desarrollo.

Park (2024) realizó otro aporte importante, investigando la influencia de la economía circular en el desempeño de la gestión de residuos sólidos en Corea del Sur, con datos nacionales recopilados entre 1986 y 2021. Este artículo presenta que, aunque la adopción de datos sectoriales sobre bienes y servicios ambientales aumentó el índice de reciclaje de desechos sólidos municipales, el impacto en la disminución total de residuos producidos fue escaso. Esto sugiere que la integración circular necesita no solamente políticas enfocadas en el reciclaje, sino además tácticas que traten la producción de desperdicios desde su origen.

En última instancia, el análisis de Rashid (2025) propone una crítica acerca de cómo se evalúan los impactos de la economía circular, indicando que las métricas convencionales que se basan solamente en flujos de materiales subestiman la auténtica circularidad. Rashid demuestra a través de un estudio de los flujos de recursos a nivel mundial que, aunque la proporción de materiales reciclados puede parecer pequeña (aproximadamente el 9 % del total de insumos en 2020), si se toman en cuenta prácticas como la reparación, el mantenimiento y la reutilización, una medida más amplia de circularidad podría estar alrededor del 27 %. Aun así, incluso con esta ampliación, el impacto económico de estas tácticas (calculado en términos de participación en el PIB) sigue siendo bajo (cerca del 1,4 % del PIB global). Esto muestra que es necesario expandir las métricas para capturar los efectos económicos y ambientales de la circularidad.

8.5 Economía circular en América Latina

La economía circular en América Latina es todavía incipiente, pero tiene un gran potencial gracias a la alta cantidad de desechos que pueden ser valorizados, particularmente el componente orgánico. Según Gallego et al. (2024), la región se enfrenta a obstáculos como una tasa de reciclaje baja, infraestructura deficiente, informalidad en el sector y falta de datos fiables.

Por otro lado, Villa et al. (2024) demuestran que en varias situaciones locales existen limitaciones importantes para la separación, recolección diferenciada y el uso de residuos; esto

causa que se pierdan materiales valiosos y que se ejerza presión sobre los presupuestos municipales. En el contexto de la educación universitaria en Ecuador, Galván et al. (2024) detectan una puesta en práctica desigual de métodos circulares, con proyectos individuales de compostaje y reciclaje, pero sin estrategias integradoras que vinculen la gobernanza, la educación, la infraestructura y la cultura organizativa.

En Ecuador, la literatura científica y los informes oficiales indican que todavía existen numerosos desafíos medibles asociados a la transición hacia una economía circular relacionada con el manejo de residuos. De acuerdo con los resultados del Censo de Población y Vivienda 2022, el 47,1 % de las 5 188 827 casas encuestadas en Ecuador implementa una forma de separación de residuos en sus hogares. Sin embargo, esta práctica varía significativamente dependiendo del contexto territorial: se aprovechan los desechos orgánicos en un 57,15 % en áreas rurales; por otro lado, en áreas urbanas, el 44,08 % separa materiales reciclables (Camargo, 2025).

Estos datos muestran que más de la mitad de las casas todavía no aplican la separación en la fuente sistemáticamente, lo cual es un paso fundamental para cualquier sistema de economía circular. Asimismo, el 55 % de los desechos producidos en Ecuador son orgánicos, mientras que el 16,2 % son de plástico, papel o cartón. Esto señala una elevada capacidad de valorización si se optimizan los mecanismos de recolección y reciclaje (Camargo, 2025).

Según Burneo, Cansino y Yñiguez (2020) desde una perspectiva urbana específica, en urbes como Cuenca, únicamente cerca del 50.7 % de las casas separan sus desechos, mientras que en Guayaquil lo hace el 47.2 % y en Quito solo el 32.4 %. Asimismo, el estudio de la composición de los desechos en Cuenca muestra que alrededor del 54 % de los residuos sólidos urbanos son orgánicos y que los plásticos constituyen cerca del 11 % del total (Burneo et al., 2020).

Esta tendencia se ve reforzada por la información oficial del Registro de Gestión de Residuos Sólidos 2022, que fue desarrollado por el INEC, AME y BDE: durante ese año, el país recogió

un promedio diario de 14.394 toneladas de residuos sólidos; solo el 16,6 % se recolectó de manera diferenciada y el 83,4 % restante no. Esto reduce significativamente la cantidad de materiales que pueden ser reciclados o compostados (INEC, 2023).

8.6 Educación ambiental

La capacitación en medio ambiente es un elemento esencial y transversal para establecer prácticas circulares en los campus universitarios. Oliveira & Proença (2025), subrayan que los programas de educación que unen proyectos reales, aprendizaje basado en experiencias y teoría contribuyen a potenciar las habilidades del alumnado y a promover la implementación de modelos sostenibles.

8.7 Proyectos piloto y campus como “living labs”

Los proyectos piloto son instrumentos estratégicos para la evaluación, medición y adaptación de soluciones circulares en contextos reales. Jakimiuk et al. (2023) enfatizan que los pilotos posibilitan la detección de obstáculos operativos, la cuantificación de las ventajas medioambientales y la producción de datos fiables para tomar decisiones dentro de una institución. Giurea et al. (2024) demuestran que numerosos buenos procedimientos en universidades empiezan como proyectos piloto: ensayos de separación desde la fuente, compostaje de desechos orgánicos de cocina, convenios con recicladores, establecimiento de puntos limpios y más. Los pilotos posibilitan la medición de indicadores (como las tasas de reciclaje, los kg de residuos evitados y la aceptación social) y, si tienen éxito, se pueden ampliar a políticas institucionales.

Por otro lado, los "*living labs*" de las universidades son lugares experimentales en los que la comunidad académica interviene en la puesta en marcha de soluciones circulares, lo que contribuye a una mayor conexión entre la teoría y la práctica. Para estos laboratorios, Stuckrath et al. (2025), sugieren un marco conceptual integrado, enfatizando su capacidad para acelerar las transiciones sostenibles. Lakatos et al. (2023) estudian el papel que desempeñan los *living*

labs en la transición hacia las ciudades circulares, describiéndolos como agrupaciones de participantes que colaboran en el diseño, la prueba y la mejora de soluciones sustentables en situaciones reales. Aunque el autor se centra en las ciudades, pero el concepto puede aplicarse completamente a los campus universitarios, que operan como territorios regulados donde se pueden probar nuevas maneras de gestionar recursos, energía y residuos.

En concordancia, Verhoef et al. (2020) indican que, si se incorporan los siguientes elementos, un campus puede transformarse en un sistema de aprendizaje: infraestructura experimental, participación de estudiantes y profesores, y evaluación permanente de resultados medioambientales.

8.8 Teorías aplicables en la economía circular y académica

Para entender y tratar de manera rigurosa los procesos relacionados con la economía circular y la sostenibilidad, se emplean diferentes marcos conceptuales. Como Korhonen et al. (2018) indican, para pasar a sistemas circulares es necesario utilizar enfoques integradores que combinen elementos sociales, organizativos y medioambientales; esto supone apoyarse en teorías consolidadas dentro de las ciencias sociales y ambientales. En esta línea, la literatura especializada señala una serie de fundamentos teóricos (que surgen tanto de la psicología del comportamiento, la pedagogía y la innovación como de las ciencias sistémicas) que brindan principios sólidos para examinar dinámicas institucionales, fomentar un aprendizaje transformador y entender los cambios requeridos hacia modelos circulares. A continuación, La Tabla 3 resume las teorías y aproximaciones conceptuales más relevantes que respaldan la investigación, además de su contribución y aplicación directa al propósito del estudio.

Tabla 3.*Teorías aplicables a la academia y economía circular*

Teoría / Enfoque	Autores (año)	Aporte principal de la teoría	Aplicación directa al objetivo
Teoría de Sistemas	Bertalanffy (1968)	Considera las organizaciones como sistemas interrelacionados donde cada parte influye en el todo.	Permite evaluar la gestión de residuos del campus como un sistema compuesto por flujos, actores y procesos.
Economía Circular como Paradigma Sistémico	Kirchherr et al. (2017)	Define la EC como reducción, reutilización y reciclaje para cerrar ciclos materiales.	Sostiene tu objetivo general y el diseño del proyecto piloto circular.
Teoría del Comportamiento Planificado (TPB)	Ajzen et al. (2020)	Explican cómo las actitudes, normas y control percibido determinan comportamientos ambientales.	Respaldar la capacitación y sensibilización para generar cambios reales en estudiantes.
Modelo de Living Labs / Laboratorios Vivos	Herth et al. (2025)	Plantea espacios reales para co-crear, probar e implementar innovaciones.	Fundamenta el proyecto piloto en el Campus Salache como espacio de experimentación circular.
Enfoque de Competencias para la Sostenibilidad	Wiek et al. (2011)	Define competencias clave: sistémica, anticipatoria, estratégica, colaborativa y crítica.	Respaldan la formación en EC de estudiantes de ingeniería ambiental.

Fuente: Elaboración propia.

9. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Para guiar el progreso de la investigación y responder al problema planteado de manera ordenada, se planteó esta pregunta investigativa que combina el diagnóstico del manejo de residuos sólidos, la evaluación del comportamiento medioambiental en la comunidad universitaria y el desarrollo de estrategias para implementar una economía circular en el Campus Experimental Salache:

- a) ¿Cómo el diagnóstico de la gestión de residuos sólidos, así como el fortalecimiento del conocimiento y la postura de la comunidad universitaria, ayudan a establecer los

fundamentos para que en el futuro se pongan en marcha estrategias de economía circular que sirvan como opción sustentable para el desarrollo productivo del Campus Experimental Salache?

La investigación señala que, al complementar el diagnóstico del manejo de residuos sólidos con el reforzamiento del conocimiento y la actitud de la comunidad universitaria, se pueden definir de forma objetiva los fundamentos técnicos y educativos requeridos para implementar estrategias de economía circular en el Campus Experimental Salache en el futuro.

El diagnóstico técnico demostró que el campus produce una gran cantidad de residuos con un alto potencial de valorización, pero no tiene un sistema institucional que posibilite su utilización. La caracterización gravimétrica obtuvo una masa total de 35 021 kg muestreados, de los cuales el 51,96 % eran residuos orgánicos. Después le seguían el papel (17,86 %), el plástico (14,82 %) y finalmente el cartón (9,96 %). Se calculó una generación anual de residuos sólidos de alrededor de 225 toneladas, tomando como referencia un promedio semanal de 5 003 kg. Sin embargo, a pesar de que más del 40 % de los desechos son aptos para ser reutilizados técnicamente, la separación en el origen solo llega al 14 %, lo cual evidencia una brecha operativa crítica relacionada con la falta de infraestructura específica, señalización y estructura del sistema de residuos.

En cuanto al componente educativo, el fortalecimiento de la actitud y el conocimiento se considera un elemento crucial para la transición hacia una economía circular, según los resultados del cuestionario KAP que se aplicó antes y después de la capacitación en sensibilización. La dimensión del conocimiento mostró un aumento del 27,43 %, la actitud creció en un 7,88 % y la práctica lo hizo en un 10,87 %. Esto demuestra que, a pesar de que los cambios prácticos son graduales, la intervención educativa fue capaz de disminuir de manera cuantificable la diferencia entre lo que sabe la comunidad universitaria y lo que está lista para implementar en términos de gestión sostenible de residuos.

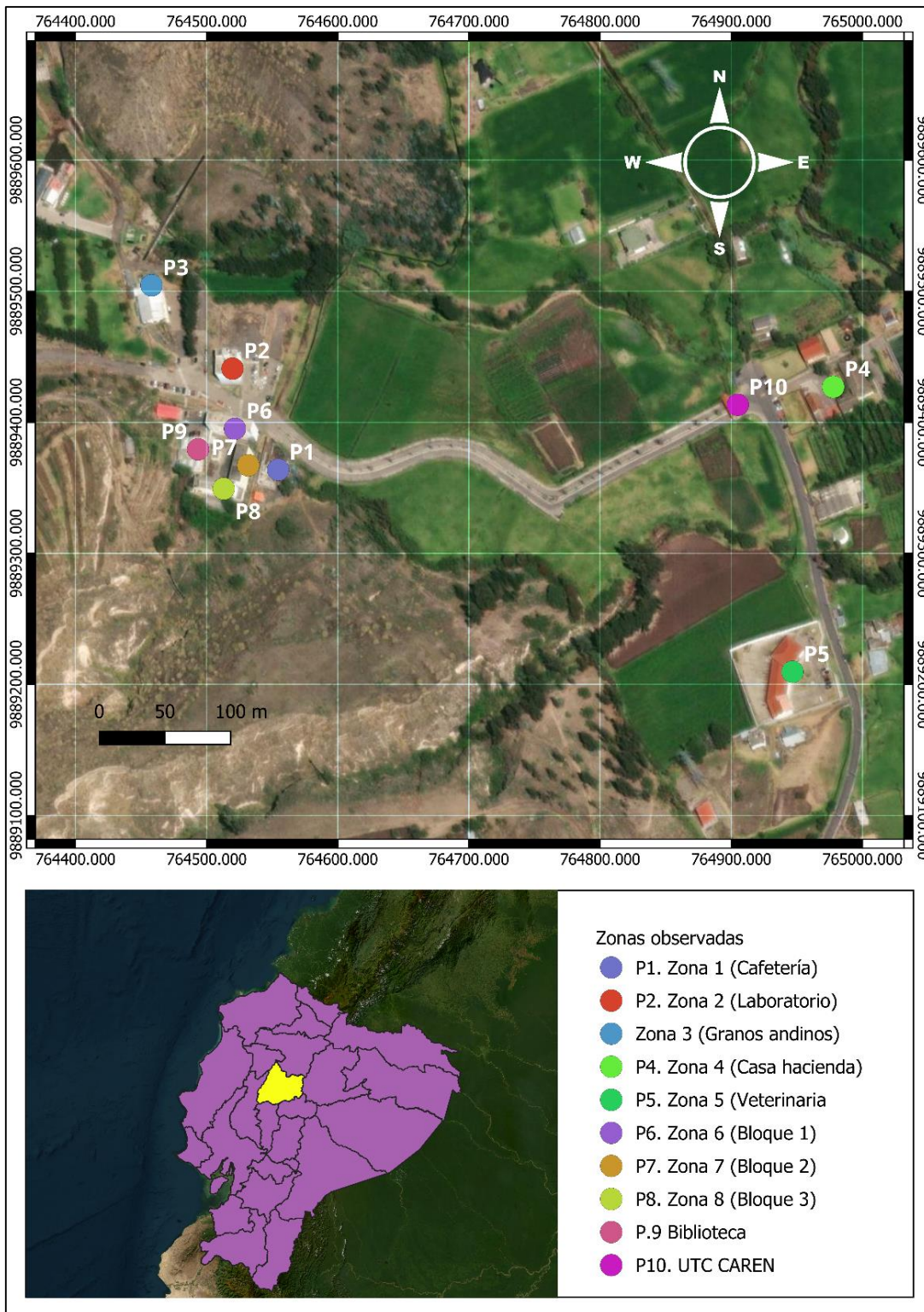
En general, los resultados muestran que el Campus Experimental Salache tiene la capacidad técnica (con más del 50 % de residuos orgánicos valorizables) y las condiciones para mejorar en términos formativos (aumentos KAP de más del 27 % en conocimiento) para comenzar, de forma gradual y planificada, el proceso de transición hacia un sistema institucional de gestión de residuos sólidos orientado a la economía circular.

10. ÁREA DE ESTUDIO

El campo de estudio es el Campus Experimental Salache, perteneciente a la Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC), que se encuentra en la parroquia Eloy Alfaro, en el cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, situada en la zona central del Ecuador. Este campus es una unidad académica y productiva enfocada en llevar a cabo actividades de investigación, experimentación y prácticas relacionadas con las ciencias ambientales, agropecuarias y de recursos naturales. De acuerdo con la información institucional de la UTC (2025), Salache es un entorno complejo que incluye laboratorios, zonas de pastoreo, espacios verdes, áreas productivas agrícolas y dependencias administrativas. Este lugar presenta dinámicas de uso de recursos y producción de desechos que son características del sistema socio ecológico. En complemento, la figura 4 muestra la ubicación geográfica y el entorno físico del campus experimental Salache.

Figura 4.

Área de estudio



Nota. Su localización geográfica está alrededor de las coordenadas -0.9992506 de latitud y -78.6191588 de longitud, lo que lo coloca en una región andina con una altitud media por encima de los 2.800 metros sobre el nivel del mar, un clima templado-frío y una matriz productiva vinculada desde hace tiempo a la actividad agrícola-ganadera.

El campus se distingue por tener una doble función: en primer lugar, actúa como un centro de capacitación profesional; y, en segundo lugar, sirve como área para la producción agrícola y ganadera y la investigación aplicada. Esta configuración posibilita el análisis de la economía circular desde perspectivas académicas, operativas y productivas. Asimismo, la presencia de comedores, talleres, áreas verdes, aulas, laboratorios, unidades productivas y espacios administrativos hacen del campus un entorno ideal para investigar la administración de residuos y sugerir estrategias circulares.

11. METODOLOGÍA

La metodología de este estudio fue creada con el fin de asegurar que cada objetivo específico se pueda obtener con exactitud técnica y validez analítica. Siguiendo esta lógica, se organizó un proceso lógico que combina métodos cuantitativos requeridos para conseguir mediciones objetivas de la composición y el flujo de los desechos, con enfoques cualitativos que posibilitaron entender las prácticas reales, las limitaciones operativas y las circunstancias institucionales que afectan el manejo de residuos sólidos en el Campus Experimental Salache. Este enfoque metodológico complementario no representa un "enfoque mixto" en el sentido clásico, sino un diseño aplicado que combina técnicas cualitativas y cuantitativas para cumplir directamente con los objetivos establecidos, sin crear contradicciones conceptuales ni mezclar paradigmas.

11.1 Enfoque de la investigación

La naturaleza del problema demandó un enfoque metodológico mixto, que no se limitó a asociar técnicas cualitativas y cuantitativas, sino que las integró de manera secuencial y complementaria. Esto posibilitó el entendimiento del manejo de gestión de residuos del Campus Experimental Salache desde sus dimensiones técnica, operativa y comportamental. La elección del método se basó en que ningún enfoque, de manera aislada, era capaz de explicar al mismo tiempo la dimensión física de los desechos producidos, las condiciones estructurales del sistema de gestión y el comportamiento real de los usuarios que participan en él.

El componente cuantitativo se empleó para calcular, con exactitud estadística, lo siguiente: el total de desechos producidos, su composición gravimétrica, la proporción de segregación en la fuente y los grados de conocimiento, actitud y comportamiento ambiental de los alumnos a través de un cuestionario que permite determinar el nivel de conocimiento. Esta perspectiva posibilitó establecer una línea base objetiva del desempeño del manejo de residuos sólidos y

justificar, con evidencias comprobables, las proyecciones de generación de estos tanto semanal como anualmente.

Adicionalmente, el enfoque cualitativo facilitó la interpretación de las razones y los métodos por los cuales ocurren las deficiencias del sistema. A través de observación directa, registros estructurados y documentación fotográfica, se analizaron patrones de comportamiento, fallas operativas y vacíos institucionales que no pueden medirse numéricamente, pero que condicionan la gestión de residuos y explican la baja separación en la fuente. Esta combinación posibilitó una profunda comprensión del problema al permitir que los hallazgos técnicos dialoguen con los comportamentales.

11.2 Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada, ya que su objetivo no se refiere únicamente a la descripción de un fenómeno, sino también al desarrollo de insumos técnicos. Estos últimos van a posibilitar en una etapa posterior el uso de estrategias de economía circular en el campus. Este carácter aplicado supone que el estudio se lleva a cabo en un entorno real y tiene como objetivo solucionar necesidades específicas de la institución, por ejemplo, la falta de diagnóstico, la carencia de rutas internas para su manejo y la ausencia de procedimientos para valorizar residuos sólidos.

El estudio tiene un alcance descriptivo y diagnóstico, ya que busca caracterizar el actual manejo de residuos en términos de la infraestructura, los procesos internos, las dinámicas materiales y el comportamiento de los usuarios. Este nivel de alcance es necesario, ya que se busca describir de manera exhaustiva la situación actual de manejo de residuos con el fin de crear una línea base robusta que posibilite más adelante proponer intervenciones o modelos de mejora. El alcance explicativo inicial complementa el carácter descriptivo, ya que la investigación encuentra causas estructurales de la escasa segregación y del mal aprovechamiento de

fracciones orgánicas e inorgánicas. Estos elementos son vitales para sugerir estrategias circulares factibles.

Al final, el análisis incluye un elemento de propuesta: el diseño conceptual de un proyecto piloto de economía circular. Este diseño se basa rigurosamente en los resultados del diagnóstico técnico y del análisis de los instrumentos aplicados. No se lleva a cabo el piloto, dado que la metodología tiene un alcance limitado a la formulación y fundamentación técnica para su futura implementación a nivel institucional.

11.3 Diseño de la investigación

El diseño implementado es transversal y no experimental. No es experimental porque las variables no fueron manipuladas intencionalmente, sino que se estudiaron tal como aparecen en la operación diaria del campus. Este diseño es apropiado debido a que el propósito es examinar fenómenos en situaciones reales sin intervenir en ellos, lo cual asegura que el diagnóstico sea ecológicamente válido.

El diseño es transversal, ya que los datos fueron obtenidos en un solo lapso de tiempo, tanto para el componente cualitativo (observación de prácticas y recorrido diagnóstico) como para el cuantitativo (implementación del cuestionario y caracterización gravimétrica). Este corte temporal permitió conseguir una imagen integral y actual del manejo de residuos, la cual es suficiente y apropiada para crear la línea base institucional.

Este diseño permitió, en conjunto, dar respuesta de manera precisa al problema de investigación: caracterizar el funcionamiento real del sistema de gestión de residuos, evaluar el potencial de valorización, detectar las deficiencias estructurales y entender la actitud que tiene la comunidad universitaria frente a la economía circular.

11.4 Métodos

La elección de los métodos fue determinada directamente por la naturaleza de cada objetivo y el tipo de información que se necesitaba generar. Cada objetivo requirió un método distinto, en consonancia con su finalidad y con el momento del proceso de investigación.

Para evaluar el manejo de residuos sólidos en el Campus Experimental Salache, se utilizó un enfoque descriptivo-diagnóstico para el primer objetivo. Este método permitió la reconstrucción del funcionamiento real del manejo de residuos con precisión y sin intervención.

El uso de su aplicación se basa en la necesidad de entender, desde un punto de vista estructural, las condiciones físicas, los patrones operativos y los flujos que constituyen la intervención institucional en el manejo de dichos residuos. Cuando se intenta describir una situación actual como punto de partida para una línea base, es fundamental la lógica del método que consiste en observar, documentar y organizar la información sin alterar las condiciones presentes. Este método permitió, además, entender la coherencia interna del manejo, sus discontinuidades y cómo interactúan sus componentes, en línea con la naturaleza diagnóstica del objetivo.

Se utilizó un método analítico-comparativo para el segundo objetivo, que se centró en entender cómo los alumnos se comportan en términos de conocimiento, actitud y práctica con respecto a la economía circular. La finalidad fue analizar los factores de conducta y psicológicos que tienen un impacto en la adopción de prácticas medioambientales y las conexiones entre ellos. Este método es apropiado cuando se necesita interpretar constructos subjetivos y comparar estados o niveles dentro de un mismo conjunto. En este estudio, se posibilitó examinar estructuralmente la forma en que las tres dimensiones del cuestionario propuesto se distribuyen y se interrelacionan, sin realizar juicios de intervención ni prever efectos formativos. Esto es porque en esta fase el objetivo era entender la condición inicial de los alumnos como parte del proceso de investigación.

Por último, el tercer propósito, dirigido al diseño conceptual de un proyecto piloto que utiliza la economía circular, se llevó a cabo utilizando un método técnico-sintético. El objetivo, que es propositivo, requirió la integración apropiada y lógica de los resultados de la evaluación previa del campus y el estudio del comportamiento ambiental. En este caso, el método posibilitó la organización de los elementos estructurales que hacen factible un proyecto piloto (infraestructura existente, flujos que podrían ser aprovechados, requerimientos de gestión interna y conductas de los usuarios) y su transformación en una estructura conceptual capaz de respaldar un futuro proceso de implementación a nivel institucional.

A pesar de que la investigación no pone en práctica acciones circulares directamente, la metodología tiene en cuenta explícitamente la detección del potencial de circularidad del campus, es decir, la habilidad de ciertos flujos (sobre todo los reciclables y orgánicos) para incorporarse a ciclos técnicos y biológicos. Esta visión guía el tercer objetivo, que se centra en la creación conceptual de un piloto que sigue los principios de la economía circular.

11.5 Técnicas de investigación aplicadas

Para el primer objetivo, se utilizó una observación directa estructurada. Esta técnica hizo posible registrar, en tiempo real, cómo el campus maneja sus desechos en un entorno natural y sin interferencias. Se llevó a cabo un recorrido sistemático por los sectores académicos, administrativos, productivos y de servicios. Se documentaron elementos operativos del sistema como la ubicación de puntos de disposición, el transporte diario de residuos desde su origen hasta su recolección y la interacción entre los usuarios con la infraestructura existente.

Para garantizar que la observación estructurada se llevara a cabo en una muestra espacial que representara el funcionamiento real del campus, se establecieron previamente nueve puntos estratégicos (P1-P9) donde se registró el campo. Estos aspectos fueron escogidos debido a su importancia operativa en el sistema de gestión de desechos: áreas académicas, zonas administrativas, sectores productivos y regiones con alta producción. Según la cartografía

creada para esta investigación, los puntos se correspondían con: P1 (Zona 1 - Comedor), P2 (Zona 2 - Laboratorio), P3 (Zona 3 - Granos de los Andes), P4 (Zona 4 - Casa hacienda), P5 (Zona 5 - Veterinaria), P6 (Zona 6 - Bloque uno), P7 (Zona 7 - Bloque dos), P8 (Zona 8 - Bloque tres), P9 (Sala de lectura). La repartición geográfica de estos puntos hizo posible abarcar todo el eje académico-productivo del Campus Experimental Salache. Se aseguró así que las observaciones incluyeran áreas de tránsito estudiantil y sectores especializados, en los cuales la dinámica de producción y disposición de residuos presenta cambios relevantes. Esta delimitación espacial garantiza que el diagnóstico técnico se fundamente en pruebas empíricas que sean representativas a nivel territorial y verificables desde el punto de vista metodológico. Para el análisis cuantitativo de la fracción sólida, fue necesaria una técnica alternativa, que también se aplicó al primer objetivo y está enfocada en conseguir datos numéricos medibles. Se utilizó para esto el método de separación manual y pesaje directo de los residuos, que fue creado por medio del *Waste Sort Worksheet*. Esta técnica consistió en clasificar los residuos recolectados en fracciones concretas y medir el peso de cada una de ellas utilizando métodos uniformes. Se logró información detallada acerca de la composición física de los residuos, así como de los flujos y volúmenes que definen al campus, gracias a su implementación. La técnica fue ideada para asegurar que el procedimiento pudiera ser replicado sin depender de normas externas rigurosas, ya que la meta consistía en elaborar un diagnóstico que reflejara con precisión cómo estaba el campus utilizando instrumentos accesibles y contextualizados. Para el segundo objetivo, orientado a entender la conducta ambiental de los alumnos, se utilizó principalmente la encuesta estructurada. Esta técnica fue fundamental para examinar los aspectos prácticos, actitudinales y cognitivos vinculados con la economía circular, y permitió recopilar información directamente de los participantes. La encuesta se aplicó en un entorno académico controlado, lo que garantizó la uniformidad de las condiciones y la posibilidad de comparar los datos obtenidos. Este método es especialmente apropiado cuando se trata de

examinar constructos conductuales y psicológicos que no son observables directamente, pero que resultan fundamentales para entender los procesos humanos detrás de los sistemas ambientales.

En estrecha relación con este mismo objetivo, se desarrolló además la técnica de capacitación estructurada. Esta técnica no se concibe como un simple taller, sino como un procedimiento formativo planificado que articula contenidos, narrativa pedagógica y participación de los estudiantes. Su inclusión responde al carácter formativo del segundo objetivo y a la necesidad de comprender cómo se interiorizan los principios de la economía circular dentro del entorno académico. La capacitación permitió introducir un estímulo educativo diseñado específicamente para este estudio, cuya evaluación posterior (a través del cuestionario KAP) forma parte de la lógica interna del método analítico-comparativo.

Por último, el método que se empleó para el tercer objetivo, enfocado en la creación conceptual del proyecto piloto, fue la integración analítica de los resultados obtenidos y la literatura analizada. Esta técnica no consiste solamente en revisar textos, sino que también supone un proceso de sistematización crítica de toda la evidencia empírica producida en las fases previas. Su propósito fue determinar, organizar y conectar los componentes estructurales, operativos y educativos que posibilitan un sistema piloto de economía circular para el campus. Esta integración se llevó a cabo de una manera inductiva, pues la información previamente analizada se transforma en un insumo que sirve para elaborar una propuesta con fundamentos técnicos.

11.6 Instrumentos aplicados en la investigación

Los instrumentos utilizados en la investigación fueron seleccionados y diseñados en correspondencia directa con las técnicas aplicadas, de modo que cada uno cumpliera una función específica dentro del proceso de obtención de datos. En coherencia con el planteamiento metodológico de Sampieri, la elección de instrumentos no se limita a su disponibilidad, sino a su pertinencia para garantizar precisión, orden y coherencia en el registro

de la información. Por ello, los instrumentos empleados en este estudio no fueron adoptados como normas externas obligatorias, sino contruidos y adaptados para responder a las particularidades del Campus Experimental Salache y al carácter diagnóstico del proyecto.

Para el proceso de observación estructurada correspondiente al diagnóstico del sistema de manejo de residuos, se empleó el *Facility Walk-Through Worksheet*. Este instrumento permitió registrar de manera organizada cada elemento observado durante el recorrido por las distintas áreas del campus. Su estructura fue diseñada para captar, sin interpretaciones anticipadas, las características físicas y operativas del sistema, tales como la disposición de puntos de depósito, el estado general de la infraestructura, la presencia de señalización y las prácticas visibles de los usuarios. Aunque este instrumento no genera valores cuantitativos, constituye el punto de partida para interpretar los parámetros numéricos derivados de la caracterización gravimétrica. En el análisis físico de los residuos, la clasificación y el pesaje se realizaron mediante el *Waste Sort Worksheet*, un instrumento diseñado específicamente para documentar la separación manual de residuos y registrar con precisión los pesos obtenidos en cada fracción. Esta herramienta incorpora los procedimientos de cálculo que permiten transformar los datos de pesaje en indicadores técnicos. El primero de ellos es la determinación del peso total muestreado, obtenido mediante la suma de las masas individuales registradas para cada fracción:

$$M_{TOTAL} = \sum_{i=1}^n M_i$$

En esta ecuación, M_{TOTAL} representa la masa total de residuos procesados durante la jornada de muestreo, mientras que M_i corresponde al peso registrado para cada fracción específica (orgánicos, papel, cartón, plástico, etc.), y n es la cantidad total de fracciones analizadas. Esta operación garantiza que todo el material ingresado al proceso esté cuantificado y registrado.

Una vez obtenida la masa total, el instrumento permite calcular la proporción relativa de cada fracción dentro del conjunto de residuos analizados, operación indispensable para caracterizar la composición del flujo de residuos. Este cálculo se realiza mediante la ecuación:

$$\%F_i = \left(\frac{M_i}{M_{TOTAL}} \right) \times 100$$

En esta expresión, $\%F_i$ indica el porcentaje que representa la fracción i respecto al total de residuos, M_i es el peso de esa fracción, y M_{TOTAL} es el peso total muestreado. Esta relación permite visualizar el aporte proporcional de cada tipo de residuo dentro del sistema analizado.

El *Waste Sort Worksheet* incorpora también el procedimiento para estimar la generación semanal de residuos, necesaria para interpretar el comportamiento del sistema en un horizonte temporal más amplio. Esta estimación se obtiene mediante la agregación de los registros diarios:

$$G_{SEM} = \sum_{j=1}^7 M_{día}$$

En esta ecuación, G_{SEM} corresponde a la generación total estimada para una semana completa, mientras que $M_{día}$ representa el peso de residuos registrado en el día j del periodo de análisis. Aunque el estudio no presenta los resultados en esta sección, el instrumento contiene esta fórmula porque es parte intrínseca del proceso de cálculo para cualquier valoración técnica de residuos.

A partir de la estimación semanal, el instrumento permite proyectar la generación anual mediante la relación:

$$G_{ANUAL} = G_{SEM} * 52$$

En esta expresión, G_{ANUAL} representa la magnitud aproximada de residuos generados en un año, mientras que G_{SEM} es la producción semanal estimada, y el valor 52 corresponde al número de semanas del año. Esta ecuación permite trasladar una medición puntual a una escala anual,

indispensable para dimensionar los requerimientos de manejo y la capacidad operativa del futuro sistema.

Otro indicador incorporado en el instrumento es la segregación en la fuente, que constituye un parámetro crítico para interpretar la cercanía del sistema actual a los principios de economía circular. Este indicador se expresa mediante:

$$S = \left(\frac{M_{SEGREGADO}}{M_{TOTAL}} \right) \times 100$$

En esta ecuación, S es el porcentaje de segregación, $M_{SEGREGADO}$ corresponde al peso de los residuos que fueron efectivamente separados en alguna fracción valorizable, y M_{TOTAL} es la masa total muestreada. Este indicador revela la proporción de residuos que están siendo clasificados en origen, aspecto fundamental para cualquier estrategia circular.

Para el estudio del comportamiento ambiental de los estudiantes, el instrumento central fue el cuestionario estructurado KAP. Este cuestionario contiene escalas diseñadas para capturar información sobre conocimiento, actitud y práctica. Aunque en este apartado no se presentan resultados, el instrumento incorpora la ecuación utilizada para estimar la variación porcentual entre dos mediciones aplicadas en momentos diferentes, estructura inherente al formato del cuestionario:

$$\Delta_x = \left(\frac{P_{POS} - P_{PRE}}{P_{PRE}} \right) \times 100$$

En esta ecuación, Δ_x expresa la variación porcentual en la dimensión analizada, P_{PRE} es el puntaje obtenido antes de la intervención formativa y P_{POS} es el puntaje registrado posteriormente. La ecuación forma parte del instrumento porque constituye el procedimiento estándar para interpretar la evolución de variables actitudinales o cognitivas.

11.6.1 Cuestionario de conocimiento, actitud y práctica (KAP)

El cuestionario de conocimiento, actitud y práctica (KAP), fue la herramienta utilizada para examinar cómo actúa la comunidad universitaria ante la economía circular y el manejo de

residuos sólidos. El instrumento fue una versión adaptada con contexto del cuestionario que propusieron Hassooni et al. (2024). Se mantuvo su estructura original, que consta de 15 ítems repartidos en tres dimensiones: actitud, conocimiento y práctica; se modificó la redacción para adecuarla a las condiciones del Campus Experimental Salache.

Se realizó el cuestionario de manera virtual a los alumnos, lo cual permitió una recolección de datos ordenada y eficaz. Los resultados logrados en cada dimensión se combinaron en un puntaje total KAP, que luego fue convertido a una escala porcentual para clasificarlos en niveles bajo, medio y alto. Este método permitió discernir de forma objetiva las discrepancias entre la actitud, el conocimiento ambiental y las acciones reales de los alumnos en el ámbito universitario.

Proceso de aplicación del cuestionario KAP

a) Conocimiento (K)

Los elementos de conocimiento fueron codificados de forma dividida, estableciendo:

- Un punto para la respuesta correcta.
- La respuesta incorrecta vale 0 puntos.

La puntuación total de conocimiento se logró a través de la suma:

$$K = \sum_{i=1}^5 K_i$$

La OMS (2008) y Andrade (2020) sugieren este método de codificación y sumatoria.

b) Actitud (A)

Siguiendo la propuesta original de Likert (1932), se utilizó una escala de cinco puntos para medir la dimensión actitud. Cada ítem recibió una puntuación de 1 a 5, y la puntuación total se calculó de la siguiente manera:

$$A = \sum_{i=1}^5 A_i$$

Según la Macías & FAO (2014), para valorar actitudes en investigaciones KAP se sugiere utilizar escalas Likert y puntuaciones compuestas.

c) Práctica (P)

Los ítems de práctica fueron codificados de manera dicotómica (1 = se realizó la práctica; 0 = no se realizó), y el puntaje total se determinó así:

$$P = \sum_{i=1}^5 P_i$$

Este procedimiento es consistente con las guías KAP de UNICEF (2021).

d) Puntaje total e interpretación

El puntaje total del KAP se calculó mediante:

$$KAP_{total} = K + A + P$$

Los puntajes obtenidos se transformaron a una escala porcentual:

$$Puntaje \% = \left(\frac{Puntaje\ obtenido}{Puntaje\ máximo} \right) * 100$$

Los niveles se interpretaron de la siguiente manera, en concordancia con los criterios de clasificación empleados por estudios KAP (OMS, 2008):

- Bajo: < 60 %
- Medio: 60–79 %
- Alto: ≥ 80 %

11.6.2 Capacitación de sensibilización en economía circular

Asimismo, la técnica de capacitación estructurada requirió un instrumento propio, constituido por un conjunto de materiales didácticos elaborados específicamente para este estudio, entre ellos una presentación audiovisual y una guía de contenidos conceptuales orientada a la economía circular y al manejo sostenible de residuos. Este instrumento permitió estandarizar la secuencia pedagógica, asegurar la coherencia entre los mensajes transmitidos y mantener la uniformidad en la intervención formativa. Su función no fue medir ni registrar datos, sino

proporcionar un medio controlado de transmisión de información que garantizara que todos los participantes recibieran el mismo estímulo educativo. La existencia de este instrumento es indispensable dentro de la lógica metodológica, ya que posibilita que la evaluación posterior realizada mediante el cuestionario KAP se relacione directamente con un insumo formativo formalmente definido y replicable.

La capacitación específica buscó la sensibilización en el manejo de residuos sólidos y economía circular, dirigida a los alumnos del programa de Ingeniería Ambiental del Campus Experimental Salache. El propósito de esta actividad fue poner en práctica el aspecto formativo del estudio y ofrecer información contextualizada acerca de la problemática relacionada con el manejo de residuos sólidos y la implementación de principios de economía circular en el ámbito universitario.

Se impartió la capacitación, que tuvo lugar de manera presencial en el Campus Experimental Salache. En total, 160 alumnos tomaron parte en el estudio; estos estaban divididos en cinco clases académicas y se estimó un promedio de entre 30 y 32 estudiantes por cada clase. Con el objetivo de asegurar la ayuda y posibilitar un desarrollo apropiado de la actividad, se planificó la capacitación en cinco sesiones continuas, una por cada curso.

Las sesiones se ejecutaron a lo largo de la misma semana académica, en horarios que previamente habían sido coordinados con los profesores responsables de cada asignatura. Cada día tuvo una duración cercana a los 100 minutos, lo que posibilitó la cobertura completa de los contenidos programados sin interferir con el desarrollo normal de las actividades académicas. Así, la capacitación sumó cerca de 500 minutos de formación presencial, lo que equivale a 8 horas y 20 minutos de intervención pedagógica.

La siguiente fue la repartición total de las capacitaciones:

- Día 1: capacitación al primer curso de Ingeniería Ambiental.
- Día 2: capacitación al segundo curso de Ingeniería Ambiental.

- Día 3: capacitación al tercer curso de Ingeniería Ambiental.
- Día 4: capacitación al cuarto curso de Ingeniería Ambiental.
- Día 5: capacitación al quinto curso de Ingeniería Ambiental.

Para garantizar la uniformidad de los contenidos enseñados, cada sesión se llevó a cabo en los distintos cursos del campus y se basó en una presentación audiovisual compuesta por 18 diapositivas creadas para este estudio. Esta presentación fue utilizada de forma consistente a lo largo de todos los días.

La estructura temática de la capacitación se organizó de la siguiente manera:

- i. Contextualización del problema:** se presentó la situación actual del manejo de residuos sólidos en el campus, con base en los resultados del recorrido diagnóstico y la caracterización gravimétrica, siguiendo el enfoque de diagnóstico situacional recomendado por Tchobanoglous et al. (2014) y la OPS (2010) para procesos de sensibilización en gestión de residuos.
- ii. Economía circular y jerarquía de residuos:** se abordaron los principios de la economía circular, la diferencia entre el modelo lineal y circular, y la jerarquía de gestión de residuos (reducir, reutilizar y reciclar), de acuerdo con el marco conceptual propuesto por Herth et al. (2025).
- iii. Aplicación en campus universitario:** se presentaron ejemplos de aprovechamiento de residuos orgánicos y reciclables en instituciones de educación superior, así como oportunidades de aplicación en el Campus Experimental Salache, en concordancia con estudios sobre universidades como laboratorios vivos de sostenibilidad (Verhoef et al., 2020).
- iv. Cierre y reflexión:** se desarrolló un espacio de preguntas y comentarios orientado a relacionar los contenidos tratados con las prácticas cotidianas de los estudiantes,

siguiendo los principios de la educación ambiental crítica y del aprendizaje situado propuestos por Cervantes et al. (2025).

Durante la capacitación se realizaron observaciones directas sobre la asistencia, participación y nivel de interés de los estudiantes, las cuales fueron utilizadas como información cualitativa complementaria para la interpretación de los resultados del cuestionario KAP aplicado como pretest y posttest. La actividad no incluyó intervenciones prácticas ni modificaciones físicas del manejo de residuos del campus, debido al carácter diagnóstico y propositivo de la investigación.

11.6.3 Diseño proyecto piloto

La etapa de diseño del proyecto piloto constituyó el punto de integración conceptual de toda la investigación, articulando los hallazgos técnicos del diagnóstico, la caracterización gravimétrica, las observaciones operativas obtenidas mediante el *Facility Walk-Through Worksheet* y la información comportamental derivada del cuestionario KAP y de la capacitación en economía circular. Para esta fase se empleó una matriz analítica diseñada específicamente para el estudio, cuya función no fue medir ni registrar datos, sino organizar de manera lógica los indicadores, patrones y necesidades identificados en las etapas anteriores. Esta matriz permitió transformar la evidencia empírica en componentes estructurados para un modelo piloto funcional, garantizando que el diseño responda a la realidad operacional del Campus Experimental Salache.

El proyecto piloto fue concebido como una propuesta demostrativa y técnicamente viable, diseñada para ser implementada en una fase posterior, una vez cumplidos los procesos institucionales y de seguridad pertinentes. Su formulación se fundamentó estrictamente en los insumos generados durante la investigación: por un lado, la lectura integral del manejo actual de residuos (incluyendo puntos críticos, flujos materiales y niveles de segregación identificados mediante el análisis gravimétrico) y, por otro, el fortalecimiento formativo derivado de la capacitación estructurada en economía circular. Tal como señalan las directrices

contemporáneas de sostenibilidad, el diseño de pilotos para instituciones educativas requiere partir de la evidencia empírica disponible y estructurarse como una intervención demostrativa susceptible de evaluación futura.

En este estudio, el proyecto piloto no se implementó, ya que su desarrollo correspondió únicamente a la fase metodológica de diseño conceptual. No obstante, su formulación se apoyó en criterios estrictamente derivados del diagnóstico: se identificaron las condiciones necesarias para que la separación en la fuente fuera operativa, se reconocieron las zonas donde la infraestructura debe fortalecerse y se analizaron las prácticas de disposición observadas durante el recorrido técnico. La propuesta incorporó además los elementos comportamentales identificados en los estudiantes, lo cual permitió estructurar un componente educativo congruente con las brechas detectadas en conocimiento, actitud y práctica.

A partir de esta integración, el diseño del piloto se estructuró en torno a cuatro ejes operativos fundamentales. En primer lugar, la separación de residuos en su punto de generación, concebida como el eje articulador de cualquier sistema circular. En segundo lugar, la ubicación estratégica de contenedores diferenciados en zonas académicas, administrativas y de tránsito, definida en función de los patrones reales de deposición observados durante la fase de diagnóstico. En tercer lugar, un sistema de señalización claro y contextualizado, orientado a guiar la disposición correcta de los residuos y facilitar la comprensión de los flujos internos. Finalmente, se incorporó un eje formativo continuo basado en acciones de sensibilización ambiental, dirigido a reforzar las prácticas y promover cambios comportamentales sostenibles.

La pertinencia de estos ejes operativos se validó mediante la evaluación integrada del diagnóstico técnico y del comportamiento estudiantil, lo que permitió confirmar su congruencia con la dinámica institucional del campus. Para asegurar la viabilidad evaluativa del piloto en su eventual implementación, se definieron también indicadores operativos derivados de los instrumentos utilizados en la investigación. Entre ellos destacan la generación total de residuos,

el nivel de segregación en la fuente y el potencial de valorización, los cuales podrían ser medidos nuevamente mediante registros de observación estructurada y nuevas caracterizaciones gravimétricas en una fase posterior.

11.7 Población y muestra

La definición de la población y la muestra se estructuró en coherencia con el enfoque mixto y con el carácter diagnóstico–propositivo de la investigación. Conforme al planteamiento de Sampieri, la población se delimita no solo como un conjunto numerable, sino como el universo real donde se manifiesta el fenómeno estudiado. En este caso, ese fenómeno opera simultáneamente en dos dimensiones: el sistema físico de gestión de residuos y los actores que interactúan dentro de él.

En la dimensión técnico–operativa, la población correspondió al propio sistema de manejo de residuos del Campus Experimental Salache. Este sistema incluye la infraestructura instalada, las rutas internas de recolección, los procedimientos cotidianos, los puntos de generación y los flujos materiales que circulan entre las áreas académicas, administrativas, productivas, de servicios y zonas verdes. Esta delimitación funcional fue indispensable para comprender el comportamiento completo del sistema, ya que la investigación no se enfoca en segmentos aislados, sino en la totalidad de la estructura operativa que sostiene la generación y manejo de residuos en el campus.

En la dimensión formativa–comportamental, la población estuvo constituida por la comunidad universitaria que hace uso del campus, la cual, según registros institucionales, comprende aproximadamente 1.928 estudiantes, además de docentes y personal administrativo. Esta población representa el contexto humano donde se generan prácticas cotidianas de disposición de residuos y donde se proyectan las oportunidades para la transición hacia la economía circular. No obstante, dado que el estudio no buscó generalizar resultados estadísticos a toda la

comunidad, sino comprender en profundidad el comportamiento ambiental de un grupo estratégico, se estableció un grupo objetivo claramente delimitado.

Este grupo objetivo estuvo conformado por 117 estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental. Su selección se realizó mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional, técnica ampliamente recomendada para investigaciones aplicadas y diagnósticas en las que se requiere profundizar en segmentos específicos directamente vinculados con el problema de estudio. La elección de estos estudiantes responde a que poseen formación previa en gestión ambiental, sostenibilidad y procesos ecológicos, lo que facilita identificar las discrepancias entre el conocimiento teórico y las prácticas reales desarrolladas en el campus. Además, su participación habitual en laboratorios, aulas técnicas y espacios de campo, los convierte en actores clave dentro del sistema de generación de residuos.

La literatura reciente respalda esta decisión metodológica. Investigaciones sobre economía circular en instituciones de educación superior muestran que el análisis de grupos estratégicos (como futuros profesionales ambientales) produce información más valiosa, aplicable y contextualizada que la generalización estadística indiscriminada (Gallego et al., 2024; Salas et al., 2021). Asimismo, autores como Jakimiuk et al. (2023) subrayan que los estudios destinados a diseñar proyectos piloto o estrategias de mejora institucional requieren comprender a profundidad los comportamientos y percepciones de aquellos actores cuya formación y praxis pueden convertirse en catalizadores del cambio.

En este sentido, la muestra seleccionada no pretende representar a toda la comunidad universitaria, sino caracterizar el comportamiento ambiental de un grupo formativo clave, con capacidad de transferir sus aprendizajes y prácticas al resto del campus. Esta aproximación permite generar evidencia contextualizada, útil para la toma de decisiones institucionales y para la estructuración de propuestas piloto orientadas a fortalecer la circularidad en el campus.

11.8 Variables y categorías de análisis

La definición de variables y categorías respondió al enfoque mixto de la investigación. Siguiendo a Sampieri, se emplearon variables para los componentes cuantitativos y categorías para el análisis cualitativo, de modo que ambos niveles se integraran en función de los objetivos. Dado que el estudio utiliza indicadores medibles, se formuló una hipótesis operativa que fundamenta su uso:

- **Hipótesis operativa:**

La gestión actual de residuos sólidos del Campus Experimental Salache presenta brechas cuantificables que pueden identificarse mediante indicadores técnicos y comportamentales, permitiendo establecer bases para estrategias de economía circular.

En el diagnóstico técnico del campus, la variable principal fue el manejo de residuos sólidos, estructurada en dimensiones que permiten su evaluación cuantitativa: generación de residuos, composición por fracciones, segregación en la fuente, infraestructura disponible y potencial de valorización. Cada dimensión se operacionalizó mediante indicadores derivados del pesaje y clasificación registrados en el Waste Sort Worksheet, lo que permitió caracterizar el comportamiento físico del sistema.

En el componente formativo, la variable principal fue el comportamiento ambiental de los estudiantes, medida a través de las tres dimensiones del cuestionario KAP: conocimiento, actitud y práctica. Esta estructura permitió analizar, de forma cuantitativa, la comprensión ambiental, la disposición personal y los hábitos reales de los estudiantes respecto al manejo de residuos y los principios de economía circular.

De manera complementaria, el análisis cualitativo se organizó mediante categorías de observación, que permitieron interpretar los aspectos no medibles del sistema. Las categorías definidas fueron: condiciones físicas del sistema, prácticas de disposición, funcionamiento

operativo y puntos críticos institucionales. Estas categorías permitieron analizar el componente estructural del campus más allá de los valores numéricos.

Finalmente, para el diseño conceptual del proyecto piloto, se utilizaron categorías operativas que integran los hallazgos de los dos primeros objetivos: viabilidad técnica, pertinencia formativa, necesidades de infraestructura e indicadores de evaluación. Estas categorías facilitaron estructurar el modelo piloto bajo una lógica coherente y aplicable.

11.9 Procesamiento y análisis de datos

En el componente cualitativo, la información generada mediante el *Facility Walk-Through Worksheet* se sistematizó en matrices de contenido elaboradas en Excel. Cada observación fue organizada según las categorías previamente definidas (condiciones físicas del sistema, prácticas de disposición, funcionamiento operativo y puntos críticos) y posteriormente analizada mediante un proceso inductivo orientado a identificar patrones estructurales del manejo de residuos. Este tratamiento priorizó la fidelidad contextual sin producir valores numéricos.

En el componente cuantitativo, los datos provenientes del *Waste Sort Worksheet* fueron procesados mediante un análisis gravimétrico formal. Este análisis consistió en transformar los pesos registrados para cada fracción en indicadores técnicos que describen la magnitud y composición del flujo de residuos del campus. Para ello, los datos fueron organizados inicialmente en Excel, donde se calculó la masa total muestreada, los porcentajes por fracción y la estructura gravimétrica del conjunto de residuos. Posteriormente, las bases depuradas fueron trasladadas a RStudio para obtener medidas descriptivas y verificar la consistencia interna de los indicadores. El análisis gravimétrico permitió construir la caracterización física del sistema a partir de las ecuaciones establecidas en el instrumento, sin realizar inferencias estadísticas ni extrapolaciones fuera del alcance metodológico.

En el componente formativo, los datos del cuestionario KAP, obtenidos directamente desde Google Forms, se exportaron a Excel para organizar los puntajes individuales de conocimiento, actitud y práctica. Una vez estructurada la base, la información fue procesada en RStudio mediante estadística descriptiva, lo que permitió obtener medidas de tendencia central, dispersión y, cuando correspondía, variación porcentual entre mediciones. Este procedimiento garantizó un análisis uniforme y replicable para las tres dimensiones del cuestionario.

Finalmente, la integración del componente cuantitativo y cualitativo se realizó tras su análisis independiente. Esta fase permitió vincular los indicadores gravimétricos con las observaciones estructurales del campus y con los patrones de comportamiento ambiental identificados en los estudiantes. La integración mantuvo un carácter descriptivo, sin establecer causalidades, y proporcionó la base analítica para el diseño conceptual del proyecto piloto de economía circular. En conjunto, el procesamiento articuló la sistematización operativa de Excel, la precisión descriptiva de *RStudio* y el análisis cualitativo estructurado del *Walk-Through*, incorporando el análisis gravimétrico como procedimiento central para la caracterización técnica del manejo de residuos.

12. APLICACIÓN DE LA ENCUESTA

Según la metodología propuesta, la pregunta de investigación fue validada con un enfoque diagnóstico y formativo, apoyado en el diagnóstico de situación, caracterización gravimétrica de residuos y el cuestionario KAP (Conocimiento, Actitud y Práctica) antes y después de la intervención formativa. La validación no se centró en la implementación práctica de estrategias de economía circular, sino en medir cambios en los niveles de conocimiento, actitud y práctica de la comunidad universitaria tras el proceso de capacitación y sensibilización, e identificar el potencial técnico del sistema de residuos para futuras propuestas.

Para ello, se administró el cuestionario KAP como pretest y postest a los mismos participantes, lo que permitió comparar los puntajes promedio obtenidos en cada dimensión antes y después

de la intervención educativa. Los resultados se muestran en la Tabla 6 indicando su valor de variación entre resultados previos y posteriores.

Tabla 4.

Comparación de puntajes promedio en el cuestionario KAP

Dimensión	Pretest	Postest	Variación (%)
Conocimiento	1.13	1.44	+27.43%
Actitud	3.68	3.97	+7.88%
Práctica	0.46	0.51	+10.87%

Fuente: Elaboración propia, 2026.

El aumento del 27,43 % en la dimensión de conocimiento demuestra que los participantes interiorizaron mejor los principios de economía circular y gestión de residuos, resultado consistente con lo reportado por Salas et al. (2021), en el sentido de que los procesos formativos contextualizados fortalecen el aprendizaje ambiental.

En la dimensión actitudinal, el incremento del 7,88 % indica que los participantes están más dispuestos a adoptar prácticas sostenibles, lo que se ajusta a la Teoría del Comportamiento Planificado de Ajzen, donde la actitud es un predictor de la intención conductual.

Finalmente, la dimensión práctica mejoró en un 10,87 %, gracias a la reflexión guiada y el reconocimiento de buenas prácticas, pero sin intervenir físicamente en el sistema de residuos. Estos resultados coinciden con lo que indican Oliveira & Proença (2025), que los cambios de práctica necesitan tiempos largos y condiciones estructurales, por lo que los primeros cambios encontrados son el inicio para futuras acciones institucionales.

En conclusión, estos resultados responden a las preguntas de investigación y confirman que el Campus Experimental Salache tiene las condiciones técnicas y pedagógicas para diseñar estrategias de economía circular, las cuales podrán ser implementadas en fases posteriores.

13. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

13.1 Resultados del objetivo 1

13.1.1 Diagnóstico del manejo actual de residuos sólidos

Se utilizó la *Facility Walk-Through Worksheet* como herramienta diagnóstica durante un recorrido técnico por diez puntos observables en el campus, los cuales pertenecen a zonas de administración, de servicios y académicas. Se llevó a cabo la recolección de información a través de la observación directa, lo que permitió determinar y examinar variables relacionadas con la producción de residuos, la infraestructura disponible, el funcionamiento del sistema y las posibilidades de mejora.

- **Generación y disposición de residuos**

En los lugares examinados se detectó la presencia de cerca de 40 recipientes para desechos, los cuales están ubicados en el campus de modo irregular. A pesar de que algunos recipientes tienen una diferenciación cromática (verde o negro), no hay un método eficaz de clasificación, ya que los desechos se echan indiscriminadamente, sin distinguir entre tipos de materiales.

Además, se verificó que no hay contenedores en algunas zonas, lo que demuestra una insuficiente cobertura de puntos de disposición y dificulta la gestión adecuada de los desechos producidos.

- **Infraestructura y señalética**

La infraestructura vinculada a la administración de residuos muestra carencias en cuanto a su funcionamiento, sobre todo en lo que respecta a la falta de contenedores clasificados y a su distribución sin planificación. Respecto a la señalética ambiental, se notó que está limitada, con letreros viejos, en malas condiciones y poco visibles; esto disminuye su efectividad como medio para orientar y sensibilizar a los usuarios. No se encontraron elementos gráficos recientes que fomenten la separación de residuos en su origen ni su reducción.

- **Operación del sistema y rutas internas**

En el trayecto realizado no se observó la existencia de rutas internas que estén formalmente establecidas para la recolección de desechos. El proceso se encuentra bajo la supervisión operativa del personal de limpieza, sin un esquema definido de rutas o lugares intermedios de recolección, lo cual tiene un impacto negativo en la eficacia del sistema.

- **Frecuencia de recolección**

El personal de limpieza recoge los residuos diariamente, al término del día de trabajo. Aunque esta frecuencia ayuda a impedir la acumulación de desechos durante largos períodos de tiempo, no está respaldada por procedimientos para separar y registrar volúmenes, lo que limita su aporte a la disminución o valorización de materiales.

- **Evaluación global del sistema**

Según el estudio de las variables organizadas por la matriz (generación de residuos, infraestructura, señalización, operación y reducción), se concluye que en los puntos examinados el sistema de gestión de residuos muestra un desempeño insuficiente. La gestión actual se enfoca sobre todo en la recolección y disposición final, sin incluir estrategias de separación inicial, reducción o uso de residuos con un enfoque de economía circular.

- **Síntesis del diagnóstico**

Al emplear la *Facility Walk-Through Worksheet*, se pudieron detectar las falencias operativas y estructurales que afectan la eficacia del manejo de residuos sólidos. Esto puso de manifiesto que es necesario optimizar la infraestructura, mejorar el señalamiento, definir rutas internas para la recolección y fomentar actividades dirigidas a disminuir y valorizar los desechos producidos.

13.1.2 Caracterización gravimétrica

La caracterización gravimétrica de los residuos sólidos se realizó de manera continua durante un período de siete semanas, comprendido entre noviembre y diciembre de 2025. Esta

metodología, basada en la separación manual y el pesaje directo de los residuos, permitió identificar de forma cuantitativa la composición y distribución de los residuos generados en distintas áreas del Campus Experimental Salache, incluyendo cafeterías, laboratorios, oficinas administrativas, aulas y áreas recreativas.

La aplicación de esta herramienta permitió determinar con precisión la masa total generada, la proporción de cada fracción de residuo y su potencial de valorización, constituyéndose en un insumo técnico clave para el diagnóstico del sistema de gestión de residuos sólidos del campus. En ausencia de un sistema institucional formalizado, la caracterización gravimétrica permitió establecer una línea base confiable que refleja las condiciones reales de generación y manejo de residuos.

La masa total muestreada durante el período de estudio fue de 35 021 kg, correspondiente a la suma de todas las fracciones recolectadas. A partir del análisis por tipo de residuo, se determinó la composición porcentual de cada fracción, evidenciándose oportunidades claras para su aprovechamiento bajo un enfoque de economía circular.

- **Composición porcentual de los residuos**

Los resultados obtenidos indican que los residuos orgánicos constituyen la fracción predominante, con un 51,96 % del total generado. En segundo lugar, se identificaron los residuos reciclables, destacándose el papel (17,86 %), los plásticos (14,82 %) y el cartón (9,96 %). Finalmente, los residuos peligrosos o especiales representaron el 5,40 %, generados principalmente en laboratorios docentes y áreas asociadas a la preparación de alimentos. La Tabla 7 muestra los hallazgos de la caracterización gravimétrica, que especifican el porcentaje de cada componente en los residuos generados en el campus.

Tabla 5.*Composición porcentual de residuos en el campus*

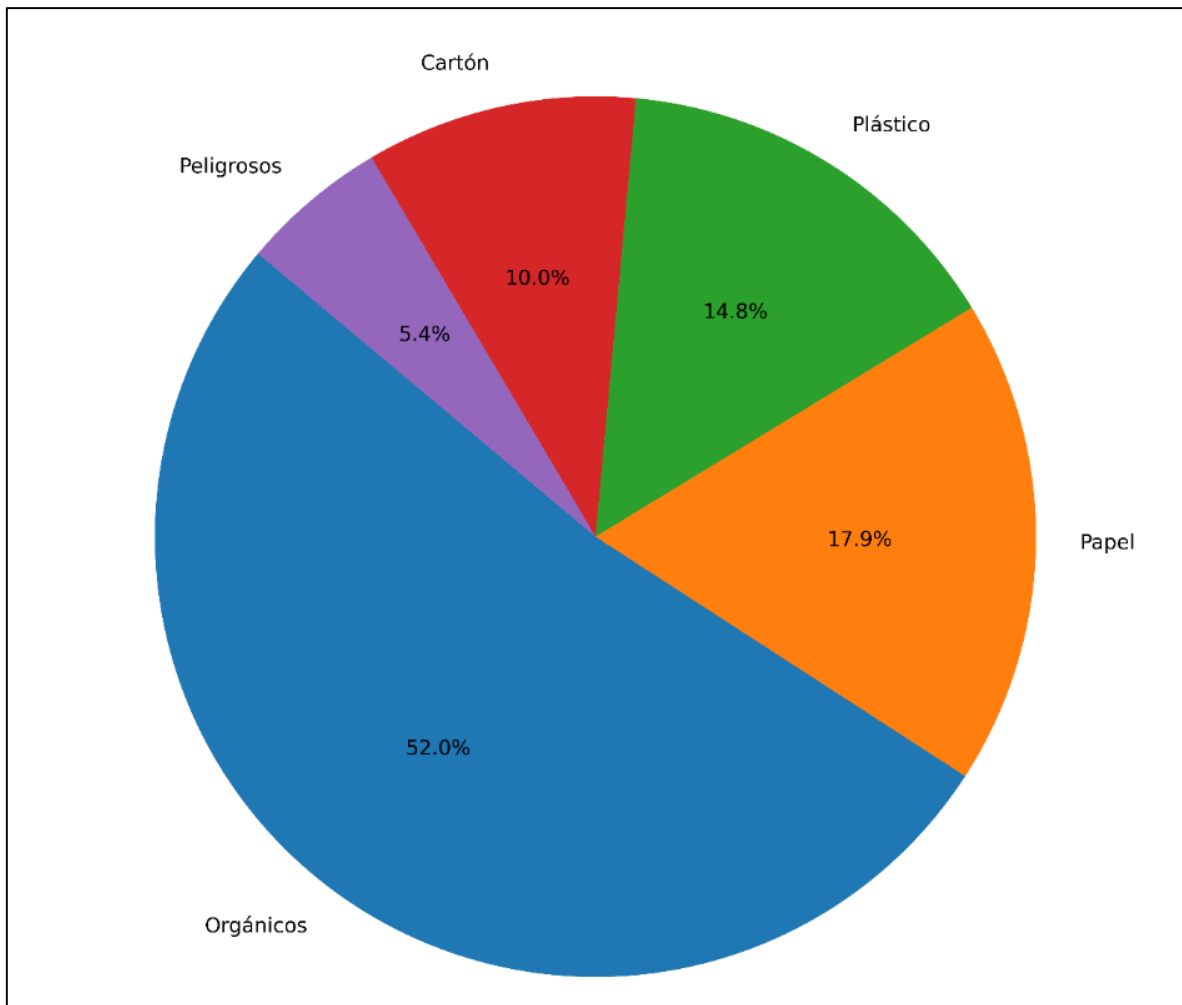
Tipo de residuo	Peso total (kg)	Porcentaje (%)
Orgánicos	3.906,7	51,96
Papel	1.342,5	17,86
Plástico	1.114,5	14,82
Cartón	748,6	9,96
Peligrosos / especiales	405,9	5,40

Fuente: Elaboración propia en base a los resultados de la caracterización gravimétrica.

La Tabla 5 muestra evidencia que la producción de residuos en el Campus Experimental Salache está relacionada con una dinámica funcional asociada a las actividades académicas y productivas. En esta, el mantenimiento de zonas verdes, el consumo de alimentos y los procesos experimentales tienen un impacto directo en la fracción orgánica predominante. Además, la notable presencia de desechos reciclables pone de manifiesto patrones de consumo relacionados con el empleo diario de materiales con corta vida útil, lo que indica que el problema no consiste en la falta de materiales utilizables, sino en el modo en que se administran. En este contexto, la composición detectada no únicamente mide los residuos producidos, sino que también muestra posibilidades estructurales para actuar sobre el sistema desde la valorización, la separación en la fuente y la prevención; todos ellos elementos cruciales para lograr una transición exitosa hacia un modelo de economía circular dentro del campus. Los resultados obtenidos se representan de manera gráfica en la Figura 5. Esta visualización permite apreciar de forma comparativa la distribución relativa de cada fracción de residuo, destacando las diferencias de magnitud entre ellas y apoyando el análisis integral del perfil de generación de residuos en el Campus Experimental Salache.

Figura 5.

Composición porcentual de residuos por tipo – Campus Salache



Fuente: Gráfico generado por el autor, basado en información recopilada en *Waste Sort Worksheet.* (Anexo 2).

La caracterización gravimétrica, como se muestra en la figura previa, sostiene que el Campus Experimental Salache tiene un perfil de generación de residuos con una alta capacidad de valorización, con predominancia de la fracción orgánica (51,96 %). Este dato concuerda con el diagnóstico nacional establecido en la Estrategia Nacional de Economía Circular Inclusiva (ENEI) indica que, de los residuos sólidos, entre el 50 % y el 60 % son materia orgánica. En esta línea, el campus ofrece una oportunidad directa para progresar hacia la circularidad a través de métodos como el compostaje o la biodigestión, sobre todo si tenemos en cuenta que un

segmento importante de esta fracción se origina en las actividades productivas y experimentales, así como en los comedores.

En segundo lugar, el porcentaje de papel (17,86 %), cartón (9,96 %) y plástico (14,82 %) que es reciclable equivale a cerca del 42,64 % del total. Esto representa una cantidad crítica adecuada para respaldar la puesta en marcha de un sistema institucional de separación en la fuente, que se complemente con rutas internas para recolección diferenciada y posibles asociaciones con gestores externos o recicladores. Sin embargo, la escasa segregación efectiva en el punto de origen limita este potencial, provocando que los materiales valiosos se pierdan por mezcla con desechos orgánicos y que se degraden debido a la humedad y a los lixiviados.

Por último, a pesar de que la proporción de residuos peligrosos o especiales es relativamente pequeña (5.40 %), su gestión es especialmente importante debido a los riesgos ambientales y sanitarios vinculados. Su generación, especialmente en laboratorios docentes, necesita flujos de gestión diferenciados y protocolos particulares, de acuerdo con las pautas para la administración de desechos peligrosos en el marco de estrategias de economía circular y los principios de seguridad ambiental.

La caracterización gravimétrica, en su totalidad, no solo permitió el reconocimiento de la composición de los desechos producidos, sino que también estableció prioridades operativas claras para el campus: (i) manejar la parte orgánica como un eje estratégico de valorización; (ii) recuperar los residuos reciclables a través de una separación efectiva y una logística consistente; y (iii) segregar y controlar apropiadamente los desechos peligrosos para asegurar seguridad y cumplimiento normativo.

- **Cantidad total producida**

Según el promedio de la recolección semanal (5 003 kg), se calcula que el Campus Experimental Salache produce alrededor de 260 toneladas al año de residuos sólidos, lo cual

corroborar la necesidad de un sistema eficaz y constante de gestión enfocado en disminuir, valorar y utilizar los materiales generados.

- **Tasa actual de segregación**

Aunque más del 40 % de los desechos producidos son fracciones reciclables, solamente el 14 % se separa correctamente en el origen. El diagnóstico actual que se llevó a cabo demostró que la ineficacia tiene principalmente su origen en la falta de señalización apropiada, la ausencia de contenedores diferenciados y el hecho de no contar con procedimientos continuos de capacitación y sensibilización.

13.2 Discusión diagnóstica

Los hallazgos del diagnóstico y de la caracterización gravimétrica confirman que el manejo actual de residuos sólidos en el Campus Experimental Salache responde a un modelo operativo de carácter lineal, centrado en la recolección diaria y la disposición final, sin una articulación funcional con los principios de la economía circular. Esta situación coincide con lo señalado por Biancardi et al. (2023), quienes indican que la transición hacia modelos circulares no depende únicamente de la existencia de materiales valorizables, sino de la integración sistémica entre infraestructura, gobernanza y prácticas organizacionales.

La predominancia de la fracción orgánica (51,96 %) y la elevada proporción de residuos reciclables (42,64 %) concuerdan con el diagnóstico nacional descrito en la Estrategia Nacional de Economía Circular Inclusiva (ENECI), que identifica que entre el 50 % y 60 % de los residuos sólidos en Ecuador corresponden a materia orgánica. Sin embargo, al igual que a escala nacional, la ausencia de separación en la fuente y de sistemas de valorización limita el aprovechamiento de estos residuos, reproduciendo a nivel institucional las mismas restricciones estructurales identificadas por Villa et al. (2024) en el contexto ecuatoriano.

Desde el punto de vista operativo, los resultados del Facility Walk-Through Worksheet evidencian que la infraestructura disponible en el campus es insuficiente y carece de

planificación funcional, lo que coincide con lo expuesto por Gallego et al. (2024), quienes señalan que en muchas instituciones de educación superior las iniciativas relacionadas con reciclaje o sostenibilidad suelen ser aisladas y no forman parte de un sistema institucional integrado. La inexistencia de rutas internas formalizadas, la limitada señalización ambiental y la falta de protocolos diferenciados refuerzan esta condición, impidiendo que la valorización de residuos se materialice de forma efectiva.

Asimismo, la baja tasa de segregación en la fuente (14 %), a pesar del alto potencial de aprovechamiento identificado, refleja una brecha entre conocimiento, infraestructura y práctica, fenómeno descrito por Salas et al. (2021), quienes sostienen que los campus universitarios solo pueden avanzar hacia la circularidad cuando la gestión operativa se articula con procesos formativos y de sensibilización permanentes. En este sentido, la gestión de residuos en el Campus Experimental Salache no puede entenderse únicamente como un problema técnico, sino también como un desafío educativo y organizacional.

La presencia de residuos peligrosos o especiales, aunque minoritaria en términos porcentuales, adquiere relevancia desde una perspectiva de riesgo ambiental y sanitario. Kumar et al. (2023) destacan que, en estrategias de economía circular, el manejo diferenciado de este tipo de residuos es una condición indispensable para evitar impactos negativos y garantizar la seguridad del sistema. La ausencia de protocolos específicos observada en el campus refuerza la necesidad de establecer flujos de gestión diferenciados.

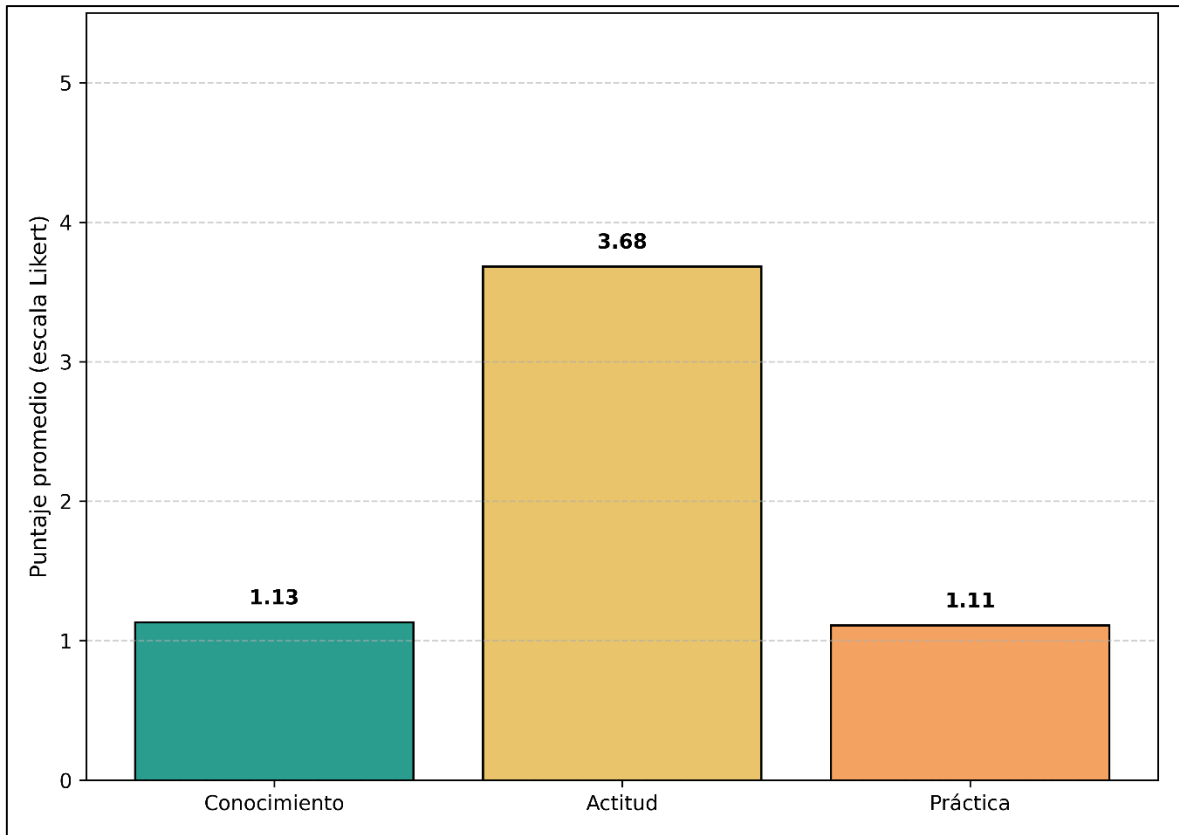
En conjunto, los resultados obtenidos confirman que el Campus Experimental Salache posee condiciones técnicas favorables para la implementación de estrategias de economía circular, pero carece de un sistema institucional que permita traducir ese potencial en prácticas reales. Tal como lo señalan Jakimiuk et al. (2023), los diagnósticos integrales como el desarrollado en esta investigación constituyen el primer paso para diseñar proyectos piloto que funcionen como

espacios demostrativos o *living labs*, capaces de articular la gestión de residuos con la formación académica y el desarrollo productivo.

13.3 Resultados del objetivo 2

13.3.1 Resultados del cuestionario KAP – Pretest

Se empleó el cuestionario KAP (Conocimientos, Actitudes y Prácticas) durante las primeras etapas de la investigación con el fin de determinar cuál era el nivel inicial de alfabetización ambiental de los habitantes del Campus Experimental Salache en lo que respecta al manejo de residuos sólidos. Este instrumento utilizaba preguntas cerradas y escalas de tipo Likert, abarcando 13 elementos que evaluaban tres dimensiones: cuatro ítems referidos a las actitudes, cinco a los conocimientos y cuatro a las prácticas. Los descubrimientos que aparecen en la Figura 6 no solo posibilitaron comprender lo que la comunidad sabe, sino también cómo responde y actúa ante los desafíos de la gestión de desechos. Esta información se usó como herramienta técnica para la creación del programa educativo subsiguiente, cuyo propósito era disminuir las disparidades encontradas.

Figura 6.*Puntaje promedio por dimensión – Cuestionario KAP (Pretest)*

Nota: En el gráfico se presentan las puntuaciones medias obtenidas por los participantes en el estudio. Existe una actitud positiva hacia el reciclaje, pero un bajo nivel de conocimiento y práctica, lo que sugiere la necesidad de una intervención formativa planificada.

13.3.1.1 Dimensión de conocimiento

La gestión de conceptos esenciales relacionados con la clasificación de desechos, la identificación de residuos peligrosos, los procedimientos para la disposición final y el conocimiento general acerca de las regulaciones medioambientales fueron evaluados en la dimensión del conocimiento. El resultado fue una puntuación media de 1,13 sobre 5, lo que equivale al 22,6 % de respuestas correctas. Esto evidencia que existen limitaciones en las habilidades técnicas para gestionar los residuos sólidos.

Los porcentajes más bajos de respuestas correctas estaban principalmente ligados a la separación de residuos especiales y el adecuado manejo de los orgánicos; estos son

componentes clave para llevar a cabo estrategias de economía circular en entornos universitarios.

Estos descubrimientos indican que la comunidad universitaria no tiene el conocimiento técnico requerido para decidir de manera informada cómo manejar los residuos que produce de forma apropiada, lo que limita la aplicación correcta de prácticas de separación y aprovechamiento. Este hallazgo concuerda con lo que Lakatos et al. (2023) sostuvieron: el conocimiento ambiental tiende a fragmentarse y desconectarse de la práctica en las instituciones de educación superior si no se incluye de forma sistemática en el currículo o en la gestión institucional. Rodríguez et al. (2024) señalan también que la falta de entendimiento sobre los flujos de desechos es uno de los impedimentos más significativos para que las estrategias de economía circular se implementen a través de acciones concretas y no solo permanezcan en el plano discursivo.

13.3.1.2 Dimensión de actitud

La dimensión actitud, en contraste con los resultados de la dimensión conocimiento, tuvo un rendimiento notablemente mejor, con una puntuación media de 3.68 sobre 5. Esto muestra que existe una inclinación positiva hacia el reciclaje, la disminución de desechos y la colaboración en iniciativas ecológicas dentro del campus.

Un alto porcentaje de los encuestados expresó su disposición a cambiar sus prácticas diarias si tuvieran información apropiada, infraestructura funcional y apoyo institucional, lo que demuestra que la actitud hacia el medio ambiente no es un obstáculo, sino una oportunidad para implementar estrategias de mejora.

Este resultado es consistente con lo que expusieron Oliveira & Proença (2025). Ellos señalan que los estudiantes de la universidad tienden a tener actitudes favorables hacia la sostenibilidad, pero necesitan circunstancias estructurales que propicien que esa disposición se traduzca en acciones específicas. Además, el descubrimiento concuerda con el modelo de comportamiento

planificado de Ajzen et al. (2020), que sostiene que la intención conductual es un indicador importante del comportamiento, pero no es suficiente sin elementos contextuales que ayuden a llevarlo a cabo.

13.3.1.3 Dimensión práctica

El cuestionario mostró que la dimensión práctica tuvo el rendimiento más bajo, con una puntuación media de 1,11 de 6, lo que equivale a menos del 20 % de las prácticas sostenibles que se llevaron a cabo. A pesar de que varios participantes afirmaron llevar a cabo la separación de desechos en sus casas, la mayor parte no las repetía en el campus universitario.

El escaso aprovechamiento de los contenedores disponibles y la baja reutilización de materiales demuestran que las prácticas sostenibles no son parte del día a día en el ambiente institucional. Este resultado corrobora que el comportamiento con respecto al medio ambiente está más determinado por las condiciones estructurales disponibles y por el contexto operativo, en lugar de depender de la voluntad individual. El Campus Experimental Salache sigue funcionando según una lógica mayormente lineal de "usar y desechar", en la que no hay señalización clara, infraestructura diferenciada ni rutinas institucionales, lo cual obstaculiza la implementación de prácticas sustentables.

13.3.1.4 Puntaje total del cuestionario KAP – Pretest

La puntuación total del cuestionario KAP se obtuvo sumando las tres dimensiones evaluadas: conocimiento (5 puntos como máximo), actitud (20 puntos como máximo) y práctica (6 puntos como máximo). Así, se alcanzó una puntuación máxima de 31 puntos. Conforme a los estándares de interpretación que se han definido en estudios KAP (FAO, 2014; OMS, 2008), el promedio mundial alcanzado fue de 10.31 puntos, lo cual equivale al 42.6% del puntaje total y está relacionado con un nivel escaso de habilidades ambientales integrales para administrar residuos sólidos.

Este resultado general apoya la idea de que, aunque existe una actitud favorable hacia la sostenibilidad, esta no se manifiesta ni en un conocimiento técnico adecuado ni en prácticas cotidianas adecuadas para administrar los desechos sólidos de manera responsable.

Los hallazgos de los estudios KAP hechos en universidades, que presentan puntuaciones bajas en general, indican que la formación ambiental se realiza sin considerar el entorno físico y operativo del campus. Siguiendo esta línea, se evidencia en los resultados obtenidos en el Campus Experimental Salache que la sensibilización realizada no ha estado acompañada de un sistema institucional para gestionar residuos ni de procesos formativos organizados, lo cual podría reforzar el aprendizaje por medio de la práctica diaria.

13.3.1.5 Síntesis diagnóstica KAP Pretest

La valoración conjunta de las tres dimensiones del cuestionario KAP revela una organización que no está bien equilibrada, la cual se distingue por sostener posiciones positivas hacia la sostenibilidad, aunque con niveles bajos de conocimiento técnico y práctica real. Este modelo indica que la comunidad universitaria del Campus Experimental Salache está dispuesta a hacer cambios, pero carece de los instrumentos conceptuales y operativos necesarios para manejar los desechos sólidos de manera efectiva.

Estudios recientes en educación superior señalan que esta discrepancia entre la intención y la acción sucede cuando la capacitación ambiental no se relaciona con prácticas situadas dentro del campus universitario ni con sistemas de administración institucional (Rodríguez et al., 2024). Por ende, el diagnóstico KAP respalda la relevancia de implementar una intervención educativa con un enfoque y una estructura determinados, cuyo fin sea desarrollar las destrezas técnicas y medioambientales de la comunidad universitaria y sentar las bases para poner en práctica estrategias de economía circular en el Campus Experimental Salache.

13.3.2 Resultados de la capacitación

La aplicación de la capacitación de sensibilización en economía circular y gestión de residuos sólidos se desarrolló conforme a la planificación establecida, cubriendo a la totalidad de los 160 estudiantes previstos, distribuidos en cinco cursos de la carrera de Ingeniería Ambiental. En términos operativos, se registró una asistencia estable en todas las jornadas, lo que permitió ejecutar el componente formativo de manera completa y homogénea.

A partir de las observaciones directas realizadas durante las sesiones, se evidenciaron diferencias cualitativas en el nivel de participación entre cursos, principalmente asociadas al grado de familiaridad previa con temas de gestión ambiental y a la experiencia de los estudiantes dentro del campus. En los cursos iniciales, la participación se concentró en preguntas de tipo conceptual, orientadas a aclarar la diferencia entre economía circular y reciclaje, así como el significado práctico de la jerarquía de residuos (reducir, reutilizar y reciclar). En cambio, en los cursos superiores predominó una participación más aplicada, con intervenciones relacionadas con propuestas de mejora para el campus, tales como puntos limpios, señalización, separación en origen y aprovechamiento de la fracción orgánica.

Durante el bloque de contextualización del problema, se observó un alto nivel de atención debido a que se presentaron hallazgos del diagnóstico del propio campus. En esta fase se registraron comentarios recurrentes relacionados con la falta de contenedores diferenciados, la presencia de mezcla de residuos en puntos comunes y la ausencia de señalización clara. Este bloque generó mayor interacción en comparación con los momentos iniciales de introducción, debido a que los estudiantes lograron vincular el contenido con su experiencia directa dentro del Campus Experimental Salache.

En el bloque de economía circular y jerarquía de residuos, las intervenciones se orientaron principalmente a precisar cómo aplicar el enfoque circular en contextos cotidianos (aula,

laboratorios, comedores y áreas verdes). En este punto se identificaron dudas frecuentes relacionadas con:

- a) qué residuos son realmente reciclables en la práctica,
- b) cómo debe realizarse la segregación en origen, y
- c) qué alternativas existen para residuos orgánicos generados en el campus.

Posteriormente, durante el bloque de aplicación en campus universitarios, se evidenció un cambio hacia una participación más propositiva. Los estudiantes discutieron ejemplos presentados y los compararon con la realidad del Campus Salache, destacándose comentarios sobre el potencial de aprovechamiento de residuos orgánicos para compostaje y el interés por implementar estrategias demostrativas dentro del campus, especialmente en zonas de mayor generación.

Finalmente, el espacio de cierre y reflexión fue el momento donde se registró mayor interacción grupal, ya que se promovió la relación directa entre los contenidos impartidos y las prácticas cotidianas. En esta fase se evidenciaron posturas diferenciadas entre cursos: mientras que algunos grupos enfocaron su reflexión en la responsabilidad individual (hábitos de disposición, consumo y separación), otros enfatizaron la necesidad de condiciones institucionales mínimas (infraestructura, señalización y rutas internas) para sostener cambios reales.

13.3.3 Resultados del cuestionario KAP – Postest

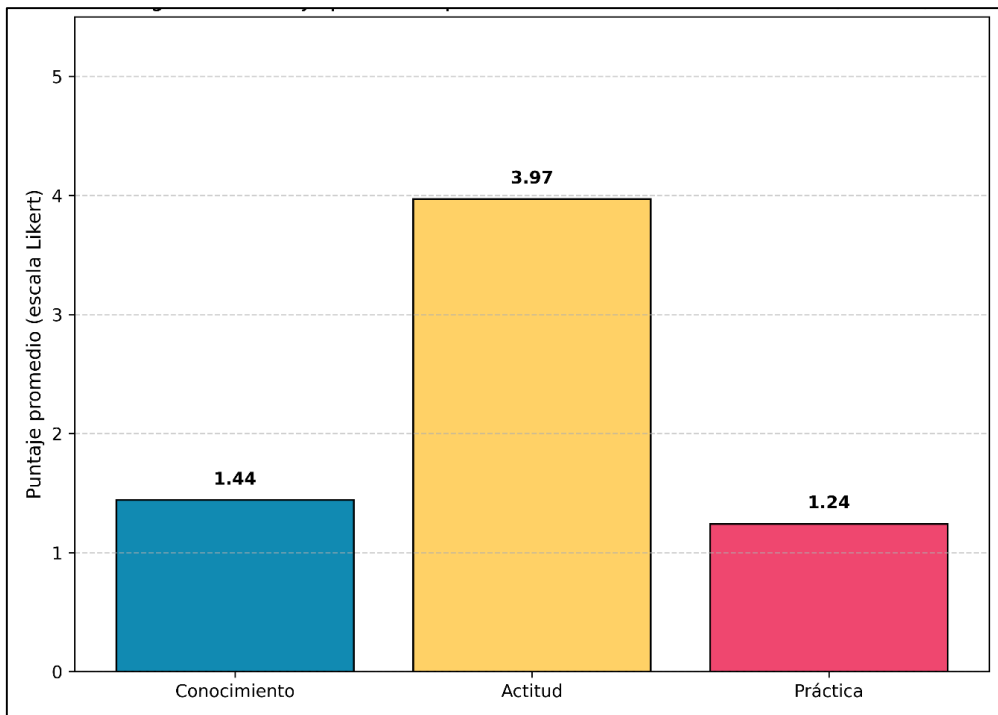
Después de brindar la capacitación sobre sensibilización en economía circular y administración de residuos sólidos, se utilizó nuevamente el cuestionario KAP para detectar cambios en las actitudes, prácticas y niveles de conocimiento de los alumnos que participaron. Se usó el postest con los mismos grupos que se habían evaluado en el pretest, conservando la misma estructura metodológica, lo cual permitió una comparación directa de los resultados. Los puntajes promedio que se lograron en cada dimensión evaluada después de la intervención formativa aparecen en la Figura 7. En términos generales, los resultados muestran que las tres dimensiones

han mejorado de forma progresiva. La actitud se mantiene como la dimensión con la puntuación promedio más alta, después le siguen el conocimiento y la práctica.

La actitud con respecto al medio ambiente obtuvo una puntuación media de 3,97 sobre 5, lo cual demuestra que después de la capacitación los alumnos mantienen una actitud favorable hacia el reciclaje, la disminución de desechos y la asunción de conductas responsables en términos ambientales. El conocimiento, por otro lado, tuvo un puntaje medio de 1,44 sobre 5 y la práctica llegó a 1,24 sobre 6; aunque estas cifras continúan siendo bajas, muestran un progreso en comparación con la medición inicial.

Figura 7.

Puntaje promedio por dimensión – Cuestionario KAP (Postest)



Nota. Las puntuaciones medias que obtuvieron los participantes en el estudio tras la capacitación formativa; se sostiene una actitud favorable hacia el reciclaje (3,97), con un ligero aumento en el conocimiento (1,44) y la práctica (1,24), lo que indica que las acciones formativas influyeron.

Estos hallazgos corroboran que la intervención formativa tuvo un impacto positivo al principio, especialmente en el fortalecimiento de la dimensión actitudinal y, en menor grado, en el

aprendizaje de conocimientos fundamentales y en la intención manifiesta de llevar a cabo prácticas sostenibles. Sin embargo, los valores que se han obtenido también demuestran que una capacitación puntual no es suficiente para establecer transformaciones profundas en el comportamiento ambiental, sobre todo cuando las condiciones estructurales no permiten la aplicación práctica de lo aprendido.

13.3.3.1 Dimensión de conocimiento

En el ámbito del conocimiento, la puntuación media subió de 1,13 a 1,44 sobre 5, lo cual significa que hubo un aumento de 0,31 puntos en comparación con el pretest. Este resultado señala que el entrenamiento facilitó una comprensión preliminar de conceptos fundamentales, sobre todo los que se refieren a la identificación de residuos orgánicos y peligrosos, la clasificación de desechos y la lógica general de la economía circular. Aunque el nivel de conocimiento sigue siendo bajo en términos absolutos, el aumento observado demuestra que el proceso de formación logró disminuir parcialmente las disparidades conceptuales detectadas en la evaluación inicial. Esta conducta es consistente con lo indicado por Craveiro et al. (2025), quienes afirman que las intervenciones educativas breves, si se desarrollan en el entorno real del campus, pueden generar un progreso medible en cuanto al conocimiento ambiental; no obstante, requieren ser constantes para consolidarse.

13.3.3.2 Dimensión de actitud

La dimensión actitud demostró un aumento, de 3,68 a 3,97 sobre 5, y se consolidó como la dimensión con el mejor rendimiento después de la capacitación. Este incremento muestra que los alumnos han fortalecido su disposición motivacional y emocional para participar en iniciativas medioambientales dentro del campus y adoptar prácticas sostenibles.

Los hallazgos indican que la formación fortaleció la idea positiva de que la economía circular es una opción viable y esencial para optimizar el tratamiento de desechos sólidos en el Campus Experimental Salache. Este descubrimiento se alinea con el modelo de conducta planificada de

Ajzen et al. (2020), que afirma que la actitud y la intención de comportarse están influidas directamente por el fortalecimiento del conocimiento y la percepción de control, aunque no aseguran automáticamente la acción.

13.3.3.3 Dimensión de práctica

En la dimensión práctica, el puntaje medio creció en 0,13 puntos, pasando de 1,11 a 1,24 sobre 6. Este hallazgo demuestra que las transformaciones en la manera de actuar sostenible son más lentas y complejas, y están condicionadas principalmente por elementos estructurales y contextuales. La falta de variación en este aspecto se debe a la brevedad del periodo que hay entre la capacitación y el uso del posttest, además de la falta de infraestructura apropiada para el aislamiento en la fuente, señales visibles y rutas internas para gestionar los residuos en el campus. Estos descubrimientos coinciden con lo que han afirmado Giurea et al. (2024) y Aguilar et al. (2024), quienes subrayan que la actitud positiva y el conocimiento no se convierten en práctica de manera automática si no hay condiciones operativas que propicien un cambio de comportamiento.

13.3.3.4 Puntaje total del Cuestionario KAP – Posttest

El puntaje medio total del cuestionario KAP, después de la intervención, fue de 11,73 puntos sobre 31, lo que representa el 47,5 % del puntaje máximo posible. Este valor significa una mejora de 4,9 puntos porcentuales con respecto al pretest; sin embargo, el nivel global se sigue considerando bajo según los estándares de interpretación establecidos para las investigaciones KAP.

Que el puntaje total haya aumentado demuestra que la capacitación tuvo un efecto inicial favorable, sobre todo en lo que respecta a las actitudes y al conocimiento elemental acerca de la gestión de residuos sólidos. No obstante, los hallazgos también demuestran que una intervención formativa puntual no basta para lograr cambios significativos y duraderos en las prácticas ambientales de la comunidad universitaria.

En esta línea, los resultados del postest subrayan que para progresar hacia la aplicación efectiva de estrategias de economía circular en el Campus Experimental Salache se requiere que haya procesos educativos constantes y que estos vengan acompañados por mejoras en gobernanza institucional, señalización e infraestructura. Las modificaciones que se han notado son una primera aproximación formativa y no la puesta en marcha de un sistema operativo circular, lo cual concuerda con el carácter propositivo y de diagnóstico del estudio actual.

13.3.3.5 Síntesis diagnóstica KAP Postest

La evaluación integrada de los hallazgos del diagnóstico técnico sobre la gestión de residuos sólidos y del cuestionario KAP, que se aplicó en las fases de pretest y postest, facilita la identificación exacta de las mayores brechas que obstaculizan el paso hacia un enfoque de economía circular en el Campus Experimental Salache.

El diagnóstico inicial demostró que, aunque hay una actitud positiva hacia el reciclaje y la sostenibilidad, esta no se sustenta en un conocimiento técnico adecuado ni en prácticas establecidas dentro del ambiente universitario. Los resultados del pretest revelaron que la estructura de la conducta ambiental era desbalanceada, con actitudes positivas, pero con niveles bajos de conocimiento y práctica. Este modelo corrobora lo que Villa et al. (2024) y Galván et al. (2024) han afirmado: la educación ambiental en las instituciones de educación superior generalmente se lleva a cabo de manera fragmentada, sin una conexión efectiva con la gestión operativa del campus.

La implementación de la formación de sensibilización propició una mejora temprana en las tres dimensiones analizadas, sobre todo en la actitud y, en menor grado, en el conocimiento. Los hallazgos del postest muestran que los alumnos pudieron asimilar nociones fundamentales vinculadas a la economía circular y a la administración de residuos. Esto está en línea con lo que Craveiro et al. (2025) afirman que, si las intervenciones educativas son contextualizadas, es posible que generen avances medibles en la alfabetización ambiental. Sin embargo, los

niveles logrados continúan siendo bajos en términos absolutos, lo que indica que la asimilación técnica de los contenidos requiere procesos educativos más extensos y sistemáticos..

Los resultados del pretest y el postest demuestran que, en la dimensión actitudinal, esta es la mayor fortaleza del sistema examinado. La actitud favorable de los alumnos de participar en acciones medioambientales y cambiar sus hábitos está alineada con el modelo de comportamiento planificado propuesto por Ajzen et al. (2020), que establece que la intención conductual es una parte importante del cambio. Sin embargo, como señala el mismo modelo, la intención no se convierte automáticamente en acción cuando el control percibido es escaso. Esto se observa claramente en la puntuación baja lograda en la dimensión práctica.

La pequeña variación que se aprecia en la dimensión práctica tras la formación demuestra que el comportamiento ambiental está fuertemente determinado por elementos estructurales e institucionales. La ausencia de señalización apropiada, rutas internas para la gestión de residuos y contenedores diferenciados reduce las oportunidades de que los alumnos pongan en práctica lo que han aprendido. Este descubrimiento concuerda con lo que Berta et al. (2025) y Stuckrath et al. (2025) sugerían, aquellos que sostenían que el conocimiento sobre el medio ambiente y las actitudes positivas no generan cambios permanentes si en la realidad no existen políticas, infraestructuras o sistemas de refuerzo..

Los hallazgos corroboran, desde un enfoque de economía circular, que el Campus Experimental Salache tiene una gran capacidad de valorización de residuos, especialmente los orgánicos; no obstante, le falta un sistema institucional que facilite el cierre de ciclos materiales. Esta circunstancia replica lo que Ojuri et al. (2024) han indicado que la ausencia de sistemas integrados de gestión en los campus universitarios impide que la economía circular se convierta de un concepto teórico a una práctica cotidiana..

En resumen, el diagnóstico integrado revela que la comunidad universitaria del Campus Experimental Salache tiene una inclinación positiva hacia el cambio; sin embargo, se topa con

limitaciones de tipo conceptual, práctico y estructural que impiden la aplicación efectiva de estrategias de economía circular. La formación aplicada sirvió como una primera intervención educativa que tuvo la capacidad de disminuir en cierta medida las disparidades de conocimiento y robustecer la actitud hacia el medio ambiente, pero fue insuficiente para provocar cambios sustanciales en los procedimientos sin que se implementaran acciones institucionales.

La importancia de avanzar hacia un enfoque sistémico, como sugieren Moqbel (2018) y Renfors (2024), estos hallazgos destacan la importancia de que la infraestructura, la gobernanza, la administración operativa del campus y la educación ambiental se integren de manera coherente. En consecuencia, los resultados adquiridos validan la creación de un proyecto piloto de economía circular como táctica demostrativa y como etapa preliminar para el posterior establecimiento de un sistema institucional con enfoque circular para la gestión de desechos sólidos en el Campus Experimental Salache.

13.3.4 Análisis comparativo

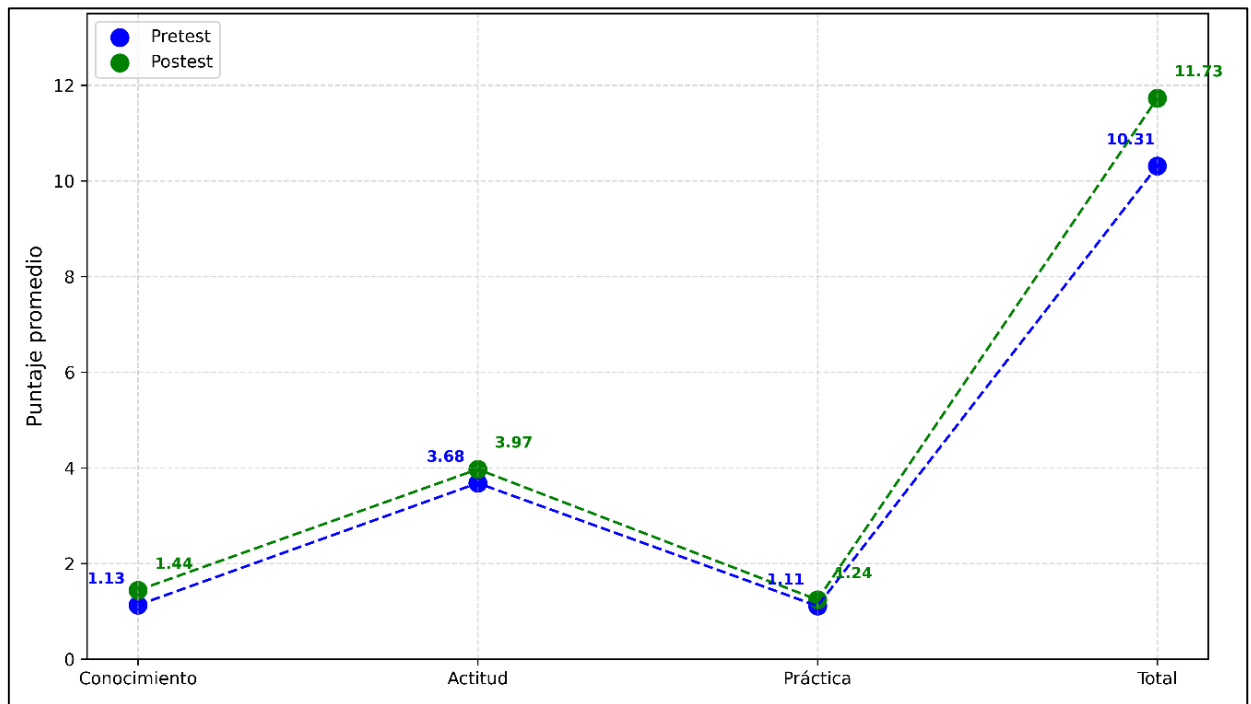
Para establecer el impacto de la intervención educativa que se llevó a cabo en este estudio, se llevó a cabo un análisis comparativo de los puntajes obtenidos en el cuestionario KAP durante las fases de pretest y postest. Los dos instrumentos se utilizaron con los mismos participantes y en las mismas condiciones metodológicas, lo que permitió que los cambios detectados se atribuyeran únicamente al proceso de capacitación y sensibilización en economía circular, sin que hubiera un proyecto piloto ni alteraciones en el sistema de gestión de residuos sólidos del Campus Experimental Salache.

La Figura 8 muestra un gráfico de dispersión que contrasta los puntajes individuales totales logrados por los participantes antes y después de la intervención formativa, con un máximo posible de 31 puntos. Cada punto señala el rendimiento total de un participante en las dos evaluaciones. En términos generales, se nota que la mayor parte de los valores del postest están

por encima de los del pretest, lo cual muestra una mejora generalizada en los niveles de alfabetización ambiental después de la capacitación.

Figura 8.

Gráfico de dispersión comparativo



Nota: Cada punto corresponde al puntaje total de un participante. Los puntajes del postest son más altos, lo que indica que la alfabetización ambiental mejoró luego de la intervención formativa. Las líneas punteadas señalan la progresión promedio de los grupos.

Esta evolución positiva es corroborada por las líneas de tendencia punteadas que aparecen en la figura, las cuales evidencian un movimiento ascendente del total de los puntajes después de la intervención. Sin embargo, también se observa una dispersión significativa entre los participantes, lo cual es típico de los procesos formativos iniciales. En estos casos, la asimilación de contenidos y la apropiación de conceptos no ocurre de forma uniforme en todos los individuos.

La Figura 8 muestra una tendencia general que tiene una estructura parecida a un triángulo invertido, en el cual la dimensión actitudinal llega a los valores más elevados, seguida por el conocimiento y, al final, por la práctica. Investigaciones efectuadas en entornos universitarios,

como la de Kruja et al. (2025), han verificado esta conducta, y aseguran que las variaciones en la práctica requieren condiciones estructurales extra, mientras que los cambios educativos tienden a ocasionar modificaciones más rápidas y estables en el comportamiento.

Desde un enfoque interpretativo, este patrón corrobora que la formación fue exitosa para concientizar y movilizar a los alumnos a nivel cognitivo, reforzando su actitud hacia el manejo responsable de los desechos y la economía circular. No obstante, el escaso cambio en la dimensión práctica demuestra que, por sí solo, el proceso de formación no basta para afianzar conductas sostenibles sin infraestructura, señalización, rutinas institucionales y sistemas de monitoreo.

Este hallazgo concuerda con lo propuesto por Yang et al. (2024), que previenen que las intervenciones de formación aisladas pueden aumentar el conocimiento y consolidar la perspectiva medioambiental, pero no garantizan cambios permanentes en la práctica a menos que cuenten con el apoyo de políticas institucionales y condiciones operativas adecuadas. De modo parecido, Lakatos et al. (2023) indican que los discursos medioambientales en los campus universitarios tienden a estar en un nivel declarativo si no se conectan con la administración diaria del territorio de la universidad.

Según la perspectiva del modelo de comportamiento planificado de Ajzen et al. (2020), puede entenderse que los resultados comparativos indican una intención conductual positiva, manifestada en la actitud positiva de los alumnos hacia la sostenibilidad. Sin embargo, el control percibido sobre la capacidad real de actuar de forma sostenible sigue siendo limitado, debido a circunstancias institucionales y contextuales que restringen la implementación práctica del conocimiento obtenido.

En resumen, el estudio comparativo pretest-postest revela que la intervención formativa produjo una mejora notable, aunque inicial, en la alfabetización ambiental de los participantes, particularmente en lo que respecta a la dimensión actitudinal y, más moderadamente, al

conocimiento. La formación es un requisito indispensable, pero no suficiente, para promover cambios duraderos en la gestión de residuos sólidos, como lo confirma el hecho de que los puntajes bajos en la dimensión práctica se mantengan constantes.

Estos hallazgos enfatizan la importancia de progresar hacia una etapa siguiente de implementación técnica e institucional, donde los procesos educativos se conecten con proyectos piloto, infraestructura apropiada y sistemas de gobernanza ambiental. En este contexto, el análisis comparativo valida totalmente la concepción del proyecto piloto de economía circular que se propone en esta investigación como una medida estratégica para llevar a cabo prácticas reales en el Campus Experimental Salache y convertir así la intención y el aprendizaje.

13.4 Resultados del objetivo 3

13.4.1 Introducción al diseño del proyecto piloto de economía circular

Esta indagación tiene como eje propositivo el diseño del proyecto piloto, que está basado en la evidencia técnica, operativa y de conducta adquirida durante el diagnóstico exhaustivo del Campus Experimental Salache. En contraste con un plan operativo, este piloto es concebido como un modelo demostrativo que se desarrolla metodológicamente. Su finalidad es examinar la factibilidad técnica, organizativa y educativa de implementar un sistema institucional de gestión de residuos sólidos fundamentado en las bases de la economía circular. Su objetivo no es reemplazar el sistema actual, sino proporcionar un modelo que se pueda replicar y que posibilite el cierre de ciclos materiales, la utilización de recursos que en la actualidad se desechan y la disminución de la presión medioambiental provocada por las prácticas de gestión existentes.

La necesidad de este piloto se deriva de las disparidades detectadas en el diagnóstico: un 14 % de segregación en la fuente, una infraestructura dispersa y sin distinción funcional, la falta de rutas internas para la recolección, la carencia de indicadores del rendimiento y el desajuste entre

lo que se sabe sobre el medio ambiente y las rutinas diarias de los usuarios del campus. Estas restricciones demuestran que el sistema vigente funciona con un modelo lineal, en el cual los desechos se producen, se combinan y se disponen sin procesos de valorización. Esto significa que no se aprovecha la capacidad de las partes reciclables y orgánicas, que constituyen más del 80 % del total muestreado.

En este contexto, el proyecto piloto se entiende como un medio de transición que permite observar cómo los desechos orgánicos, el papel, el cartón, el plástico y otras fracciones tienen la capacidad de incorporarse a ciclos técnicos y biológicos conforme a las bases dictadas por la economía circular. Este diseño incluye la infraestructura requerida, los flujos de materiales, el comportamiento de los usuarios y los procedimientos de seguimiento. Todo esto ofrece un marco sistémico que posibilita prever cómo reaccionará el campus frente a un posible cambio institucional.

13.4.2 Objetivo del proyecto piloto

El propósito del proyecto piloto es diseñar y valorar metodológicamente un sistema demostrativo de gestión de residuos sólidos con enfoque de economía circular en zonas representativas del Campus Experimental Salache. Este piloto tiene como objetivo determinar a escala reducida las condiciones educativas, operativas y técnicas que se requieren para convertir el modelo lineal actual de gestión de residuos en un sistema circular que sea capaz de cerrar ciclos materiales, incrementar la valorización de las fracciones aprovechables y consolidar la cultura ambiental a nivel institucional. Este propósito se fundamenta en tres líneas centrales detalladas en la Tabla 6:

Tabla 6.*Dimensiones de viabilidad*

Dimensión	Aspectos evaluados	Criterios específicos de análisis
Viabilidad técnica	Reorganización de la infraestructura física del sistema de residuos.	<ul style="list-style-type: none"> • Adecuación de contenedores por tipo de fracción. • Identificación y funcionalidad de puntos de generación. • Coherencia de los flujos materiales. • Existencia y optimización de rutas internas de recolección. • Condiciones para almacenamiento diferenciado (orgánicos, reciclables y especiales). • Capacidad del personal para operar la separación y recolección diferenciada. • Nivel de apropiación por parte de los usuarios del campus.
Viabilidad operativa	Articulación de procesos y actores involucrados en la gestión diaria.	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento de flujos separados sin contaminación cruzada. • Mejora de la logística interna (tiempos, recorridos, puntos críticos). • Generación de registros periódicos para seguimiento del desempeño circular. • Efectividad de la señalización instalada. • Impacto de la capacitación en el comportamiento ambiental.
Viabilidad educativa y comportamental	Potencial de adopción de prácticas sostenibles por parte de la comunidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Comprensión del sistema mediante retroalimentación visual (paneles, reportes, señalética). • Nivel de participación activa en los puntos de mayor generación y tránsito. • Cambios observables en las prácticas cotidianas.

13.4.3 Alcance y delimitación del proyecto piloto

El propósito de diseñar el proyecto piloto con un alcance limitado y estratégicamente enfocado fue examinar, de manera controlada, la viabilidad educativa, técnica y operativa de un sistema de gestión de residuos orientado a la economía circular en el Campus Experimental Salache. Su delimitación está guiada por los principios de puesta en marcha gradual sugeridos para pilotos

de universidades, dando prioridad a áreas donde los flujos de residuos son observables, representativos y manejables.

- **Alcance espacial**

La selección de las zonas piloto se fundamentó en los resultados del Facility Walk-Through Worksheet, que identificó diez puntos críticos de generación de residuos. Estas áreas fueron agrupadas en tres macrozonas funcionales, todas necesarias para representar los distintos tipos de desechos del campus:

- a) **Áreas de alta generación orgánica**

Incluyen espacios donde se produce una gran cantidad de residuos biodegradables que, bajo un enfoque de economía circular, podrían destinarse a compostaje u otros procesos de valorización:

- P1 – Cafetería
- P3 – Granos andinos

- b) **Áreas de generación de reciclables**

Son zonas con producción frecuente de papel, plástico y cartón, claves para estructurar flujos de reciclaje diferenciados:

- P6, P7, P8 – Bloques Académicos
- P9 – Biblioteca

- c) **Áreas de residuos especiales o peligrosos**

Permiten evaluar la gestión segura y diferenciada bajo una economía circular responsable:

- P2 – Laboratorio
- P5 – Veterinaria (cuando aplique)

Esta delimitación permite abarcar las tres fracciones críticas (orgánicos, reciclables y especiales) en un mismo piloto, garantizando la representatividad del sistema sin intervenir todo el campus.

- **Alcance funcional**

El piloto se limita a evaluar los elementos esenciales para la transición hacia un sistema circular presentados en la Figura 9.

- **Limitaciones del alcance**

El proyecto piloto presenta ciertas limitaciones inherentes a su naturaleza metodológica. En primer lugar, no contempla la implementación operativa de procesos de compostaje o reciclaje a escala industrial; más bien, se orienta a definir la viabilidad técnica y logística de dichos procesos dentro del contexto real del campus. En segundo lugar, el piloto no abarca la totalidad del Campus Experimental Salache, sino que se focaliza en áreas representativas seleccionadas estratégicamente, lo cual permite controlar las variables operativas sin perder la diversidad funcional del sistema. Finalmente, el piloto no genera indicadores empíricos derivados de la ejecución real, sino indicadores proyectados a partir de la línea base obtenida durante el diagnóstico. Estos valores prospectivos sirven como referencia para estimar la factibilidad del sistema y anticipar su comportamiento en una eventual implementación institucional.

- **Justificación de la delimitación**

La delimitación del proyecto piloto se sustenta en los hallazgos del diagnóstico técnico-operativo del campus. Este diagnóstico reveló la existencia de dispersión en las prácticas de disposición, la presencia de aproximadamente cuarenta recipientes con ubicación irregular y una tasa de segregación en la fuente limitada al 14 %. Asimismo, la caracterización gravimétrica mostró que cerca del 88 % de los residuos generados corresponden a fracciones potencialmente valorizables, lo que evidencia un margen considerable para optimizar procesos bajo un enfoque circular. A estos factores se suma la estructura pedagógica y operativa del campus, que integra actividades académicas, productivas y de investigación, creando un entorno idóneo para analizar la interacción entre infraestructura, comportamiento humano y flujos de materiales.

Con base en estas condiciones, la selección de las áreas piloto garantiza que el sistema diseñado sea controlable, cuente con evidencia suficiente para su análisis y genere aprendizajes transferibles a una escala institucional más amplia. Esta estrategia asegura que el piloto funcione como un mecanismo de validación temprana, capaz de orientar decisiones futuras sin comprometer la integridad operacional del campus.

13.4.4 Diseño metodológico del proyecto piloto

El diseño metodológico del proyecto piloto se estructuró como un modelo demostrativo orientado a validar, en una escala controlada, la viabilidad técnica, operativa y educativa de un sistema de gestión de residuos con enfoque de economía circular dentro del Campus Experimental Salache. Su formulación se basó en la evidencia empírica generada durante el diagnóstico del manejo actual de residuos, la caracterización gravimétrica y los resultados del análisis del comportamiento ambiental de los estudiantes, lo que permitió construir un esquema coherente entre infraestructura, prácticas y flujos materiales.

Este diseño se apoya en el principio fundamental de la economía circular, entendido como un sistema que busca cerrar ciclos de materiales, reducir la generación de desechos y promover su retorno al ciclo productivo mediante estrategias como la separación en la fuente, el reciclaje, la valorización orgánica y la educación para el cambio de conducta. En el contexto universitario, diversos autores sostienen que los pilotos deben estructurarse sobre diagnósticos rigurosos que permitan evaluar progresivamente la capacidad institucional para transitar hacia modelos circulares (Kirchherr et al., 2017; Verhoef et al., 2020).

En respuesta a estas recomendaciones, el diseño metodológico del piloto integra cuatro componentes operativos que actúan de manera articulada:

- i. Separación en la fuente, establecida como el eje central del sistema circular, que define fracciones específicas para residuos orgánicos, reciclables, no reciclables y especiales, según el tipo de área funcional del campus.

- ii. Contenedores diferenciados, seleccionados y distribuidos estratégicamente con base en los flujos reales identificados a través del Facility Walk-Through Worksheet y la caracterización gravimétrica, asegurando accesibilidad y reducción de contaminación cruzada.
- iii. Señalización estandarizada, diseñada para guiar visualmente el proceso de disposición, facilitar la comprensión del sistema y reforzar la correcta clasificación mediante mensajes contextualizados y códigos gráficos simples.
- iv. Acompañamiento educativo, orientado a fortalecer el comportamiento ambiental de los usuarios mediante microintervenciones, capacitación y retroalimentación continua, elemento indispensable para sostener las prácticas circulares en el tiempo.

Estos cuatro componentes interactúan bajo una lógica sistémica: la separación define el flujo, los contenedores soportan la operación, la señalización garantiza comprensión inmediata y la educación consolida hábitos adecuados. Esta integración convierte al piloto en un mecanismo metodológico capaz de reproducir la dinámica real del campus sin necesidad de implementar aún los procesos industriales finales, como compostaje o reciclaje, pero anticipando su factibilidad y requerimientos.

El diseño metodológico también incorporó como insumo la matriz analítica que se presenta en la Tabla 7, la cual permitió organizar los elementos técnicos, comportamentales y operativos, y transformarlos en actividades concretas, responsables asignados, indicadores medibles y medios de verificación. Esta matriz constituye la base estructural del piloto y asegura que las acciones propuestas respondan directamente a la evidencia diagnosticada, garantizando coherencia interna y aplicabilidad futura.

Tabla 7.*Matriz Analítica del Proyecto Piloto de Economía Circular*

Dimensión evaluada	Evidencia empírica (diagnóstico y gravimetría)	Problema/ brecha identificada	Oportunidad de economía circular	Componente del piloto asociado
Flujo de residuos orgánicos	51,96 % del total muestreado ($\approx 3.906,7$ kg). Generación concentrada en Cafetería (P1) y Granos Andinos (P3).	Ausencia de separación en la fuente; mezcla con reciclables; sin aprovechamiento.	Alta disponibilidad para compostaje institucional o uso agrícola.	Separación en la fuente; contenedores diferenciados; señalización; microacciones educativas.
Flujo de reciclables (papel, cartón, plástico)	42,64 % del total ($\approx 3.205,6$ kg). Predominan en bloques académicos P6–P9.	Ausencia de puntos diferenciados; contaminación cruzada; sin rutas de retiro.	Recuperación para cadenas locales de reciclaje; integración con proveedores o recicladores autorizados.	Separación en la fuente; layout de contenedores; señalización estandarizada.
Residuos especiales y peligrosos	5,40 % del total ($\approx 405,9$ kg), concentrado en Laboratorio (P2) y Veterinaria (P5).	Manejo no estandarizado; falta de protocolos visibles; almacenamiento inadecuado.	Implementación de flujos diferenciados y puntos temporales de acopio.	Contenedores especiales; señalización crítica; protocolos de seguridad.
Infraestructura existente	≈ 40 recipientes distribuidos sin criterio técnico; escasa señalización; rutas no definidas. Conocimiento medio; actitud positiva; prácticas bajas (<40 %).	Baja usabilidad; puntos mal ubicados; confusión para el usuario.	Redistribución estratégica; optimización de recorridos internos.	Optimización de contenedores; diseño de layout; señalización funcional.
Comportamiento ambiental (KAP)	Falencias en hábitos de separación.	Brecha entre lo que se conoce y lo que se hace.	Intervenciones pedagógicas; retroalimentación con datos; aprendizaje situado.	Acompañamiento educativo; promotores ambientales; paneles informativos.
Segregación actual en la fuente	Tasa de segregación: 14 %. Alta contaminación cruzada.	El sistema actual no permite flujos limpios.	Mejora inmediata a través de sistemas diferenciados.	Separación en la fuente; protocolos breves; señalización.
Potencial de valorización	88 % del total muestreado es potencialmente valorizable.	No existe circuito de valorización.	Base para modelo circular institucional.	Recuperación de materiales; diseño de indicadores del piloto.
Rutas operativas	No formalizadas; recolección diaria sin registros.	Ineficiencia logística; incertidumbre en volúmenes.	Diseño de rutas optimizadas y registro sistemático.	Construcción de rutas internas; medios de verificación.

Nota. La matriz analítica se construyó exclusivamente a partir de los datos generados en esta investigación: la caracterización gravimétrica (7 semanas), el recorrido técnico mediante el Walk-Through (P1–9) y los resultados del cuestionario KAP. Su función es integrar estos insumos en decisiones operativas que fundamentan el diseño del proyecto piloto.

13.4.1 Plan operativo de economía circular

El plan operativo estructuró, de manera organizada, las acciones específicas necesarias para la puesta en marcha del proyecto piloto de economía circular en las zonas seleccionadas del Campus Experimental Salache. Este plan integra la información proveniente del diagnóstico técnico, la caracterización gravimétrica y el análisis del comportamiento ambiental, permitiendo que cada actividad propuesta se relacione directamente con una necesidad real identificada en el campus.

A partir de la matriz analítica, el plan operativo se articuló bajo los cuatro componentes metodológicos del piloto: separación en la fuente, contenedores diferenciados, señalización estandarizada y acompañamiento educativo. Cada componente se tradujo en actividades detalladas, zonas de intervención (P1–P9), responsables operativos específicos, resultados esperados, indicadores de seguimiento y medios de verificación.

Esta estructura asegura la trazabilidad del piloto y permite que su futura implementación pueda ser monitoreada y ajustada con base en evidencia. La Tabla 9 resume este plan operativo y constituye el núcleo funcional del proyecto piloto, garantizando que la transición hacia un sistema de economía circular en el campus pueda ser gestionada con claridad, control y soporte técnico.

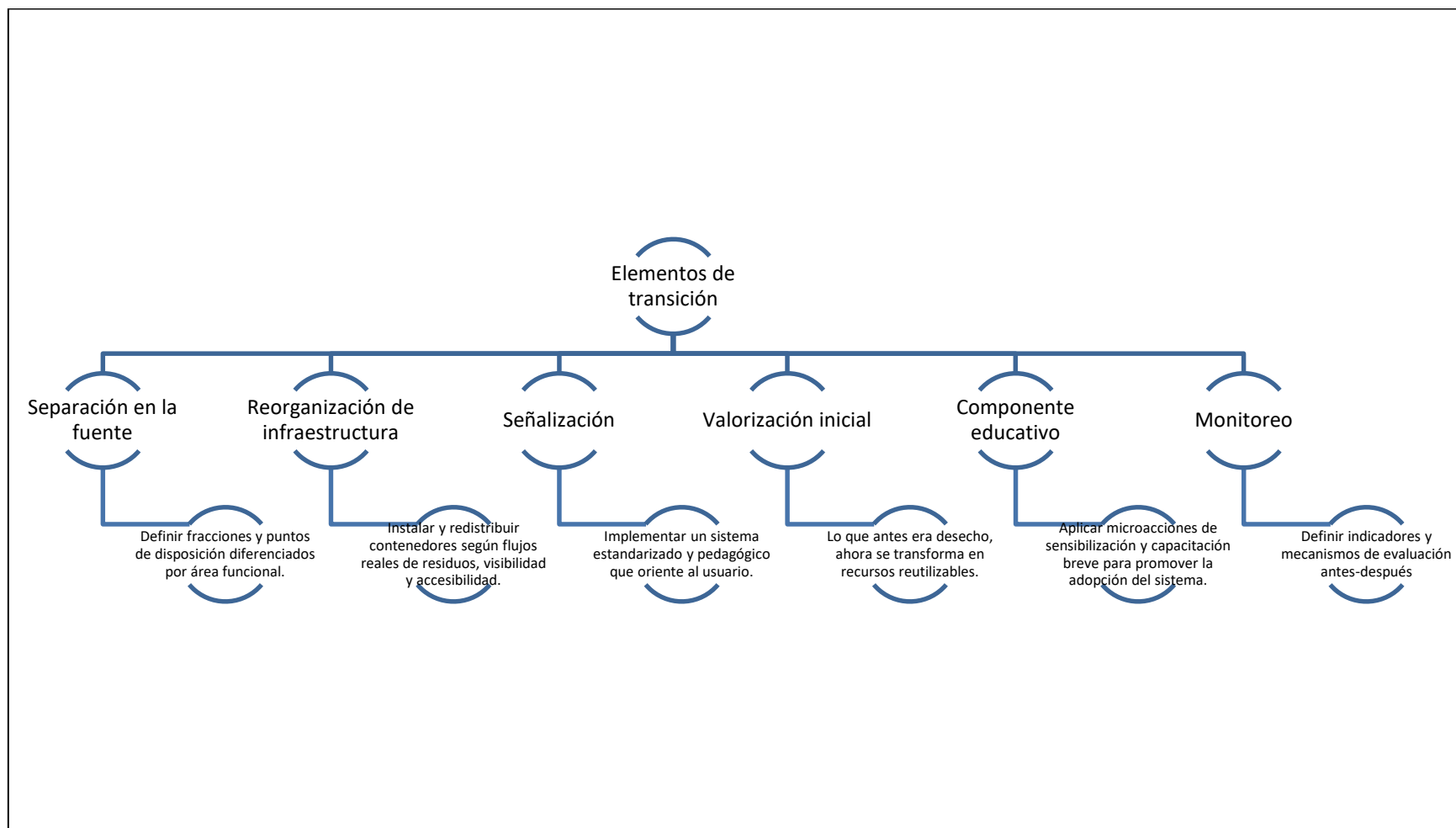
Tabla 8.*Actividades planificadas según el componente operativo del proyecto piloto*

Componente	Actividad	Zonas (P1–P9)	Responsable operativo	Resultado esperado	Indicador de seguimiento	Medio de verificación
1. Separación en la fuente	Definir fracciones según el tipo de área (orgánicos, reciclables, no reciclables, especiales).	P1, P3 (orgánicos); P6–P9 (reciclables); P2 (especiales).	Coordinación del piloto + personal de limpieza + apoyo estudiantil.	Esquema de segregación homogéneo por zona.	% de fracciones definidas por área.	Ficha técnica de segregación.
	Establecer puntos fijos de disposición por fracción.	Todos; prioridad P1, P6–P9, P2.	Coordinación del piloto.	Layout definido con puntos de depósito accesibles.	Nº de puntos definidos por zona.	Plano del layout + registro fotográfico.
	Elaborar protocolo mínimo de separación para evitar contaminación cruzada.	Todos; énfasis P1 y P6–P9.	Coordinación + promotores ambientales.	Procedimiento breve estandarizado.	Tendencia de reducción de contaminación cruzada.	Formato de observación + waste sort.
2. Contenedores diferenciados	Determinar cantidad y tipo de contenedores según el flujo de generación.	P1, P6–P9.	Coordinación + mantenimiento.	Lista de requerimientos técnicos por punto.	Cobertura de puntos (%).	Lista de verificación por zona.
	Corregir distribución no uniforme de contenedores.	P1, P6–P9.	Coordinación.	Disposición optimizada según uso real.	Distancia media a generadores / accesibilidad.	Check list de recorrido + fotos.
	Definir contenedores especiales para residuos peligrosos.	P2, P5.	Coordinación + responsables de laboratorio.	Punto seguro de acopio temporal.	Cumplimiento de segregación de especiales.	Registro interno del área.
3. Señalización estandarizada	Diseñar señalización uniforme por fracción con ejemplos útiles.	P1, P6–P9.	Coordinación + apoyo comunicacional.	Kit de señalética listo para instalación.	Nº de señales instaladas.	Inventario + registro fotográfico.
	Instalar señalización en puntos críticos.	P1, P6–P9.	Coordinación + mantenimiento.	Señalización visible y funcional.	Visibilidad (observación rápida).	Lista de verificación.
	Ajustar señalización según errores detectados.	Todas.	Coordinación.	Señalética corregida por retroalimentación.	Reducción de errores de disposición.	Observación semanal.
4. Acompañamiento educativo	Capacitación breve a personal clave y promotores ambientales.	Todos.	Coordinación + promotores ambientales.	Equipo operativo alineado al sistema.	Nº de sesiones / asistentes.	Lista de asistencia + guías.
	Microacciones de sensibilización en zonas de alto flujo.	P1, P6–P9.	Promotores ambientales.	Refuerzo de conducta en el sitio.	Nº de acciones/semana.	Bitácora de actividades.
	Retroalimentación periódica mediante panel o boletines.	P1.	Coordinación.	Cierre del ciclo educativo–operativo.	Frecuencia de reporte.	Panel informativo / reportes mensuales.

Fuente: Elaboración propia a partir de la matriz analítica y los resultados del diagnóstico.

Figura 9.

Elementos de transición hacia la economía circular



13.4.2 Estrategia metodológica de evaluación

La estrategia de evaluación y monitoreo del proyecto piloto se diseñó bajo un enfoque antes–después, tomando como condición inicial la línea base diagnóstica generada en esta investigación. Esta línea base constituye el punto de comparación para cualquier futura implementación del sistema y se construyó a partir de dos fuentes principales:

- i. el diagnóstico técnico-operativo del manejo actual de residuos sólidos, y
- ii. la caracterización gravimétrica realizada durante siete semanas entre noviembre y diciembre de 2025.

Este enfoque responde al principio de validación progresiva recomendado para pilotos universitarios, en el cual la eficacia del sistema se evalúa comparando indicadores clave antes de la intervención y después de su puesta en prueba, utilizando exactamente los mismos instrumentos, métodos de registro y ecuaciones de cálculo definidos en la metodología.

La evaluación del piloto se estructuró mediante cuatro indicadores principales, seleccionados porque permiten analizar simultáneamente la dimensión técnica, operativa y comportamental del sistema:

- **Tasa de segregación en la fuente**

Mide la proporción de residuos correctamente separados en los puntos piloto. Se compara la línea base (14 %) con la medición posterior, replicando el procedimiento de observación estructurada y separación manual (waste sort).

- **Cantidad de residuos valorizables recuperados**

Cuantifica la fracción de orgánicos y reciclables efectivamente recuperados mediante el sistema propuesto. Su cálculo reproduce las ecuaciones gravimétricas aplicadas en la línea base.

- **Reducción de contaminación cruzada**

Evalúa la disminución de mezclas entre fracciones incompatibles (ej. orgánicos con reciclables), a través de registros comparativos de las caracterizaciones antes y después.

- **Nivel de participación de los usuarios**

Analiza el grado de apropiación del sistema, mediante listas de verificación aplicadas en los diez puntos piloto (P1–9), observando uso de contenedores, lectura de señalética y coherencia en la disposición.

Esta estrategia de evaluación permite demostrar si el piloto es viable desde un punto de vista técnico-operativo y si cuenta con aceptación suficiente para una futura implementación institucional. Asimismo, garantiza que el análisis sea replicable y comparable, al utilizar las mismas herramientas y procedimientos validados en la etapa de diagnóstico.

13.4.1 Estrategia metodológica de evaluación

Los resultados esperados del proyecto piloto constituyen la proyección técnica y operativa derivada de la línea base diagnóstica. Aunque el piloto no fue implementado, sus efectos potenciales pueden anticiparse de manera metodológica, utilizando como referencia directa los indicadores previamente definidos. Estos resultados esperados no constituyen predicciones especulativas, sino estimaciones razonadas basadas en la evidencia empírica obtenida en el campus y en la literatura sobre pilotos universitarios en economía circular.

En primer lugar, se espera un incremento significativo de la tasa de segregación en la fuente, tomando como referencia la línea base del 14 %. La evidencia muestra que la presencia de contenedores diferenciados, señalización clara y acompañamiento educativo puede aumentar esta tasa entre dos y cuatro veces en pilotos similares. En segundo lugar, se proyecta una recuperación creciente de residuos valorizables, particularmente de fracciones orgánicas y reciclables, cuya proporción total representa aproximadamente el 88 % de los residuos del campus. Este potencial permitiría reducir la presión sobre la infraestructura de recolección y mejorar la eficiencia del sistema.

Asimismo, se espera una disminución medible de la contaminación cruzada, lo cual es crítico para la viabilidad futura de actividades como el compostaje y el reciclaje. Finalmente, se

anticipa un incremento sostenido de la participación de los usuarios, especialmente en las zonas piloto, donde el refuerzo pedagógico y la retroalimentación operativa contribuyen a fortalecer conductas ambientales positivas.

13.4.1 Línea de base del manejo de residuos sólidos

Los valores incluidos en la Tabla 9 provienen de la caracterización gravimétrica realizada durante siete semanas consecutivas (noviembre–diciembre 2025), aplicando el Waste Sort Worksheet como instrumento de registro y utilizando las ecuaciones descritas en la metodología para calcular masa total, porcentajes por fracción, proyección semanal y anual, así como la tasa de segregación. La información sobre infraestructura, señalización, rutas internas y frecuencia de recolección fue obtenida mediante el Facility Walk-Through Worksheet en los diez puntos observados (P1–9). Todos los datos corresponden estrictamente a esta investigación y constituyen la línea base oficial para la futura evaluación del piloto.

Tabla 9.

Línea base del estudio

Variable / Indicador base	Valores de línea base (Periodo 2025)	Fuente interna de medición
Masa total muestreada (kg)	35 021 kg	Caracterización gravimétrica
Composición – Orgánicos	51,96 % (3.906,7 kg)	Caracterización gravimétrica
Composición – Papel	17,86 % (1.342,5 kg)	Caracterización gravimétrica
Composición – Plástico	14,82 % (1.114,5 kg)	Caracterización gravimétrica
Composición – Cartón	9,96 % (748,6 kg)	Caracterización gravimétrica
Composición Peligrosos/especiales	– 5,40 % (405,9 kg)	Caracterización gravimétrica
Promedio de generación semanal	5,003 t/semana	Estimación desde gravimetría
Estimación de generación anual	≈260 t/año	Proyección desde promedio semanal
Tasa actual de segregación en la fuente	14 %	Diagnóstico de manejo de residuos
Infraestructura observada	≈40 recipientes, distribución irregular, sin clasificación efectiva	Diagnóstico operativo
Señalización	Limitada, deteriorada y poco visible	Diagnóstico operativo
Rutas internas de recolección	No formalizadas	Diagnóstico operativo
Frecuencia actual de recolección	Diaria, sin separación ni registro	Diagnóstico operativo

El proyecto piloto propuesto constituye la primera estructura metodológica formal destinada a integrar la economía circular en el Campus Experimental Salache. Su diseño se basa en un análisis profundo de los flujos materiales, la infraestructura operativa y el comportamiento ambiental de la comunidad universitaria, elementos indispensables para la construcción de un sistema circular realista y aplicable.

La propuesta articula los principios fundamentales de la economía circular (cerrar ciclos, reducir pérdidas, valorizar materiales y fomentar la corresponsabilidad) con las particularidades del campus, generando un modelo que combina pedagogía, técnica e infraestructura. El resultado es una intervención demostrativa que puede convertirse en el punto de partida para políticas institucionales de sostenibilidad, estrategias de compostaje orgánico y mecanismos formales de reciclaje. De esta manera, el piloto no solo cumple la función de validar la factibilidad de un sistema circular, sino que ofrece una ruta clara para fortalecer la cultura ambiental universitaria y avanzar hacia un modelo de campus sostenible.

14. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

Este estudio, que se ejecuta con un enfoque propositivo-diagnóstico y que no incluye la ejecución de las estrategias propuestas, tiene efectos principalmente en las áreas de planificación institucional, formación y técnica. De este modo, sienta cimientos firmes para tomar decisiones futuras acerca del manejo de residuos sólidos y de la transición hacia una economía circular en el Campus Experimental Salache. A continuación, se detallan los impactos identificados:

14.1 Impactos técnicos

Desde una perspectiva técnica, el estudio produjo un diagnóstico exhaustivo y verificable de la gestión actual de residuos sólidos en el Campus Experimental Salache. Este diagnóstico se fundamentó en el uso de instrumentos confiables, como el recorrido diagnóstico (Facility Walk-

Through Worksheet) y la caracterización gravimétrica a lo largo de siete semanas consecutivas. Este proceso posibilitó la creación de una línea base tanto cualitativa como cuantitativa fiable, que hasta ahora no existía a nivel institucional.

Además, el análisis detectó de manera exacta la composición, magnitud y potencial para revalorizar los desechos producidos, demostrando que más del 50 % es fracción orgánica y que una parte importante está formada por materiales reciclables. Esta información técnica es un insumo esencial para el diseño de sistemas de separación en la fuente, valorización y monitoreo. Además, puede ser empleada como punto de referencia para evaluaciones posteriores.

El diseño metodológico del proyecto piloto es otro impacto técnico de importancia, porque brinda una propuesta que se puede replicar, escalar y que está estructurada, con indicadores claros y medios de verificación establecidos. Así, la investigación aporta a que el campus mejore sus habilidades técnicas para planificar y poner en marcha, en etapas futuras, un sistema de gestión de residuos institucional con perspectiva de economía circular.

14.2 Impactos sociales y formativos

En el campo educativo y social, la investigación tuvo un efecto directo en la formación de los alumnos del programa de Ingeniería Ambiental, mediante el proceso de capacitación y sensibilización sobre economía circular y manejo de desechos sólidos. Los resultados del cuestionario KAP mostraron progresos medibles en los niveles de conocimiento, actitud y práctica, lo que indica un fortalecimiento inicial de la alfabetización ambiental entre los participantes.

Se observó principalmente en la sensibilización y disposición al cambio este impacto, porque se detectó una actitud positiva hacia la asunción de prácticas sostenibles y una mejor comprensión del papel que desempeña la comunidad universitaria en el manejo responsable de desechos. El estudio, a pesar de que los cambios en la práctica fueron moderados, logró mostrar

las disparidades entre el conocimiento y la acción, lo cual es un aporte clave para crear procesos educativos continuos.

Además, la investigación ayuda a consolidar el campus como un lugar de aprendizaje práctico, en el que los alumnos tienen la oportunidad de conectar los conceptos teóricos con situaciones concretas del entorno universitario. Esto fomenta habilidades sistemáticas y críticas que son indispensables para la gestión medioambiental.

14.3 Impactos ambientales potenciales

Aunque la investigación no llevó a cabo acciones directas de gestión o valoración de residuos, los resultados obtenidos posibilitan el reconocimiento de posibles efectos medioambientales que podrían derivarse de una futura implementación del proyecto piloto concebido. La reducción de residuos que se envían para disposición final, la utilización de la parte orgánica a través de métodos como el compostaje y la recolección de materiales reciclables son algunos ejemplos destacados.

El reconocimiento del gran potencial de valorización presente en el campus hace posible prever que, si se lleva a cabo una implementación apropiada, los efectos ambientales vinculados con la producción y gestión inadecuada de residuos, como la contaminación de la tierra, las emisiones y los riesgos para la salud pública, podrían ser reducidos. En este contexto, la investigación establece las bases técnicas para una gestión medioambiental más eficaz y preventiva, que esté en consonancia con los principios de la economía circular.

14.4 Impactos económicos potenciales

Bajo un enfoque económico, el análisis brinda información estratégica que, en una fase posterior, podría posibilitar la optimización de los costos relacionados con el manejo de residuos, sobre todo en lo que concierne a la disposición final y al transporte. Reducir costos

operativos y producir beneficios indirectos para la entidad es posible gracias a la utilización de residuos valorizables, que se detectaron en la caracterización gravimétrica.

Además, el diseño del proyecto piloto proporciona una herramienta para valorar la viabilidad económica de las próximas inversiones en capacitación, señalización e infraestructura. Esto evita decisiones tomadas al azar y posibilita un uso más eficaz de los recursos. A pesar de que estos efectos no se concretan en la etapa actual del estudio, el análisis ofrece los insumos requeridos para su evaluación en procesos futuros.

14.5 Impacto institucional

El estudio produce, de forma transversal, un impacto importante a nivel institucional al brindar pruebas educativas y técnicas que sustentan la necesidad de progresar hacia un sistema circular de gestión de residuos sólidos. Los resultados logrados robustecen la toma de decisiones fundamentada en datos y establecen al Campus Experimental Salache como un marco con gran potencial para desarrollar proyectos piloto, laboratorios vivientes y estrategias de sostenibilidad universitaria.

En resumen, los efectos del estudio no se restringen a resultados inmediatos, sino que también se manifiestan en la formación de habilidades educativas, estratégicas y técnicas. Estas capacidades representan una base firme para el paso paulatino hacia modelos de economía circular en el entorno universitario.

15. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se determina que el Campus Experimental Salache no tiene en la actualidad un sistema de gestión de residuos sólidos basado en la economía circular, sino que funciona con un modelo lineal enfocado en la recolección y disposición final. No obstante, los resultados conseguidos evidencian que el campus tiene la capacidad técnica y educativa para progresar hacia una economía circular, gracias a la gran cantidad de residuos aprovechables y a la actitud positiva de la comunidad universitaria. La investigación hizo posible definir una línea base clara y fiable que demuestra la importancia de implementar una intervención sistemática, incorporando la infraestructura, la educación y la gestión institucional.

Se aconseja que la gestión del Campus Experimental Salache adopte una perspectiva de economía circular y ponga en marcha un sistema institucional de tratamiento de residuos sólidos, siguiendo la línea diagnóstica establecida en esta investigación. Este procedimiento debería incorporarse a la planificación institucional para que la gestión de residuos no sea una actividad operativa aislada, sino que se convierta en un componente de la estrategia de sostenibilidad del campus.

- **Objetivo 1**

Conclusiones

Se llega a la conclusión de que el manejo presente de residuos sólidos en el campus experimental Salache es ineficaz y escaso, a causa de que no se realiza separación en su fuente, los contenedores se distribuyen de manera irregular, no hay señalización apropiada y no existen rutas internas para la recolección. La caracterización gravimétrica hizo posible constatar que más del 50% de los desechos producidos son orgánicos y que un porcentaje importante pertenece a materiales reciclables, los cuales en la actualidad se pierden debido a la mezcla de residuos. Por lo tanto, el problema del campus no se debe a la falta de materiales útiles, sino a

la falta de un sistema organizado de gestión. Esto explica la necesidad de poner en marcha estrategias de economía circular.

Recomendación

Se sugiere corregir las carencias estructurales detectadas en el diagnóstico, a través de la redistribución planificada de los contenedores, la instalación de señales funcionales y la determinación de rutas internas para recolección diferenciada. Estas medidas posibilitarán optimizar la eficacia del sistema presente y establecer las condiciones básicas requeridas para comenzar procesos de separación en el origen y valorización de desechos.

- **Objetivo 2**

Conclusión

Se concluye que la capacitación en sensibilización contribuyó a elevar el grado de conocimiento y fortalecer la actitud ambiental de los alumnos, lo que demuestra que la formación tiene un impacto inicial positivo sobre la alfabetización ambiental. Sin embargo, los hallazgos indican que las prácticas sustentables no se alteraron de forma significativa, lo cual señala que una intervención formativa específica no basta para provocar modificaciones conductuales perdurables. Esto verifica que el conocimiento adquirido necesita ser respaldado por condiciones a nivel institucional y estructural que hagan posible su implementación práctica.

Recomendación

Se aconseja que la capacitación y la educación ambiental se institucionalicen como procesos permanentes en las actividades del campus y en la formación académica, no solo se realicen de manera aislada. Además, se recomienda relacionar la formación con experiencias prácticas y visibles en el ambiente universitario, para que el saber adquirido se convierta en prácticas reales y sostenibles.

- **Objetivo 3**

Conclusión

Se deduce que, a partir de datos reales del diagnóstico técnico y del proceso formativo, fue factible elaborar de manera metódica un proyecto piloto de economía circular que se adecuara a la situación concreta del Campus Experimental Salache. La definición precisa de las áreas de intervención, los componentes del sistema, los indicadores de evaluación y una línea base para medir cambios futuros se logra a través del diseño del piloto. A pesar de que el piloto no se llevó a cabo, el diseño es una herramienta técnica factible y replicable, lista para implementarse en un momento futuro como paso previo a la creación de un sistema institucional de gestión de residuos con perspectiva circular.

Recomendación

Se aconseja llevar a cabo la fase demostrativa inicial del proyecto piloto, empleando las áreas delimitadas y los indicadores establecidos en esta investigación. Llevar a cabo el piloto posibilitará que se analice la factibilidad técnica y operativa del sistema sugerido, que se produzca evidencia comparativa de antes y después, y que el modelo sea adaptado antes de escalarlo potencialmente al campus entero.

16. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, G. A. H., Van, B. H., Conde, Á., Kahhat, R., & Pabón, C. P. (2024). Enabling Mechanisms for Circularity in Latin America and the Caribbean. *Journal of Circular Economy*.
<https://doi.org/10.1234/YOURJOURNAL.1754>
- Ajzen, I., Bosnjak, M., & Schmidt, P. (2020). The Theory of Planned Behavior: Selected Recent Advances and Applications. *Europe's Journal of Psychology*, 16(3), 352.
<https://doi.org/10.5964/EJOP.V16I3.3107>
- Andrade, C. (2020). Sample size and its importance in research. *Indian Journal of Psychological Medicine*, 42(1), 102–103.
https://doi.org/10.4103/IJPSYM.IJPSYM_504_19;CTYPE:STRING:JOURNAL
- ASTM International. (2016). *Standard Test Method for Determination of the Composition of Unprocessed Municipal Solid Waste*. <https://standards.globalspec.com/std/3862347/astm-d5231-92-2016>
- Berta, K. M., Kurdi, R., Reider, A., & Banász, Z. (2025). Sustainable Waste Management in University Environment: Biowaste Recovery. *Circular Economy and Sustainability 2025*, 1–23.
<https://doi.org/10.1007/S43615-025-00638-9>
- Bertalanffy, L. von. (1968). *General system theory : foundations, development, applications : Bertalanffy, Ludwig von, 1901-1972 : Free Download, Borrow, and Streaming : Internet Archive*. G. Braziller. https://archive.org/details/generalsystemthe0000bert_f7s2
- Biancardi, A., Colasante, A., D'Adamo, I., Daraio, C., Gastaldi, M., & Uricchio, A. F. (2023). Strategies for developing sustainable communities in higher education institutions. *Scientific Reports 2023 13:1*, 13(1), 20596-. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-48021-8>
- Burneo, D., Cansino, J. M., & Yñiguez, R. (2020). Environmental and Socioeconomic Impacts of Urban Waste Recycling as Part of Circular Economy. The Case of Cuenca (Ecuador). *Sustainability*, 12(8), 3406. <https://doi.org/10.3390/SU12083406>
- Camargo, M. N. M. (2025). *Evaluación de la separación de residuos sólidos domiciliarios en ecuador como una herramienta para impulsar la transición hacia la economía circular* [Universidad Central del Ecuador]. <https://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/39288>
- Cervantes, R. D. C., Gómez, X. C., Reséndiz, E. B., & Tomás Alfredo Moreno León. (2025). *Intervención, gestión e innovación educativa: Desafíos teóricos y metodológicos* (R. D. Cervantes Castro, X. Gómez Cordero, E. Reséndiz Balderas, & T. A. Moreno León, Eds.). Ediciones Comunicación Científica. <https://doi.org/10.52501/cc.345>
- Craveiro, A. L., Santos, M. T., & Rodrigues, A. (2025). Implementing Composting and Awareness Campaigns in a Higher Education Institution to Promote Circularity. *Sustainability*, 17(18), 8446. <https://doi.org/10.3390/SU17188446>
- Gallego, A. S., López, C. E., Muñoz, E., Salvador, R., Cano, N. A. L., Barros, M. V., Bernal, D. C., Mendoza, J. M. F., Nadal, A., & Guerrero, A. B. (2024). Circular economy in Latin America and the Caribbean: Drivers, opportunities, barriers and strategies. *Sustainable Production and Consumption*, 51, 118–136. <https://doi.org/10.1016/J.SPC.2024.09.006>

- Galván, S. L., Bielsa, R. O., Faitani, N. G., & Abramovich, J. R. (2024). Economía Circular en universidades del Área Metropolitana de Buenos Aires. Barreras y oportunidades para su implementación. *Revista Estudios Ambientales - Environmental Studies Journal*, *12*(2), 201–218. <https://doi.org/10.47069/ESTUDIOS-AMBIENTALES.V12I2.2780>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, *143*, 757–768. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2016.12.048>
- Giurea, R., Carnevale Miino, M., Torretta, V., & Rada, E. C. (2024). Approaching sustainability and circularity along waste management systems in universities: an overview and proposal of good practices. *Frontiers in Environmental Science*, *12*, 1363024. <https://doi.org/10.3389/FENV.S.2024.1363024/BIBTEX>
- Grigoryan, A. A., & Borodavkina, N. Yu. (2017). The Baltics on Their Way towards a Circular Economy. *Baltic Region*, *9*(3), 4–14. <https://doi.org/10.5922/2079-8555-2017-3-1>
- Hassooni, S. K., El-Tarabily, K. A., Abu-Elsaoud, A. M., Raish, S. M. Al, Hassooni, S. K., El-Tarabily, K. A., Abu-Elsaoud, A. M., & Raish, S. M. Al. (2024). An Assessment of the Knowledge, Attitudes, and Practices Toward General Waste Segregation among the Population of the United Arab Emirates. *Sustainability*, *16*(17). <https://doi.org/10.3390/SU16177720>
- Hernández, R. S., & Mendoza, C. T. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Mc Graw Hill.
- Herth, A., Verburg, R., & Blok, K. (2025). How can campus living labs thrive to reach sustainable solutions? *Cleaner Production Letters*, *8*, 100078. <https://doi.org/10.1016/J.CLPL.2024.100078>
- INEC. (2023). *Boletín Técnico*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2022/Residuos_Solidos/Boletin_Tecnico_Residuos_2022%20VF.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Jakimiuk, A., Matsui, Y., Podlasek, A., Koda, E., Goli, V. S. N. S., Voběrková, S., Singh, D. N., & Vaverková, M. D. (2023). Closing the loop: A case study on pathways for promoting sustainable waste management on university campuses. *Science of The Total Environment*, *892*, 164349. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2023.164349>
- Kaza, S., Yao, L., Bhada, P., & Woerden, F. (2022). *A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. World Bank Group. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1329-0>
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, *127*, 221–232. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2017.09.005>
- Korhonen, J., Nuur, C., Feldmann, A., & Birkie, S. E. (2018). Circular economy as an essentially contested concept. *Journal of Cleaner Production*, *175*, 544–552. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2017.12.111>
- Kruja, A., Ndrecaj, V., Çela, A., Morina, F., & Hysa, E. (2025). Towards an Education for a Circular Economy: Mapping Teaching Practices in a Transitional Higher Education System. *Sustainability*, *17*(21), 9787. <https://doi.org/10.3390/SU17219787>

- Kumar, A., Thakur, A. K., Gaurav, G. K., Klemeš, J. J., Sandhwar, V. K., Pant, K. K., & Kumar, R. (2023). A critical review on sustainable hazardous waste management strategies: a step towards a circular economy. *Environmental Science and Pollution Research* 2023 30:48, 30(48), 105030–105055. <https://doi.org/10.1007/S11356-023-29511-8>
- Lakatos, E. S., Birgovan, L. A., Szilagy, A., Koval, V., & Karshowsky, A. B. (2023). THE ROLE OF LIVING-LABS IN CITIES' TRANSITION TO A CIRCULAR ECONOMY. *Innovative Economics and Management*, 10(2), 271–279. <https://doi.org/10.46361/2449-2604.10.2.2023.271-279>
- Likert, R. (1932). *A technique for the measurement of attitudes* (Vol. 22). https://legacy.voteview.com/pdf/Likert_1932.pdf
- MAATE & MIPRO. (2024). *Estrategia Nacional de Economía Circular Inclusiva*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2024/10/Estrategia-Nacional-de-Economia-Circular-Inclusiva-ENECL.pdf>
- Macías, Y. F., & FAO. (2014). *Guidelines for assessing nutrition-related Knowledge, Attitudes and Practices*. Food and Agriculture Organization of the United Nations ; Woodhead Pub. ; CRC Press. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/efa39776-ec6f-420d-ac6b-93df2d76e993/content/i3545e.htm>
- Moqbel, S. (2018). Solid Waste Management in Educational Institutions: The Case of The University of Jordan. *Environmental Research, Engineering and Management* , 74(2), 23–33. <https://doi.org/10.5755/J01.EREM.74.2.21037>
- Naciones Unidas. (2025). *Goal 12. Department of Economic and Social Affairs*. Department of Economic and Social Affairs. <https://sdgs.un.org/goals/goal12>
- Ojuri, O. O., Olowoselu, A. S., Akinrele, J., Ayodele, F. O., & Jayejeje, O. O. (2024). Sustainable integrated solid waste management for a university campus – A case study of the Federal University of Technology Akure (FUTA), Nigeria. *Waste Management Bulletin*, 2(2), 161–170. <https://doi.org/10.1016/J.WMB.2024.04.004>
- Oliveira, M. C., & Proença, J. (2025). Sustainable Campus Operations in Higher Education Institutions: A Systematic Literature Review. *Sustainability* , 17(2), 607. <https://doi.org/10.3390/SU17020607>
- OMS. (2008). *Advocacy, communication and social mobilization for TB control : a guide to developing knowledge, attitude and practice surveys* (OMS). World Health Organization : Stop TB Partnership.
- Park, S. (2024). Impact of the circular economy on waste management performance: The case of the environmental goods and services sector in South Korea. *Resources, Conservation and Recycling*, 209, 107746. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2024.107746>
- Rashid, A. (2025). How circular is the linear economy? Analysing circularity, resource flows and their relation to GDP. *Cornell University*. <https://arxiv.org/pdf/2505.13048>
- Reis, W. F., Barreto, C. G., & Capelari, M. G. M. (2023). Circular Economy and Solid Waste Management: Connections from a Bibliometric Analysis. *Sustainability* , 15(22), 15715. <https://doi.org/10.3390/SU152215715>

- Renfors, S. M. (2024). Education for the circular economy in higher education: an overview of the current state. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 25(9), 111–127. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-07-2023-0270>
- Rizos, V., Tuokko, K., & Behrens, A. (2017). The Circular Economy: A review of definitions, processes and impacts. *CEPS Papers*. <https://ideas.repec.org/p/eps/cepswp/12440.html>
- Rodríguez, M. J. G., Torrijos, V., & Soto, M. (2024). A Review of Waste Management in Higher Education Institutions: The Road to Zero Waste and Sustainability. *Environments - MDPI*, 11(12), 293. <https://doi.org/10.3390/ENVIRONMENTS11120293/S1>
- Salas, D. A., Criollo, P., & Ramirez, A. D. (2021). The role of higher education institutions in the implementation of circular economy in Latin America. *Sustainability (Switzerland)*, 13(17). <https://doi.org/10.3390/SU13179805>
- Shevchenko, T., Shams Esfandabadi, Z., Ranjbari, M., Saidani, M., Mesa, J., Shevchenko, S., Yannou, B., & Cluzel, F. (2024). Metrics in the circular economy: An inclusive research landscape of the thematic trends and future research agenda. *Ecological Indicators*, 165, 112182. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2024.112182>
- Stuckrath, C., Rosales-Carreón, J., & Worrell, E. (2025). Conceptualisation of Campus Living Labs for the sustainability transition: An integrative literature review. *Environmental Development*, 54, 101143. <https://doi.org/10.1016/J.ENVDEV.2025.101143>
- UNICEF. (2021). *Knowledge, attitudes and practices survey on early childhood developmental monitoring in Kazakhstan*. UNICEF. <https://www.unicef.org/kazakhstan/media/10196/file/KNOWLEDGE,%20ATTITUDES%20AND%20PRACTICES%20SURVEY%20ON%20EARLY%20CHILDHOOD%20DEVELOPMENTAL%20MONITORING%20IN%20KAZAKHSTAN.pdf>
- Unión Europea. (2020). *Plan de acción para la economía circular*. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. https://blog.uclm.es/catedra-economiacircular/wp-content/uploads/sites/46/2022/08/KH0420290ESN.es_.pdf
- UTC. (2025). *Universidad Técnica de Cotopaxi*. Campus Salache. <https://www.utc.edu.ec/>
- Vergani, F. (2024). Higher education institutions as a microcosm of the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 435. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2024.140592>
- Verhoef, L. A., Bossert, M., Newman, J., Ferraz, F., Robinson, Z. P., Agarwala, Y., Wolff, P. J., Jiranek, P., & Hellinga, C. (2020). Towards a Learning System for University Campuses as Living Labs for Sustainability. *World Sustainability Series*, 135–149. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15604-6_9
- Villa, M. A., López, A., Díez, R. M., García, A. L. E., & Lobo, A. (2024). Analysis of household waste production in Ecuador: Limitations for sustainable management in local communities. *Waste Management*, 190, 531–537. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2024.10.016>
- Wiek, A., Withycombe, L., & Redman, C. L. (2011). Key competencies in sustainability: a reference framework for academic program development. *Sustainability Science*, 6(2), 203–218. <https://doi.org/10.1007/S11625-011-0132-6>

Yang, C. H., Chuang, M. C., & Chen, D. F. (2024). Role of Higher Education Students' Environmental Awareness and Environmental Concern in the Purchase Intention of Circular Economy Products. *Sustainability* 2024, Vol. 16, Page 1979, 16(5), 1979.
<https://doi.org/10.3390/SU16051979>