

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

“Comparación de la eficacia en la reducción de los residuos orgánicos domiciliarios utilizando dos especies de cucarachas (Periplaneta americana y Blattella germanica) en la ciudad de Huánuco – Perú 2025”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA: Rojas Niño, Rossy

ASESOR: Vásquez Baca, Yasser

HUÁNUCO – PERÚ

2025

U

D

H

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Contaminación ambiental
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería ambiental

Disciplina: Ingeniería ambiental y geología

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniera ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 46993670

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 42108318

Grado/Título: Titulo con carácter provisional del título universitario oficial de máster universitario en planificación territorial y gestión ambiental

Código ORCID: 0000-0002-7136-697X

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Cámara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
2	Inga Caqui, Jhendy Milagros	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	72361661	0009-0006-2217-1494
3	Valdivia Martel, Perfecta Sofia	Maestro en ingeniería con mención: gestión ambiental y desarrollo sostenible	43616954	0000-0002-7194-3714



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 18:00 horas del día 12 del mes de diciembre del año 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

- Mg. Frank Erick Camara Llanos (Presidente)
- Mg. Jhendy Milagros Inga Caqui (Secretario)
- Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 2689-2025-D-FI-UDH** para evaluar la Tesis intitulada: **"COMPARACIÓN DE LA EFICACIA EN LA REDUCCIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS UTILIZANDO DOS ESPECIES DE CUCARACHAS (*Periplaneta americana* y *Blatella germanica*) EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - PERÚ 2025"**, presentado por el (la) Bach. **ROJAS NIÑO, ROSSY** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) aprobada Por unanimidad con el calificativo cuantitativo de 14 y cualitativo de suficiente (Art. 47)

Siendo las 19:00 horas del día 12 del mes de Diciembre del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Mg. Frank Erick Camara Llanos
DNI: 44287920
ORCID: 0000-0001-9180-7405
Presidente

Mg. Jhendy Milagros Inga Caqui
DNI: 72361661
ORCID: 0009-0006-2217-1494
Secretario

Mg. Perfecta Sofia Valdivia Martel
DNI: 43616954
ORCID: 0000-0002-7194-3714
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: ROSSY ROJAS NIÑO, de la investigación titulada "COMPARACIÓN DE LA EFICACIA EN LA REDUCCIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS UTILIZANDO DOS ESPECIES DE CUCARACHAS (PERIPLANETA AMERICANA Y BLATTELLA GERMANICA) EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO - PERÚ 2025", con asesor(a) YASSER VASQUEZ BACA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1176-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 13 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 03 de noviembre de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA
D.N.I.: 71345687
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

258. Rojas Niño, Rossy.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.ucsp.edu.pe

Fuente de Internet

2%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

3

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

2%

4

dspace.unitru.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

repositorio.continental.edu.pe

Fuente de Internet

<1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO

D.N.I.: 47074047

cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA

D.N.I.: 71345687

cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a Dios, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para alcanzar mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

Dedico mi tesis a todos los integrantes de mi familia, por estar a mi lado en los momentos de felicidad y tristeza, por ayudarme a construir mis sueños.

A la Universidad de Huánuco y en especial a la Facultad de ingeniería que me dio la oportunidad de formar parte de ellas. ¡Gracias!

AGRADECIMIENTO

A todos los integrantes de mi familia y a Dios por darme salud para alcanzar mis objetivos.

Agradezco a la Universidad de Huánuco por su invaluable apoyo en mi formación académica. De igual manera, elogio el profesionalismo y conocimiento de mi asesor. Agradezco a mis amigos y compañeros por las risas y el apoyo durante toda la carrera.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
INTRODUCCIÓN	XII
CAPÍTULO I	14
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	16
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	16
1.3. OBJETIVOS.....	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	17
1.4.2. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	18
1.4.3. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	19
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.6.1. RECURSO HUMANO	19
1.6.2. RECURSO FINANCIERO	20
1.6.3. RECURSO MATERIAL	20
CAPÍTULO II	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	21
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	21
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	22

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES.....	23
2.2. BASES TEÓRICAS	25
2.2.1. MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL RELACIONADAS A RR.SS.	25
2.2.2. DEFINICIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS	25
2.2.3. TIPO DE RESIDUOS SÓLIDOS	25
2.2.4. IMPORTANCIA DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS ALIMENTARIOS	26
2.2.5. RESIDUOS SÓLIDOS A NIVEL NACIONAL.....	26
2.2.6. MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	27
2.2.7. RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS.....	28
2.2.8. RESTOS DE COMIDA	28
2.2.9. LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA.....	28
2.2.10. PROCESO DE DEGRADACIÓN.....	28
2.2.11. MATERIA ORGÁNICA	28
2.2.12. APROVECHAMIENTO Y GENERACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS	30
2.2.13. ORIGEN DE LA MATERIA PRIMA	30
2.2.14. CUCARACHAS	31
2.2.15. LA CUCARACHA COMO PLAGA	31
2.2.16. LAS HECES DE LA CUCARACHA.....	31
2.2.17. CONTROL DE CUCARACHAS.....	32
2.2.18. DIFERENCIA VISUAL DE LAS DOS ESPECIES DE CUCARACHAS	32
2.2.19. CUCARACHA AMERICANA PERIPLANETA AMERICANA.....	33
2.2.20. IMPORTANCIA EN LA SALUD PÚBLICA.....	36
2.2.21. MICROORGANISMOS PRESENTES EN LAS CUCARACHAS	36
2.2.22. CUCARACHA ALEMANA <i>BLATELLA GERMANICA</i>	36
2.2.23. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS	41
2.2.24. APOORTE MÉDICO DE LAS CUCARACHAS	42

2.2.25. BIODEGRADACIÓN Y SUS MECANISMOS	42
2.2.26. BIOCONVERSIÓN.....	43
2.2.27. FACTORES QUE AFECTAN LA BIODEGRADACIÓN	43
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	44
2.3.1. RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS	44
2.3.2. BIODEGRADACIÓN.....	44
2.3.3. BIOCONVERSIÓN.....	44
2.3.4. PERIPLANETA AMERICANA.....	44
2.3.5. BLATTELLA GERMANICA	44
2.3.6. TEMPERATURA.....	45
2.3.7. HUMEDAD.....	45
2.3.8. TIPO DE SUSTRATO	45
2.4. HIPÓTESIS	45
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	45
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	45
2.5. VARIABLES.....	46
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE	46
2.5.2. VARIBALE INDEPENDIENTE.....	46
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	47
CAPÍTULO III.....	48
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	48
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	48
3.1.1. ENFOQUE	48
3.1.2. ALCANCE O NIVEL	48
3.1.3. DISEÑO	49
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	50
3.2.1. POBLACIÓN	50
3.2.2. MUESTRA.....	50
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	51
3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	51
3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS	54

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	55
CAPÍTULO IV.....	58
RESULTADOS.....	58
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	58
4.1.1. RESULTADOS GLOBALES POR TRATAMIENTO	58
4.1.2. EVOLUCIÓN DE LA REDUCCIÓN DURANTE EL ESTUDIO	59
4.1.3. CONSISTENCIA ENTRE REPETICIONES Y SÍNTESIS DESCRIPTIVA	61
4.1.4. CONDICIONES AMBIENTALES DEL ENSAYO	62
4.2. CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS	62
4.2.1. HIPÓTESIS GENERAL (H1)	63
4.2.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1 (HE1)	65
4.2.3. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2 (HE2)	66
4.2.4. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3 (HE3)	69
CAPÍTULO V.....	71
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	71
5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN	71
5.1.1. RESPECTO AL OBJETIVO GENERAL	71
5.1.2. RESPECTO AL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO.....	72
5.1.3. RESPECTO AL SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO.....	73
5.1.4. RESPECTO AL TERCER OBJETIVO ESPECÍFICO	73
5.1.5. INTEGRACIÓN DE LOS HALLAZGOS.....	74
CONCLUSIONES	76
RECOMENDACIONES.....	78
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79
ANEXOS.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Manejo de residuos sólidos.....	27
Tabla 2 Matriz de operacionalización de variables	47
Tabla 3 Diseño experimental	50
Tabla 4 Reducción final al cierre del periodo	58
Tabla 5 Estadísticos descriptivos de la reducción (%) durante el periodo experimental.	61
Tabla 6 Verificación de supuestos estadísticos para la comparación entre especies.....	63
Tabla 7 Prueba t de Student para la evaluación final.....	64
Tabla 8 Prueba t de Student para comparación entre especies en la serie temporal.....	65
Tabla 9 Correlaciones entre variables ambientales y reducción	68
Tabla 10 Comparación de tratamientos con cucarachas vs. grupo control...	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Cucaracha americana (Periplaneta americana) y cucaracha alemana (Blattella germanica).	32
Figura 2 Cucaracha Periplaneta americana.....	33
Figura 3 Ciclo de vida de la cucaracha americana (Periplaneta americana)	35
Figura 4 Cucaracha Blattella germanica	37
Figura 5 Ciclo de vida de la cucaracha Blattella germanica.....	39
Figura 6 Reducción final de residuos por tratamiento (%)	59
Figura 7 Evolución de la reducción por evaluación (%)	60
Figura 8 Distribución de la reducción (%) por tratamiento	61
Figura 9 Comparación final por especie	64
Figura 10 Reducción media por especie en la serie	65
Figura 11 Temperatura vs. reducción (serie de 16 evaluaciones)	67
Figura 12 Humedad relativa vs. reducción (serie de 16 evaluaciones).....	67
Figura 13 Reducción media por tratamiento (serie)	69

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue determinar cuál de las dos especies de cucarachas, *Periplaneta americana* y *Blattella germanica*, resulta más eficaz en la reducción de residuos orgánicos domiciliarios cuando se trabaja en condiciones controladas. Se usó un enfoque cuantitativo con diseño cuasiexperimental. El estudio trabajó con un total de 14,400 gramos de residuos orgánicos distribuidos en 16 evaluaciones consecutivas de 48 horas cada una, con cuatro réplicas por tratamiento (50 individuos por réplica) y un grupo control sin intervención biológica. Los resultados mostraron que *Periplaneta americana* logró una reducción final del 79%, mientras que *Blattella germanica* alcanzó el 50%. En comparación, el grupo control apenas redujo un 25% debido únicamente a descomposición natural. Las diferencias entre ambas especies fueron estadísticamente significativas, lo que confirma que *P. americana* es superior en el procesamiento de residuos. Además, se encontró que temperaturas más elevadas (entre 21°C y 30°C) favorecieron una mayor reducción de residuos, mientras que la humedad se mantuvo constantemente alta (70-81%) durante todo el experimento. Se concluye que ambas especies representan alternativas viables para el tratamiento biológico de residuos orgánicos, siendo *P. americana* la más eficaz bajo las condiciones evaluadas. Este estudio ofrece una opción práctica y sostenible para la gestión de residuos en contextos urbanos y rurales.

Palabras claves: Residuos orgánicos, biodegradación, cucarachas, *Periplaneta americana*, *Blattella germanica*.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine which of the two cockroach species, *Periplaneta americana* and *Blattella germanica*, is most effective at reducing household organic waste under controlled conditions. A quantitative approach with a quasi-experimental design was used. The study employed a total of 14,400 grams of organic waste distributed over 16 consecutive 48-hour evaluations, with four replicates per treatment (50 individuals per replicate) and a control group without biological intervention. The results showed that *Periplaneta americana* achieved a final reduction of 79%, while *Blattella germanica* reached 50%. In comparison, the control group only reduced 25% due solely to natural decomposition. The differences between the two species were statistically significant, confirming the superiority of *P. americana* in waste processing. Furthermore, higher temperatures (between 21°C and 30°C) were found to favor greater waste reduction, while humidity remained consistently high (70–81%) throughout the experiment. It is concluded that both species represent viable alternatives for the biological treatment of organic waste, with *P. americana* being the most effective under the conditions evaluated. This study offers a practical and sustainable option for waste management in urban and rural settings.

Keywords: Organic waste, biodegradation, cockroaches, *Periplaneta americana*, *Blattella germanica*.

INTRODUCCIÓN

La creciente generación de residuos sólidos en las ciudades representa uno de los principales desafíos ambientales de la actualidad. En el Perú, la mayoría de estos residuos corresponde a materia orgánica, generada sobre todo en los hogares. La falta de un tratamiento adecuado no solo ocasiona impactos negativos sobre el ambiente, sino que también implica riesgos para la salud pública y representa una carga adicional para los sistemas de gestión municipal (MINAM, 2022).

En Huánuco, cada persona genera aproximadamente 0.60 kg de residuos orgánicos al día, lo que suma cerca de 120 toneladas diarias en toda la ciudad. Según la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental (DESA, 2014), alrededor del 60% de estos residuos son biodegradables y provienen principalmente de restos de alimentos y materiales vegetales. Sin embargo, la ciudad no cuenta con sistemas eficientes para aprovechar esta materia orgánica, lo que resulta en la acumulación de basura en las calles y la sobrecarga de los espacios de disposición final. Esta situación ha incrementado la contaminación ambiental y representa un riesgo para la salud, especialmente en los sectores más vulnerables.

Frente a esta problemática, en los últimos años se han explorado alternativas sostenibles para el manejo de residuos orgánicos. Entre ellas está el uso de organismos vivos capaces de degradar materia orgánica. Las cucarachas, aunque comúnmente son vistas como plagas, han demostrado tener una gran capacidad para degradar residuos orgánicos de manera eficiente, económica y con bajo impacto ambiental (Jesús, 2020; Espinoza, 2020; Vásquez, 2023).

En particular, *Periplaneta americana* y *Blattella germanica* son especies de cucarachas muy comunes en zonas urbanas y fáciles de mantener en condiciones controladas, lo que las convierte en opciones viables para estudios sobre degradación de residuos. Ambas especies tienen características favorables: pueden digerir diversos tipos de residuos orgánicos, se reproducen rápidamente y se adaptan bien a diferentes condiciones de temperatura y humedad.

Sin embargo, en el contexto peruano y sobre todo en Huánuco, aún faltan estudios que comparen directamente la eficacia de ambas especies en condiciones controladas. También es importante evaluar cómo influyen factores como la temperatura y la humedad en el proceso, y comparar su desempeño con la descomposición natural que ocurre sin ninguna intervención.

En ese marco, la presente investigación propone una alternativa innovadora y de bajo costo para el manejo de residuos domiciliarios orgánicos. Se busca evaluar cuál de estas dos especies es más eficaz y si su uso podría representar una solución práctica para entornos urbanos y rurales, ayudando a reducir la presión sobre los sistemas convencionales de gestión de residuos.

Por tanto, el objetivo de este estudio fue determinar la eficacia comparativa de *Periplaneta americana* y *Blattella germanica* en la reducción de residuos orgánicos domiciliarios bajo condiciones controladas, considerando la influencia de la temperatura y la humedad, y comparando su desempeño con un grupo control sin intervención. Para ello, se hicieron 16 evaluaciones consecutivas durante un mes trabajando con cuatro réplicas por cada especie y registrando sistemáticamente todas las variables de estudio.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En los últimos años, el crecimiento poblacional ha generado un aumento considerable en la producción de residuos orgánicos, especialmente en zonas urbanas. A pesar de ello, muchas personas no son del todo conscientes del impacto ambiental que puede ocasionar su inadecuado manejo, como los malos olores o la emisión de gases que contribuyen al cambio climático (Banco Mundial, 2018).

Gran parte de estos residuos proviene de los hogares y no suele ser separada ni reciclada. Por ello, terminan en botaderos donde se descomponen y liberan gases como el metano y el dióxido de carbono, lo que agrava el deterioro del ambiente (Barradas, 2009).

Aunque se han logrado avances hacia modelos de desarrollo más sostenibles, el incremento de residuos orgánicos sigue siendo un reto importante para los gobiernos, ya que afecta directamente al bienestar de la población y dificulta una adecuada planificación urbana (Aguirre, 2016).

En América Latina, este problema es aún más crítico. En países como Colombia, por ejemplo, los residuos domésticos suelen depositarse en rellenos sanitarios que muchas veces presentan deficiencias en su operación, facilitando la filtración de sustancias contaminantes (Nogueira & Olivero, 2010).

Uno de los principales riesgos en estos lugares son los lixiviados, líquidos que arrastran materiales peligrosos y que pueden afectar tanto el suelo como las aguas superficiales y subterráneas, comprometiendo la salud pública y el equilibrio de los ecosistemas (Giraldo, 2001).

A nivel doméstico, se estima que el 50% de los residuos generados corresponde a materia orgánica biodegradable como restos de comida, cáscaras, hojas y papel. Este tipo de residuos puede ser aprovechado en la producción de fertilizantes naturales, como el o el bocashi, reduciendo la necesidad de fertilizantes químicos y contribuyendo a una gestión más eficiente de los residuos (Greenpeace, 2017).

Cuando estos residuos no se tratan adecuadamente, pueden generar ácidos que disuelven metales pesados, los cuales se filtran al suelo a través del agua, afectando su calidad (Greenpeace, 2017). Además, el mal manejo de los residuos, sobre todo en grandes ciudades, sigue siendo un problema constante a pesar de los esfuerzos realizados. En Lima, por ejemplo, se generan más de 8000 toneladas diarias de residuos, pero solo se valoriza el 1% de ellos (Greenpeace, 2017).

En regiones como Huancavelica, la falta de conocimiento sobre el tratamiento de los residuos orgánicos ha contribuido a la aparición de botaderos informales, lo que incrementa los riesgos sanitarios. A pesar de campañas de sensibilización, la falta de conciencia ambiental aún representa un obstáculo (Espinoza et al., 2020).

En Huánuco, la generación per cápita de residuos orgánicos se estima en 0.60 kg diarios por persona, lo que equivale a unas 120 toneladas cada día. Según la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental (DESA, 2014), aproximadamente el 60% de estos residuos son biodegradables y provienen de restos de alimentos y materiales vegetales. Esta proporción evidencia una oportunidad para implementar soluciones sostenibles que disminuyan la acumulación de residuos desde su origen.

La acumulación de desechos en las calles, causada por demoras en su recolección o por una gestión inadecuada, ha incrementado la contaminación y el riesgo sanitario, especialmente en sectores vulnerables. Por ello, es necesario investigar nuevas estrategias que puedan complementar o mejorar los métodos tradicionales como el compostaje o la biodigestión.

Una alternativa que ha sido poco explorada, pero que muestra resultados prometedores, es el uso de insectos detritívoros como agentes biorreductores. En este estudio se seleccionaron dos especies de cucarachas; *Periplaneta americana* y *Blattella germanica* por su capacidad para consumir materia orgánica en descomposición, su resistencia a variaciones ambientales y su facilidad de crianza en condiciones controladas. Estas especies presentan ciclos de vida breves, un metabolismo elevado y un sistema digestivo que les permite degradar eficientemente residuos orgánicos, como ha sido demostrado en investigaciones anteriores (Espinoza, 2020; Vásquez, 2023).

Por ello, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la eficacia de estas dos especies en la reducción de residuos orgánicos domiciliarios, bajo condiciones controladas, para identificar cuál de ellas presenta un mejor desempeño como agente biorreductor.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la eficacia comparativa de *Periplaneta americana* y *Blattella germanica* en la reducción de residuos orgánicos domiciliarios bajo condiciones controladas en la ciudad de Huánuco?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es la diferencia en la eficiencia de reducción de residuos orgánicos domiciliarios entre las especies *Periplaneta americana* y *Blattella germanica* en la ciudad de Huánuco?
- ¿Cómo influye la temperatura y la humedad en la reducción de residuos orgánicos domiciliarios entre las especies *Periplaneta americana* y *Blattella germanica*?
- ¿Qué diferencias existen en la reducción de residuos orgánicos domiciliarios entre los tratamientos con cucarachas y el grupo control sin intervención, a lo largo de las diferentes evaluaciones?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la eficacia comparativa de reducción de residuos orgánicos domiciliarios utilizando las especies *Periplaneta americana* y *Blattella germanica* bajo condiciones controladas, en la ciudad de Huánuco, 2025.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar la eficiencia en la reducción de residuos orgánicos domiciliarios entre *Periplaneta americana* y *Blattella germanica* en la ciudad de Huánuco 2025.
- Analizar la relación entre la temperatura y la humedad ambiental con el porcentaje de reducción de residuos orgánicos domiciliarios

por las especies *Periplaneta americana* y *Blattella germanica* en la ciudad de Huánuco 2025.

- Comparar la reducción de residuos alcanzada por los tratamientos con cucarachas respecto al grupo control, en cada una de las evaluaciones realizadas, en la ciudad de Huánuco 2025.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La contaminación ambiental generada diariamente tiene un impacto significativo sobre los ecosistemas y la salud pública, especialmente en zonas urbanas donde la gestión de residuos es deficiente. En este contexto, los residuos orgánicos domiciliarios representan una fracción importante de los desechos generados, cuya inadecuada disposición incrementa la contaminación del suelo, el aire y el agua, y favorece la proliferación de enfermedades (Banco Mundial, 2018).

Frente a esta problemática, la presente investigación propuso evaluar el uso de dos especies de cucarachas (*Periplaneta americana* y *Blattella germanica*) como agentes biorreductores de residuos orgánicos domiciliarios. Estas especies, al alimentarse de materia orgánica en descomposición, podrían convertirse en una herramienta biológica útil en contextos donde hay alta acumulación de residuos.

El estudio busca aportar evidencia sobre la eficacia de estas especies como alternativa innovadora, económica y viable para la gestión de residuos en Huánuco. Se espera que los resultados contribuyan al desarrollo de estrategias sostenibles para la reducción de residuos en origen y promuevan el aprovechamiento de la biodiversidad urbana.

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Esta investigación se fundamenta en la necesidad de identificar soluciones innovadoras para el tratamiento de residuos orgánicos, dada la creciente preocupación por su acumulación y los impactos ambientales asociados. Diversos estudios han documentado el potencial de insectos en la biodegradación de residuos, incluyendo experiencias en países como China, Taiwán o Singapur, donde incluso se han producido fertilizantes a partir del procesamiento biológico de residuos (Guerrero & Fernández, 2016).

Las cucarachas, por su capacidad para descomponer materia orgánica gracias a su alto contenido en proteínas y aminoácidos, han sido evaluadas en contextos de alimentación animal o producción de biocompuestos. No obstante, su aplicación en gestión de residuos enfrenta limitaciones relacionadas con su percepción social negativa o riesgos sanitarios (Ballinas et al., 2009).

En ese marco, este estudio busca generar evidencia científica sobre la eficacia de *Periplaneta americana* y *Blattella germanica* en la degradación de residuos orgánicos domiciliarios, contribuyendo así al conocimiento sobre nuevas estrategias sostenibles de gestión de residuos sólidos.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

El presente estudio se llevó a cabo bajo un enfoque experimental, con el propósito de evaluar el nivel de reducción de residuos orgánicos domiciliarios mediante el uso de dos especies de cucarachas: *Periplaneta americana* y *Blattella germanica*. El experimento se desarrolló en condiciones controladas, considerando variables como el tiempo de degradación, la cantidad de residuos procesados y los factores ambientales de temperatura y humedad.

Con el objetivo de obtener resultados confiables, se aplicaron herramientas estadísticas que permitieron evaluar la distribución de los datos y comparar los efectos de los tratamientos. Este enfoque facilitó una mejor comprensión del comportamiento de cada especie frente a los residuos orgánicos y permitió identificar posibles diferencias en su capacidad de descomposición.

Asimismo, se revisaron antecedentes científicos relevantes sobre el uso de insectos en la gestión de residuos, lo que permitió contextualizar la investigación dentro de un marco teórico sólido. Esta combinación de experimentación práctica y análisis técnico brindó una base consistente para proponer soluciones innovadoras y sostenibles al problema del manejo de residuos en entornos urbanos. (Solano et al., 2009).

1.4.3. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Esta investigación busca aportar una alternativa biológica y de bajo costo para el tratamiento de residuos orgánicos domiciliarios en la ciudad de Huánuco, donde se estima que se generan más de 100 toneladas de desechos diarios (DESA, 2014).

La aplicación de un método basado en cucarachas podría acelerar la degradación de estos residuos, disminuir su acumulación y reducir los impactos ambientales. Adicionalmente, podría ayudar a controlar vectores de enfermedades, mejorar la gestión de residuos sólidos y fomentar prácticas más sostenibles en zonas urbanas.

Los resultados obtenidos podrían servir de base para futuras iniciativas de manejo ecológico de residuos, fortaleciendo estrategias de sostenibilidad ambiental y promoviendo acciones de economía circular adaptadas a contextos locales.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

En este estudio se evaluó la reducción de residuos sólidos orgánicos generados en hogares, restaurantes y áreas de comida de centros comerciales de Huánuco. Sin embargo, al haberse desarrollado en condiciones experimentales controladas, los resultados no fueron directamente extrapolables a contextos abiertos o naturales.

Además, el tiempo relativamente corto de ejecución limitó la posibilidad de observar efectos a largo plazo. Otra limitación fue el número reducido de especies evaluadas, lo cual restringió la comparación con otros posibles organismos detritívoros.

A pesar de esto, los hallazgos obtenidos aportaron información valiosa y consistente. No obstante, fue importante considerar estos aspectos al momento de interpretar el alcance y aplicabilidad de los resultados.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. RECURSO HUMANO

La investigación fue viable tanto en términos sociales como ambientales. Se contó con el apoyo de recursos humanos clave, incluyendo la guía del asesor académico y la colaboración de técnicos que participaron las actividades experimentales.

1.6.2. RECURSO FINANCIERO

Se dispuso de los recursos económicos necesarios para llevar a cabo la investigación. La tesista asumió los costos vinculados a la adquisición de insumos, materiales y otros gastos logísticos asociados al desarrollo del experimento.

1.6.3. RECURSO MATERIAL

Se tuvo acceso a los materiales indispensables para la recolección y mantenimiento de las especies estudiadas. Entre ellos, se emplearon bandejas, recipientes de vidrio, contenedores, baldes y cajas de cartón reciclado, los cuales facilitaron el manejo adecuado de las cucarachas durante las evaluaciones experimentales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Patón et al. (2023), en su investigación titulada: "*Blatticomposting of Food Waste, Production Estimates, Chemical Composition and CO₂ Emissions Savings: A Case Study*", desarrollada en la Universidad de Sevilla, España. Tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de tres especies de cucarachas (*Aeluropoda insignis*, *Blaptica dubia* y *Eublaberus sp.*) en la degradación de residuos alimentarios, determinando la producción de blatticompost, su composición química y la estimación de ahorro en emisiones de CO₂. La metodología se desarrolló en condiciones controladas de laboratorio, donde las especies fueron alimentadas con residuos alimentarios, monitoreando la cantidad de residuos procesados, el porcentaje de blatticompost generado, las características químicas del compost (pH y relación C/N) y las emisiones evitadas. Los resultados mostraron que las cucarachas procesaron los residuos con una eficiencia media de 26,7 % del material ingerido, siendo *A. insignis* la especie más eficiente (29 %), seguida de *Eublaberus sp.* (28 %) y *B. dubia* (23 %). Además, se concluyó que el blatticompost obtenido presentó buena calidad química, pH neutro y adecuado balance de nutrientes, posicionándose como una alternativa rentable y sostenible para la gestión de residuos orgánicos

Calderón y Vega (2021), en su investigación titulada: "*Determinación de la capacidad de la cucaracha red runner (Sherfordella lateralis), para degradar residuos sólidos orgánicos alimentarios*", desarrollada en la Universidad Francisco de Paula Santander Colombia. Tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de esta especie en la descomposición de residuos de comedor. La metodología fue emplear 320 individuos de *Sherfordella lateralis* en cuatro tratamientos con diferentes tipos de residuos orgánicos durante 72 horas. Los resultados mostraron que los residuos más consumidos fueron frutas y verduras (0.806 kg), y que la eficiencia del proceso estuvo influenciada por la

temperatura, concluyendo que esta especie es viable para la degradación de residuos.

Espinoza (2020), en su investigación titulada: "*Evaluación en mesocosmos de la descomposición de residuos sólidos domésticos mediante cucarachas americanas (Periplaneta americana)*", desarrollada en la Universidad Estatal Amazónica, Ecuador. Tuvo como objetivo explorar el uso de esta especie para reducir desechos domésticos. La metodología incluyó la implementación de mesocosmos para analizar la capacidad de degradación de residuos. Los resultados evidenciaron que *P. americana* es altamente resistente y eficiente en la descomposición de desechos, representando una alternativa sostenible para el manejo de residuos.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Macazana (2020), en su investigación titulada: "*Periplaneta americana como medio de reducción en la producción de residuos orgánicos para disminuir la contaminación ambiental*", desarrollada en la Universidad Católica San Pablo, Arequipa. Tuvo como objetivo evaluar el uso de *Periplaneta americana* para la minimización de desechos orgánicos y su impacto en la reducción de la contaminación ambiental. La metodología consistió en la crianza y evaluación del desempeño de estas especies en la degradación de residuos orgánicos. Se determinó que los desechos sólidos orgánicos representan una dificultad ambiental significativa, y que los vertederos como destino final no son adecuados. Los resultados indicaron que la crianza de estas cucarachas es una estrategia efectiva para la reducción de residuos, con aceptación positiva de la población debido a los beneficios ambientales y económicos asociados. Se concluyó que, después de su ciclo de vida, pueden utilizarse como fertilizante, forraje para ganado u otros fines agropecuarios.

Villagra et al. (2020), en su investigación titulada: "*Periplaneta americana como medio de reducción en la producción de residuos orgánicos para disminuir la contaminación ambiental*", desarrollada en la Universidad Católica San Pablo, Arequipa. Tuvo como objetivo analizar el potencial de *Periplaneta americana* para reducir residuos orgánicos,

los cuales generan una crisis ambiental significativa. La metodología incluyó la crianza controlada de cucarachas y la medición de su capacidad para degradar residuos orgánicos en un ambiente experimental. Los resultados mostraron que la crianza de estas especies permitió reducir de manera efectiva la cantidad de desechos orgánicos y que la población aceptó el uso de estos insectos debido a los beneficios ambientales que brindan. Se concluyó que la biomasa resultante de las cucarachas puede ser utilizada como compost, alimento para ganado o incluso como materia prima para la industria farmacéutica.

Vásquez (2023), en su investigación titulada: "Eficiencia de la especie *Periplaneta americana* para la reducción de residuos orgánicos", desarrollada en la Universidad Continental, Perú. Tuvo como objetivo evaluar la eficacia de esta especie en la disminución de residuos orgánicos domiciliarios mediante un diseño cuasi-experimental. La metodología que se utilizó cuatro unidades de cultivo que recibieron 112g de residuos y 50 individuos de cucaracha cada una. Los resultados mostraron una reducción promedio superior al 45% del peso inicial de los residuos. Este estudio refuerza nuestra elección de especie, el número de individuos por unidad experimental y valida nuestra propuesta investigativa.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Apaza (2022), en su investigación titulada: "*Ulomoides dermestoides* y la minimización de los residuos sólidos orgánicos", desarrollada en la Universidad César Vallejo, Perú. Tuvo como objetivo calcular la cantidad de residuos sólidos orgánicos minimizados por *Ulomoides dermestoides*. La metodología Se utilizó un diseño experimental con enfoque cuantitativo, empleando 1,800 gramos de residuos sólidos orgánicos y 1,278 individuos de *Ulomoides dermestoides*. Se realizaron pruebas en tres grupos experimentales con residuos de frutas, verduras y una mezcla de ambos, evaluados en tiempos de 3, 5 y 7 días. Los resultados indicaron una reducción total de 534.8 g de residuos sólidos orgánicos, equivalentes al 29.71% de la muestra total, concluyendo que *Ulomoides dermestoides* es eficiente en

la minimización de residuos y representa una alternativa sostenible para la gestión de desechos.

Castillo (2020), en su investigación titulada: "*Conversión de residuos sólidos orgánicos de cocina en biomasa corporal de cucarachas (Periplaneta americana) para la producción de harina y su utilización como suplemento alimenticio de pollos bebés*", desarrollada en la Universidad de Huánuco, Huánuco. Tuvo como objetivo determinar la capacidad de conversión de residuos sólidos orgánicos en biomasa de *Periplaneta americana* para la producción de harina como suplemento alimenticio. La metodología incluyó el uso de un diseño experimental con selección aleatoria de individuos durante 30 días. Se midieron variables como altura y peso de las cucarachas para evaluar su conversión en biomasa. Los resultados mostraron un aumento significativo en el peso y longitud de los insectos, lo que permitió la producción de harina con un alto valor nutricional. Se concluyó que la harina de *Periplaneta americana* es un suplemento viable y beneficioso para el crecimiento de pollos, superando en rendimiento a los métodos tradicionales de alimentación.

Jesús (2020), en su investigación titulada: "*Crianza de cucarachas (Periplaneta americana) mediante residuos de cocina para disminuir la acumulación de residuos sólidos orgánicos*", desarrollada en la Universidad de Huánuco, Huánuco. Tuvo como objetivo determinar la reducción de desechos sólidos orgánicos de cocina mediante la crianza de *Periplaneta americana*. la metodología Se utilizó un diseño experimental en el que se establecieron dos contenedores: uno con 50 individuos de *Periplaneta americana* y otro con residuos sólidos orgánicos. Durante un mes, se realizaron 16 evaluaciones diarias sobre 50 g de residuos orgánicos recolectados de viviendas. Los resultados indicaron que, de un total de 7,200 g de residuos, se logró una reducción superior al 50%, quedando en 5,006 g. Se concluyó que la crianza de *Periplaneta americana* representa una alternativa eficiente para la reducción de residuos sólidos orgánicos y puede contribuir significativamente a la gestión sostenible de desecho.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL RELACIONADAS A RR.SS.

Su propósito es asegurar la maximización continua de la eficiencia en el uso de materiales y regular el mantenimiento y manejo de los residuos sólidos, lo que incluye la minimización de los residuos sólidos en el punto de origen, el uso material y energético de los residuos sólidos, y su uso adecuado disposición y sostenibilidad de los servicios de limpieza pública. (Decreto Supremo N° 014- 2017-MINAM, Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos y modificatorias)

Encarga a los municipios con problemática sanitaria regular y controlar el proceso de disposición final de residuos sólidos, líquidos e industriales dentro de su provincia. (Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades).

Se crean lineamientos para el desarrollo de actividades operativas que incluyen el procesamiento, clasificación, empaque, recolección y transporte de los residuos sólidos del gobierno municipal antes de su reutilización y para asegurar el manejo adecuado de los residuos sólidos para prevenir, proteger y promover riesgos para la salud calidad, salud y bienestar ambiental. (Norma Técnica de Salud que Guía el Manejo Selectivo por Segregadores – NTS N°73- 2008-MINSA/DIGESAV.01).

Aprueba los “Lineamientos para fortalecer la gestión integral de residuos sólidos municipales” (Resolución Ministerial N°007-2024-MINAM).

2.2.2. DEFINICIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS

Los residuos orgánicos son aquellos capaces de degradarse de manera natural y transformarse en materia orgánica, lo que facilita su aprovechamiento a través del compostaje. Estos residuos provienen de diversas fuentes como hogares, empresas y áreas verdes (Jördenin & Winter, 2005).

2.2.3. TIPO DE RESIDUOS SÓLIDOS

Según la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (Ley N° 1278), los residuos sólidos se dividen en:

- Residuos inorgánicos: son aquellos que no se pueden degradar o descomponer naturalmente, pero si esto es posible; la descomposición sería extremadamente lenta en comparación a los residuos orgánicos. Estos residuos inorgánicos provienen de productos sintéticos o minerales.
- Son biodegradables y pueden descomponerse en un periodo relativamente corto. Se generan tanto en la gestión municipal como en la no municipal (MINAM, 2017).

Para esta investigación nos enfocaremos en los residuos orgánicos, más en concreto, solo trabajaremos con restos de alimentos, y con residuos de viviendas en el área comida.

2.2.4. IMPORTANCIA DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS ALIMENTARIOS

En 2014, en el Perú se generaron aproximadamente 7.5 millones de toneladas de residuos urbanos municipales, de los cuales el 64% correspondió a residuos domiciliarios (MINAM, 2015). La gestión deficiente de estos residuos contribuye a la contaminación ambiental y la proliferación de plagas. Actualmente, la ciudadanía y las municipalidades han comenzado a implementar estrategias para mejorar la gestión de residuos, enmarcadas en la Ley Orgánica de Municipalidades (Ley N° 27972), que establece competencias para la conservación del ambiente.

El manejo inadecuado de residuos afecta tanto a trabajadores de limpieza pública como a recicladores informales, quienes enfrentan condiciones laborales precarias debido a la falta de segregación de residuos en origen (Ramírez et al., 2017).

2.2.5. RESIDUOS SÓLIDOS A NIVEL NACIONAL

En el Perú, para una población mayor a los treinta millones de habitantes sólo había diez rellenos sanitarios, lo que evidenciaba problemas estructurales. A nivel nacional, según el informe, es una preocupación ambiental grave la manera en que inapropiadamente se dispone de los residuos sólidos. Estos se dejan a cielo abierto, se incinera la basura, no se controla los lixiviados ni el arrojado de residuos

sólidos al agua, generando un impacto al ambiente como en la calidad del agua, aire y suelo, colocando la salud de las personas en peligro. (Organismo de Evaluación y fiscalización ambiental, OEFA, 2014)

Ha aumentado en los últimos años los residuos sólidos producidos, sin embargo, las municipalidades no están al mismo ritmo. La realidad ha sobrepasado la organización municipal, generando un manejo deficiente de estos residuos. (OEFA, 2014).

2.2.6. MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

Manejo inadecuado de los residuos orgánicos y su impacto negativo: El impacto que puede causar el manejo inadecuado de residuos sólidos orgánicos tanto comercial y domiciliario es negativo y se podrá observar a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 1

Manejo de residuos sólidos

Medio Ambiental	- Las zonas urbanas en más estados y dominados perdidos.
	- Los ecosistemas se degradan por efectos de la contaminación en aire, suelo y agua.
	- El calentamiento global se da en aumento.
Medio Social	- El reciclaje informal, las chatarrerías se ven incrementados, esto afecta las condiciones laborales en las que estas personas se puedan desempeñar en su área de trabajo, ocasionando muchas veces que estos contraigan enfermedades infecciosas.
	- La sanidad pública se ve afectada, incrementando así la tasa de morbilidad y mortalidad por enfermedades asociadas a la gestión inadecuada.
Medio Económico	- Los ingresos de las personas recolectoras informales se ven reducidos.
	- Incremento del costo en el sector de limpieza pública.
	- El costo en clausura y conversión de botaderos a rellenos sanitarios también aumenta.

Nota. Ministerio del Ambiente, (2012).

2.2.7. RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS

Se trata de residuos domésticos, cuyas características pueden variar pero que suelen incluir residuos vegetales, restos de frutas, restos de comida cocinada, plantas de jardín y papel. Representa una importante oportunidad para ser utilizado en las instituciones estatales. (Calcina, 2015).

2.2.8. RESTOS DE COMIDA

Se le conoce como biorresiduos domésticos, es decir, la parte de los desechos orgánica del procesamiento de alimentos. Esencialmente, esto significa que el niño está trabajando con sobras y comida en estado de descomposición (Departamento de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2014).

2.2.9. LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA

Se trata del aporte de fertilidad en la tierra por parte del alcalde mediante abonos naturales. Existen varios tipos de abonos naturales, pero los más utilizados en jardinería ecológica son los abonos, que se obtienen a partir de residuos vegetales (verduras, frutas, etc.). El suelo de hojas, que incluye suelo mixto después de la descomposición de las hojas caídas, también se usa ampliamente. El suelo en el que cultivamos nuestros alimentos debe ser compostado al menos una vez al año. Es muy fácil aplicar este abono natural, basta con añadir abono o serrín al suelo de la huerta orgánica. (Olguin.2015).

2.2.10. PROCESO DE DEGRADACIÓN

El paso en el que la materia orgánica se reduce en la instalación, debido a la oxidación y fermentación como respuesta de los microorganismos que participan, generando diversos olores. (Cajahuanca,2016).

2.2.11. MATERIA ORGÁNICA

El compost es un procedimiento de la materia orgánica (M.O) en su modificación bioquímica, debido al aporte de microorganismos y se realiza en fase acuosa con la participación de enzimas, se producen cambios en la materia orgánica disuelta y la actividad, denominada enzima puede ser útil para comprobar la estabilidad. Madurez del

producto final. La correlación que existe en el Nitrógeno Carbono de los desechos de vegetales y su presencia de dichos materiales resistentes a la degradación afectan en el porcentaje de putrefacción de la M.O. (Cajahuanca,2016).

Clasificación:

Según Flores (2003), los residuos orgánicos se pueden clasificar en:

Según su fuente de generación:

- **Provenientes de la limpieza de las calles:** Se considera el contenido de los desechos orgánicos, desde las frutas hasta plástico y papel. Se almacenan en contenedores generales de papel. Por tanto, debido a la dificultad material de separar estas chatarras entre sí y con chatarras de diferentes características, la posibilidad de beneficio en este caso es limitada.
- **De institucionales:** Proviene de organizaciones, públicas o privadas o no. La principal diferencia es que contienen papel y cartón, y también podemos añadir restos de comida de los comensales de estos establecimientos.
- **De mercados:** Estos provienen de supermercados y mercados de alimentos de la ciudad. Esta fuente es muy importante para el aprovechamiento de la materia orgánica, especialmente para la producción de compost y compost posterior.
- **De origen comercial:** Las tiendas y restaurantes allí ubicados son principalmente establecimientos comerciales. Dado que sirven comidas, los restaurantes son la mayor fuente de ingresos por desechos orgánicos. Debe manejarse adecuadamente porque servirá de alimento para el erizo que necesita ser tratado.
- **Domiciliarios:** Estos residuos provienen de los hogares, los cuales varían porque no todos generan la misma cantidad de residuos orgánicos. Estos generalmente incluyen pedazos de

papel, plantas, frutas y otros alimentos. Se cree que hay mucho potencial de uso en las instituciones de nuestro país.

De acuerdo a su característica física y/o naturaleza:

- **Residuos de alimentos:** Son desechos de una variedad de fuentes de alimentos perecederos y no perecederos, incluidas las sobras de restaurantes, supermercados, restaurantes y otros negocios que venden todo tipo de alimentos.
- **Estiércol:** El resto de los animales que quedan atrás, que obtienen una ganancia neta, se utilizan para alimentar los cultivos, lo que les permite producir alimentos de manera más eficiente. Importante biosfera de las plantas.
- **Restos vegetales:** Se trata de residuos de macizos de flores, jardines, etc. Además, podemos tener en cuenta las sobras de la cocina, especialmente las sobras que no están destinadas a cocinar, como cajas de frutas, legumbres, etc.

2.2.12. APROVECHAMIENTO Y GENERACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS

El aprovechamiento de residuos busca valorizar sus propiedades mediante estrategias como la reutilización, reciclaje y recuperación de materiales (Barradas, 2009). La generación de residuos sólidos orgánicos está directamente relacionada con el nivel de consumo y desarrollo económico (Aguilar, 2009).

2.2.13. ORIGEN DE LA MATERIA PRIMA

Según Palomino (2010), toda la materia orgánica posee la capacidad de biodegradarse, lo que permite su transformación en compost. Esto implica que tanto los componentes esenciales como los subproductos resultantes de la evaluación de los organismos vivos pueden ser aprovechados en este proceso. Asimismo, diversos materiales como el papel, cartón, madera, flores y residuos orgánicos de cocina, junto con ciertos materiales de construcción y desechos provenientes del agua y el suelo, pueden ser sometidos a compostaje. En contraste, los materiales no biodegradables, como plásticos, metales, vidrios y redes, presentan una composición química resistente a la

degradación enzimática, lo que dificulta su descomposición mediante procesos naturales.

2.2.14. CUCARACHAS

Las cucarachas son un grupo de insectos ampliamente reconocido y con una larga historia evolutiva, caracterizándose por su capacidad de adaptación a diversos hábitats. Presentan una gran variedad de colores, tamaños y formas, lo que les permite habitar distintos entornos. Algunas especies tienen relevancia en la salud pública, ya que pueden actuar como vectores de aproximadamente 45 patógenos, transmitiendo patógenos por contacto mecánico indirecto y representando un riesgo para la población (Cantú, 2005).

2.2.15. LA CUCARACHA COMO PLAGA

La mayoría de las cucarachas son consideradas plagas nocturnas, ya que permanecen ocultas durante el día y salen por la noche en busca de alimentos y otros desechos. Algunas especies, como *Blattella germanica*, *Blatta orientalis* y *Periplaneta americana*, realizan migraciones masivas en busca de recursos, y en ciertos casos, pueden desplazarse mediante el vuelo. Además, muchas especies son transportadas involuntariamente por los humanos a través de muebles, alimentos y otros objetos, facilitando su dispersión a nuevos entornos (Ponce et al., 2005).

2.2.16. LAS HECES DE LA CUCARACHA

Los excrementos de las cucarachas pueden tener una apariencia similar a granos de pimienta negra o café con un matiz meloso. El tamaño del insecto influye en la coloración y longitud de sus heces, las cuales suelen ser cilíndricas y presentar variaciones en su tamaño. Además, las bacterias presentes en estos desechos generan un olor característico que, aunque puede resultar desagradable para los humanos, actúa como un atrayente para otras cucarachas. Este fenómeno se debe a la presencia de feromonas, compuestos químicos que facilitan su reproducción y comportamiento social (Oscar, 2018).

2.2.17. CONTROL DE CUCARACHAS

Una de las estrategias más efectivas para prevenir la presencia de cucarachas es restringir su acceso a fuentes de alimento. Si bien no todas las especies representan un riesgo para la salud pública, es recomendable utilizar contenedores de basura con tapa y mantenidos en condiciones higiénicas para evitar su proliferación. Muchas personas recurren al uso de repelentes o aerosoles comerciales; Sin embargo, con el tiempo, las cucarachas pueden desarrollar resistencia a estos productos. En este sentido, las estrategias de control enfocadas en la gestión y prevención, más que en la erradicación, han demostrado ser una alternativa eficaz (Centro Regional de Asistencia Técnica, 1966; Ponce, 2005).

2.2.18. DIFERENCIA VISUAL DE LAS DOS ESPECIES DE CUCARACHAS

Figura 1

Cucaracha americana (Periplaneta americana) y cucaracha alemana (Blattella germanica).



Nota. Fisonomía de la cucaracha *Periplaneta americana* y *Blattella germanica* Tomado de “*Periplaneta americana*, una plaga difícil” [Fotografía], Gleba, 2020, <https://gleba.com.ar/periplaneta-americana-una-plaga-dificil/> y de “*Blattella germanica*, resistencia y técnicas de control” [Fotografía], Gleba, 2020, <https://gleba.com.ar/blattella-germanica-resistencia-y-tecnicas-de-control/>.

2.2.19. CUCARACHA AMERICANA PERIPLANETA AMERICANA

La especie *Periplaneta americana* tiene su origen en las regiones tropicales de África y pertenece a la familia Blattidae dentro del orden Blattodea. Su presencia fue documentada por primera vez en América. Este insecto se caracteriza por su coloración rojiza y puede alcanzar una longitud de hasta 40 mm. En cuanto a su ciclo de vida, las hembras tienen una esperanza de vida que oscila entre 14 y 20 meses, mientras que los machos suelen vivir menos tiempo (*Periplaneta americana*, 2018).

Figura 2

Cucaracha Periplaneta americana



Nota. Fisonomía de la cucaracha *Periplaneta americana*. Tomado de “*Periplaneta americana*, una plaga difícil” [Fotografía], Gleba, 2020, <https://gleba.com.ar/periplaneta-americana-una-plaga-dificil/>.

- **Alimentación**

Las *Periplaneta americana* son insectos omnívoros capaces de alimentarse de una amplia variedad de desechos en su entorno, aunque muestran una preferencia por alimentos con alto contenido de azúcar, materiales en descomposición y otros residuos orgánicos. Su sistema digestivo presenta una relación de mutualismo con protozoos, lo que les permite descomponer la celulosa de ciertos materiales. Además de restos de comida, pueden consumir productos como queso, cerveza,

carne, pasteles, piel seca, animales y plantas muertas, papel, ropa y otros elementos presentes en su hábitat.

- **Características**

La *Periplaneta americana*, conocida como cucaracha americana, es una de las especies de insectos más predominantes en entornos urbanos (Pesante, 1992). Los adultos de esta especie poseen la capacidad de volar y su tamaño oscila entre 34 y 53 mm. Su cuerpo presenta una coloración marrón rojiza en las regiones dorsal y ventral, con tonos ámbar en la zona de transición (Jones, 2008). Sus ojos, de forma esférica y tonalidad óxido oscuro, carecen de una estructura nasal lateral y tienen un tamaño inferior al doble de su longitud (Choate, 2008).

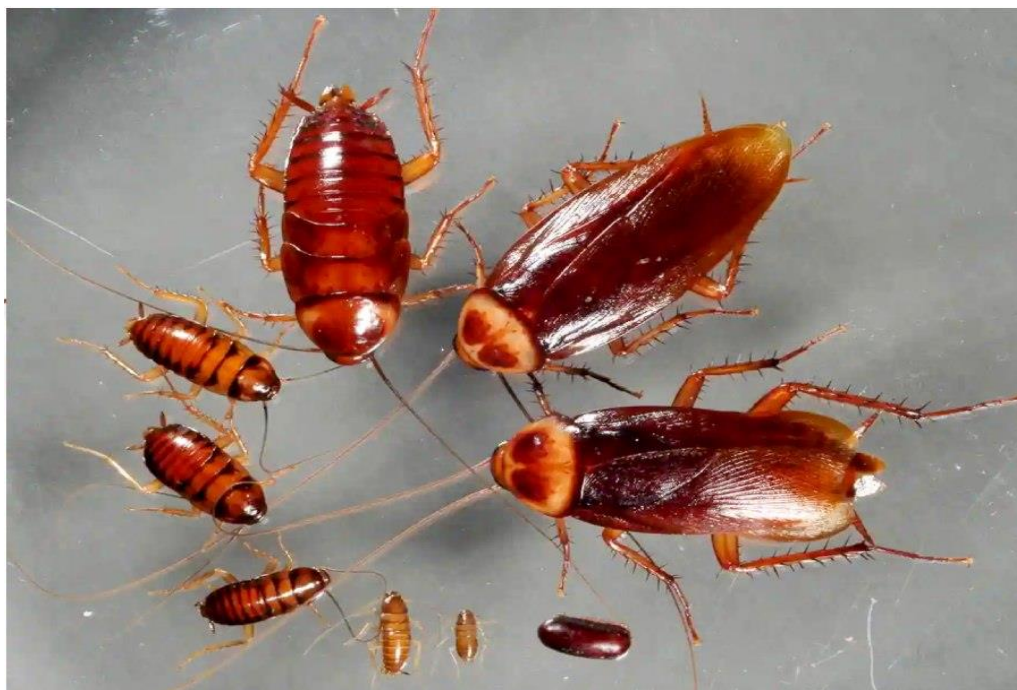
En cuanto a sus diferencias sexuales, la hembra presenta una placa genital inferior con forma de válvula en "V" y una división longitudinal. En contraste, los machos poseen una lámina simétrica con extremos largos, rectos y delgados. Además, en el margen ventral del tejido genital medio y posterior, la altura es aproximadamente equivalente a su longitud (Choate, 2008).

Ciclo biológico

- **Huevo:** Una Ootheca o cápsulas de 8 a 10 mm de longitud, con color marrón rojizo a marrón oscuro, produce de 6 a 14 Ootheca por hembra, la cápsula contiene de 14 a 16 huevos.
- **Ninfas:** Emergen en unas seis semanas y los exoesqueletos mudan 13 veces a lo largo de los siguientes 18 meses antes de alcanzar el estado de adulto sexualmente maduro. Tras la eclosión, la ninfa emerge, la cría es de color como los adultos marrones rojizo y es gris tras su primera muda.
- **Adultos:** Estos insectos tienen de largo 53 mm a 34, por una banda submarina color marrón pálido a alrededor del borde amarillento del escudo del pronoto y con crías de color rojizo marrón, con un fragmento de los cercos al menos 2 veces más que su ancho su largo.

Figura 3

Ciclo de vida de la cucaracha americana (*Periplaneta americana*)



Nota. Ciclo de vida de la cucaracha *Periplaneta americana*. Tomado de "Periplaneta americana, una plaga difícil" [Fotografía], Gleba, 2020, <https://gleba.com.ar/periplaneta-americana-una-plaga-dificil/>.

Biología y hábitos: las ninfas de *Periplaneta americana*, conocidas como chicharritas, muestran preferencia por alimentos en procesamiento. Pueden encontrarse tanto en interiores como en exteriores, siendo más comunes en regiones de clima cálido, donde las condiciones favorecen su desarrollo y reproducción.

Morfología: Las cucarachas pertenecen al suborden Blattaria, dentro de la clase Insecta y la familia de los artrópodos. Su estructura anatómica incluye una cabeza con antenas largas y filiformes, ojos compuestos y un aparato masticador bucal. En la región media del abdomen, presentan tres segmentos bien definidos. En algunas especies, la disposición del pronoto, que rodea casi completamente la cabeza, puede dar la impresión visual de un par de ojos adicionales.

Las alas de las cucarachas están divididas a la altura del segundo y tercer segmento del tórax. Las tegminas, o alas endurecidas, han sufrido modificaciones en su estructura. Sin embargo, no todas las especies alcanzan un desarrollo alar completo en la etapa adulta, por lo que

pueden observarse individuos con alas cortas o sin ellas. Además, algunas especies presentan comportamientos erráticos en ciertas etapas de su desarrollo (Chapman, 1998).

2.2.20. IMPORTANCIA EN LA SALUD PÚBLICA

Las cucarachas desempeñan un papel importante en la transmisión mecánica de microorganismos patógenos que pueden afectar la salud humana. En América, las especies de mayor relevancia en este contexto son *Blattella germanica* y *Periplaneta americana*. Estos insectos actúan como vectores de diversas bacterias, helmintos, protozoos y virus, lo que puede derivar en enfermedades como gastroenteritis, neumonía y diarrea, entre otras. Además, se ha identificado una relación entre la exposición a la saliva, huevos y excrementos de cucaracha con la aparición de reacciones alérgicas en personas susceptibles (Damas, 2012).

2.2.21. MICROORGANISMOS PRESENTES EN LAS CUCARACHAS

Las cucarachas actúan como vectores mecánicos en la transmisión de diversas enfermedades (Arizpe, 2015). Estos insectos pueden portar una amplia variedad de microorganismos patógenos, incluyendo protozoos, hongos, bacterias, infecciones y helmintos (Ruiz, 2015). En el ámbito médico, se ha identificado un alto porcentaje de patógenos en su organismo, lo que incrementa el riesgo de propagación de enfermedades tanto en humanos como en animales (Twala, 2016).

Entre las enfermedades que pueden ser transmitidas por las cucarachas, especialmente en niños, se encuentran la brucelosis, gastroenteritis, tétanos, hepatitis A, tuberculosis, toxoplasmosis, poliomielitis, salmonelosis, cólera, infecciones por *Campylobacter*, disentería, *Entamoeba histolytica*, *Escherichia coli*, lepra, neumonía y fiebre tifoidea.

2.2.22. CUCARACHA ALEMANA *BLATELLA GERMANICA*

La cucaracha alemana (*Blattella germanica*), perteneciente a la familia *Blattellidae* dentro del orden *Dictyoptera*, es originaria de África o Asia, pero su distribución se ha expandido globalmente a través del comercio (Brenner, 2002). Los adultos de esta especie presentan una

coloración marrón claro, con un tamaño que varía entre 10 y 16 mm de longitud, y poseen antenas largas. Se caracterizan por la presencia de dos franjas oscuras en el pronoto.

Esta especie requiere ambientes cálidos y húmedos, con temperaturas óptimas entre 30 y 33 °C, lo que explica su presencia frecuente en entornos urbanos como cocinas, baños y otras infraestructuras con condiciones favorables para su desarrollo (Brenner, 2002).

Figura 4

Cucaracha Blattella germanica



Nota. En la figura se observa la fisonomía de la cucaracha *Blattella germanica*. Tomado de “*Blattella germanica*, resistencia y técnicas de control” [Fotografía], Gleba, 2020, <https://gleba.com.ar/blattella-germanica-resistencia-y-tecnicas-de-control/>.

Reproducción

La reproducción de *Blattella germanica* es de tipo ovovivíparo, lo que significa que sus huevos contienen la yema necesaria para el desarrollo, pero carecen del agua suficiente. Para compensar esta falta, la hembra transporta la cápsula protectora de manera externa durante todo el período embrionario, permitiendo así el suministro de agua a los embriones. Una vez que la Ootheca se desprende, las crías emergen de inmediato (Ramírez, 1989).

Ciclo de vida

- **Huevo**

Los huevos de *Blattella germanica* están resguardados dentro de una cápsula quitinosa denominada Ootheca. Esta estructura, de color marrón claro, mide entre 3 y 3,5 mm de ancho y de 6 a 8 mm de largo. Al momento de su formación, presenta una tonalidad blanquecina y una textura blanda, pero con el tiempo adquiere mayor dureza y un tono marrón brillante.

En su interior, la Ootheca alberga entre 36 y 48 huevos, organizados en dos hileras paralelas con la misma cantidad de huevos en cada lado. La eclosión de los embriones ocurre entre los 25 y 32 días posteriores a la formación de la Ootheca (Ibidem).

- **Ninfa**

Cada Ootheca de *Blattella germanica* genera en promedio entre 32 y 40 ninfas. Antes de alcanzar su fase adulta o imago, estas pasan por seis estadíos ninfales. Al momento de la eclosión, las ninfas presentan un tamaño de entre 2 y 3,5 mm, con una tonalidad grisácea y apariencia translúcida. Poco después, su abdomen adquiere un color negro brillante y aparece una mancha oscura en el pronoto. El desarrollo ninfal tiene una duración de entre 45 y 64 días (Ibidem).

- **Adulto**

Los adultos de *Blattella germanica* emergen tras completar su última muda infantil y presentan un marcado dimorfismo sexual. Tanto machos como hembras alcanzan la madurez sexual entre los 7 y 10 días posteriores a su transformación en adultos. Los machos poseen una coloración amarillo-marrón, con un abdomen alargado y delgado que, en muchos casos, se extiende más allá de las alas. Por otro lado, las hembras presentan alas más oscuras y su abdomen está cubierto por una fina capa de vellosidades. En términos reproductivos, las hembras son receptivas a partir de los 5 o 6 días después de la muda, mientras que los machos pueden copular en múltiples ocasiones, a diferencia de las hembras, que solo lo hacen una vez (Cochran, 1989).

Figura 5

Ciclo de vida de la cucaracha Blattella germanica



Nota. En la figura 5 se muestra el ciclo de vida de la cucaracha *Blattella germanica* a) Huevo b) Ninfa c) Adulto. Tomado de “Ciclo de vida de la cucaracha alemana” [Fotografía], 2017, Tecnoplagas, 2017, <https://www.tecnoplagas21.es/blog/ciclo-de-vida-de-la-cucaracha-alemana/>.

Características

La cucaracha alemana (*Blattella germanica*) presenta un tamaño que varía entre 12 y 16 mm de longitud. Su cuerpo es de color marrón y posee dos franjas oscuras en la parte posterior de la cabeza. En el caso de las hembras, durante la reproducción, el desarrollo ovárico está parcialmente cubierto. Los machos, por su parte, presentan láminas asimétricas con patrones simétricos relativamente cortos. La ooteca es de color marrón claro y contiene aproximadamente 16 embriones. Durante la fase de pupa, se observa una zona pigmentada en la región central (Choate, 2008).

Adaptación

Las *Blattella germanica* poseen una notable capacidad de adaptación a diversos entornos. Su cuerpo está cubierto por numerosas vellosidades que funcionan como sensores, permitiéndoles detectar cambios en su entorno. Ante la percepción de una amenaza, buscan refugio en zonas oscuras debido a su comportamiento lucífugo, es decir, evitan la luz. Por esta razón, prefiere habitar en espacios oscuros, húmedos y con poca ventilación, donde se encuentren condiciones favorables para su supervivencia.

Determinación de la susceptibilidad

Para determinar los niveles de susceptibilidad en distintas colonias de *Blattella germanica*, se llevó a cabo una exposición a diversas concentraciones de Deltametrina, diluida en acetona a partir de una

solución madre de 50 mg/ml. El compuesto utilizado fue Deltametrina de grado técnico, con una pureza aproximada del 98,5 %, en forma de polvo cristalino blanco e inodoro. Este producto fue suministrado por Insecticidas Internacionales CA (INICA), bajo el lote MN98T5239B y código 190000041 (Martínez, 2013).

Principales familias

A nivel mundial, las especies de cucarachas consideradas plagas pertenecen principalmente a las familias Blattellidae y Blattidae. No obstante, existen otras familias que también incluyen especies catalogadas como invasoras o perjudiciales (Crespo & Valverde, 2005).

Importancia social

Algunas especies de cucarachas representan plagas domésticas persistentes en zonas urbanas a nivel mundial (Iannacone & Alvaríño, 2007). Se considera una de las plagas urbanas más comunes e invasivas, ya que infestan viviendas y otros espacios urbanos, generando problemas sanitarios y estructurales (Potter, 2007).

Importancia médica

Más allá de las molestias, ciertas especies de cucarachas pueden desencadenar reacciones alérgicas en los seres humanos (Smith & Whitman, 1992). Debido a su capacidad para transmitir microorganismos patógenos, como hongos, helmintos y bacterias, son consideradas una amenaza para la salud pública (Iannacone & Alvaríño, 2007).

Importancia ecológica

Las cucarachas silvestres cumplen un rol fundamental en los ecosistemas forestales (Prabakaran et al., 2015). Son excelentes bioindicadores, ya que su presencia permite evaluar factores ecológicos y climáticos relevantes para la descomposición de materia orgánica. Además, contribuye a la fragmentación de restos vegetales, regulando la humedad del suelo y favoreciendo la generación de hábitats propicios para otras especies de insectos (Arango & Angudelo, 2004).

Fijación de nitrógeno

Las cucarachas pueden desempeñar un papel en los ciclos biogeoquímicos, particularmente en el ciclo del nitrógeno. Dentro de este grupo, el género *Cryptocercus* es el único conocido por albergar microorganismos capaces de fijar nitrógeno atmosférico (Slaytor, 1992). Estas especies presentan tasas de fijación de nitrógeno comparables a las de las termitas cuando se considera su peso corporal (Bell & Roth, 2007).

Eliminación de desechos

Muchas especies de cucarachas desempeñan un papel ecológico al alimentarse de materia fecal y desechos de diversos animales. Aquellas que habitan en microhábitats como nidos de aves, madrigueras de mamíferos y colonias de insectos brindan servicios ambientales que contrastan con su reputación como transmisores de enfermedades. Por ejemplo, las ninfas del género *Parcoblatta* contribuyen al mantenimiento de las colonias de *Vespula squamosa*, eliminando desechos y controlando la proliferación de bacterias y hongos, lo que mantiene bajas sus densidades poblacionales (Macdonald, 1983).

2.2.23. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS

Las especies *Periplaneta americana* y *Blattella germanica* presentan características que las hacen particularmente eficientes para la biodegradación:

- Sistema digestivo especializado: Ambas poseen intestinos ricos en enzimas digestivas y microbiota simbiótica que facilita la descomposición de celulosa y otros compuestos complejos.
- Alimentación omnívora: Son capaces de consumir una amplia variedad de residuos orgánicos, incluyendo restos vegetales, animales y alimentos procesados.
- Alta tasa de reproducción y ciclo de vida corto, lo que permite mantener poblaciones grandes en condiciones experimentales.

- Adaptabilidad ambiental: Su tolerancia a rangos amplios de temperatura y humedad permite mantenerlas en condiciones de laboratorio sin dificultad.
- Producción constante de excretas con bajo impacto ambiental, lo que permite su potencial uso como mejorador de suelos.

Estas cualidades respaldan su elección para este estudio, considerando también evidencias experimentales previas de su eficiencia en la degradación de residuos (Espinoza, 2020; Vásquez, 2023).

2.2.24. APOORTE MÉDICO DE LAS CUCARACHAS

Diversos estudios han demostrado el potencial de las cucarachas en aplicaciones médicas. Se ha identificado su utilidad en la regeneración de piel y el tratamiento de heridas mediante un extracto de etanol de origen americano conocido como KFX. En la actualidad, la medicina tradicional china está incorporando este tipo de tratamientos en clínicas especializadas para la atención de heridas y otras afecciones (Lie, 2019).

2.2.25. BIODEGRADACIÓN Y SUS MECANISMOS

La biodegradación es un proceso natural mediante el cual los microorganismos y algunos macroorganismos (como insectos detritívoros) descomponen materia orgánica compleja en compuestos más simples. Este proceso ocurre gracias a la acción de enzimas secretadas por los organismos descomponedores, que transforman residuos orgánicos en agua, dióxido de carbono, humus y otros subproductos (Ramírez et al., 2016).

La biodegradación puede clasificarse en:

- Aeróbica, cuando ocurre en presencia de oxígeno, como en el compostaje.
- Anaeróbica, cuando se lleva a cabo en ausencia de oxígeno, generando metano como subproducto.

El estudio de la biodegradación en este proyecto se enfoca en su ejecución mediante macroorganismos, específicamente cucarachas,

que transforman residuos orgánicos mediante su aparato digestivo, convirtiéndolos en biomasa o excrementos con menor carga contaminante.

2.2.26. BIOCONVERSIÓN

La bioconversión es el proceso mediante el cual organismos vivos transforman materia orgánica en productos útiles, como biomasa, energía o abono. En el contexto del manejo de residuos, la bioconversión implica el aprovechamiento de insectos para transformar residuos orgánicos en recursos valiosos, como fertilizantes o alimento para animales (Calderón & Vega, 2021).

Este proceso es considerado una estrategia de economía circular, ya que reduce residuos, minimiza emisiones y genera productos secundarios aprovechables. Las cucarachas, al alimentarse de materia orgánica en descomposición, convierten los residuos en biomasa (su propio cuerpo) y residuos menos contaminantes.

2.2.27. FACTORES QUE AFECTAN LA BIODEGRADACIÓN

Diversos factores ambientales y experimentales pueden influir significativamente en la eficiencia del proceso de biodegradación:

- Temperatura: Afecta la actividad metabólica de las cucarachas. Temperaturas entre 25°C y 35°C suelen favorecer una mayor tasa de consumo de residuos.
- Humedad relativa: Niveles adecuados de humedad (alrededor del 60%–80%) son necesarios para mantener la vitalidad de los individuos y evitar deshidratación.
- Tipo de sustrato: La composición física y química de los residuos influye en su velocidad de descomposición. Residuos húmedos, blandos y ricos en carbohidratos son más fácilmente degradados.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

2.3.1. RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS

Son aquellos residuos biodegradables generados principalmente en los hogares, tales como restos de frutas, verduras, cáscaras, residuos cocinados, servilletas, restos de jardín y cartón. Estos materiales pueden ser valorizados mediante procesos como el compostaje o la bioconversión, y su disposición inadecuada contribuye a la emisión de gases contaminantes y generación de lixiviados. (Hoornweg & Bhada-Tata, 2012; MINAM, 2022).

2.3.2. BIODERADACIÓN

Proceso natural por el cual microorganismos o macroorganismos transforman compuestos orgánicos complejos en productos más simples como dióxido de carbono, agua y biomasa, mediante la acción de enzimas. Este proceso puede desarrollarse en condiciones aeróbicas o anaeróbicas, dependiendo del agente biológico y del entorno. (Awasthi et al., 2015; Haug, 1993).

2.3.3. BIOCONVERSIÓN

Es la transformación de residuos orgánicos en productos útiles por medio de organismos vivos, como insectos, lombrices o bacterias. Este proceso permite recuperar valor de materiales que serían descartados, mediante la producción de biomasa, compost, energía o alimentos para animales. (Parodi et al., 2020; Van Huis et al., 2013).

2.3.4. PERIPLANETA AMERICANA

Especie de cucaracha perteneciente a la familia Blattidae, originaria de zonas tropicales. Se caracteriza por su gran tamaño (hasta 5.3 cm), coloración rojiza y comportamiento omnívoro. Tiene alta capacidad de consumo de materia orgánica y resistencia a condiciones variables, lo que la hace apta para estudios de biodegradación. (Rust et al., 1995).

2.3.5. BLATTELLA GERMANICA

Cucaracha de menor tamaño (1.2–1.6cm), coloración marrón claro con dos líneas oscuras en el pronoto, perteneciente a la familia Blattellidae. Posee una alta tasa de reproducción y preferencia por ambientes cálidos y húmedos. Es usada experimentalmente por su

eficiencia en la descomposición de residuos orgánicos. (Koehler & Brenner, 2009).

2.3.6. TEMPERATURA

Factor ambiental que afecta la actividad metabólica de los organismos involucrados en la biodegradación. En insectos detritívoros como las cucarachas, la temperatura óptima para la degradación de residuos se encuentra entre 25 °C y 35 °C. (Awasthi et al., 2015).

2.3.7. HUMEDAD

Se refiere a la cantidad de vapor de agua presente en el ambiente. Una humedad relativa adecuada (60%–80%) es esencial para mantener activos a los organismos que participan en la biodegradación. (Haug, 1993).

2.3.8. TIPO DE SUSTRATO

Hace referencia a la composición y características físicas y químicas del residuo orgánico. Sustratos húmedos, blandos y ricos en compuestos solubles (como restos de frutas o vegetales) se degradan más rápidamente que materiales secos y fibrosos. (Awasthi et al., 2015).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

H1: La especie *Periplaneta americana* reduce en mayor medida los residuos orgánicos domiciliarios en comparación con *Blattella germanica* en la ciudad de Huánuco 2025.

H0: No hay diferencia significativa en la reducción de residuos orgánicos domiciliarios entre *Periplaneta americana* y *Blattella germanica* en la ciudad de Huánuco 2025.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

H1: *Periplaneta americana* presenta una mayor tasa de reducción de residuos orgánicos en comparación con *Blattella germanica* en la ciudad de Huánuco 2025.

H0: No hay diferencia significativa en la tasa de reducción de residuos orgánicos entre *Periplaneta americana* y *Blattella germanica* en la ciudad de Huánuco 2025.

H1: Existe una relación significativa entre la temperatura y la humedad ambiental con el porcentaje de reducción de residuos orgánicos domiciliarios por parte de *Periplaneta americana* y *Blattella germanica* en la ciudad de Huánuco 2025.

H0: No existe una relación significativa entre la temperatura y la humedad ambiental con el porcentaje de reducción de residuos orgánicos domiciliarios por parte de *Periplaneta americana* y *Blattella germanica* en la ciudad de Huánuco 2025.

H1: Los tratamientos con cucarachas (*Periplaneta americana* y *Blattella germanica*) reducen en mayor medida los residuos orgánicos domiciliarios que el grupo control sin intervención, considerando diferentes tiempos de evaluación en la ciudad de Huánuco 2025.

H0: No existen diferencias significativas en la reducción de residuos orgánicos domiciliarios entre los tratamientos con cucarachas y el grupo control sin intervención, considerando diferentes tiempos de evaluación en la ciudad de Huánuco 2025.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Reducción de residuos orgánicos domiciliarios

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Especies de cucarachas (*Periplaneta americana* y *Blattella germanica*)

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

“COMPARACIÓN DE LA EFICACIA EN LA REDUCCIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS UTILIZANDO DOS ESPECIES DE CUCARACHAS (*Periplaneta americana* y *Blattella germanica*)” en la ciudad de Huánuco,2025.

Tabla 2

Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	VALORES	INDICADOR ES	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTO
Variable Independiente: <i>Periplaneta americana</i> <i>Blattella germanica</i>	Especie de cucaracha de la familia Blattidae, utilizada en estudios de biodegradación de residuos orgánicos por su alta capacidad de consumo de materia orgánica.	Se determinará la cantidad de individuos en condiciones controladas del sistema de experimentación.	Cantidad de <i>Periplaneta americana</i>	Unidades	Número de individuos	Discreta	Ficha de recolección de datos
			Cantidad de <i>Blattella germanica</i>	Unidades	Número de individuos	Discreta	Ficha de recolección de datos
	Especie de cucaracha de la familia Blattellidae, utilizada en experimentos de degradación de residuos orgánicos (Brenner,2002).		Condiciones del ambiente	°C	Registro de temperatura	Continua	Termómetro
				%	Registro de humedad	Continua	Higrómetro
Variable Dependiente: Residuos orgánicos	Material biodegradable generado en los hogares, susceptible de degradación por agentes biológicos. (Chung, 2003).	Se analizará la cantidad de residuos degradados y se calculará el porcentaje de reducción.	Peso inicial y peso final de residuos orgánicos	Kg	Peso antes y después del experimento	Continua	Observación
Porcentaje de reducción			%	Registro de reducción de residuos	Continua	Balanza	

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño experimental de nivel explicativo, ya que implicó la manipulación de variables en condiciones controladas para analizar su efecto sobre la variable dependiente: la reducción de residuos orgánicos domiciliarios. Para ello, se empleó un diseño cuasiexperimental, conformado por dos grupos experimentales y un grupo control, cada uno compuesto por unidades experimentales homogéneas (cajas de crianza), con cantidades específicas de residuos y ejemplares de cucarachas (Hernández et al., 2014).

Se recurrió al uso de pruebas estadísticas inferenciales con el propósito de contrastar las hipótesis de investigación y determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, garantizando una comprensión más profunda del fenómeno observado (Fidias, 2012).

3.1.1. ENFOQUE

El estudio adoptó un enfoque cuantitativo, centrado en la recolección y análisis de datos numéricos obtenidos mediante procedimientos sistemáticos de medición. Este enfoque permitió realizar comparaciones objetivas entre los distintos tratamientos a través del uso de estadísticas descriptivas como porcentajes y promedios. Asimismo, se aplicaron pruebas estadísticas de normalidad e inferenciales, lo cual facilitó la validación de las diferencias entre los grupos de estudio desde un punto de vista estadístico (Hernández et al., 2014).

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El nivel de la investigación fue explicativo, ya que se enfocó en establecer relaciones de causalidad entre la presencia de cucarachas (*Periplaneta americana* y *Blattella germanica*) y la reducción de residuos orgánicos en condiciones experimentales. Se buscó verificar si los tratamientos generaban una reducción significativamente mayor en comparación con un grupo sin intervención (Sampieri et al., 2014).

3.1.3. DISEÑO

El diseño adoptado fue cuasiexperimental, enmarcado dentro de una metodología cuantitativa. Se trabajó con dos grupos experimentales y un grupo control. Las unidades experimentales fueron asignadas de forma no aleatoria, pero bajo condiciones estandarizadas para asegurar la validez del experimento.

Cada grupo fue tratado de la siguiente manera:

- Grupo Control: Residuos orgánicos domiciliarios sin intervención de cucarachas.
- Grupo Experimental 1: Residuos orgánicos domiciliarios tratados con *Periplaneta americana* (50 individuos por caja experimental).
- Grupo Experimental 2: Residuos orgánicos domiciliarios tratados con *Blattella germanica* (50 individuos por caja experimental).

Cada tratamiento experimental fue replicado en cuatro unidades experimentales independientes, mientras que el grupo control estuvo representado por una sola unidad experimental. Cada evaluación tuvo una duración de 48 horas, periodo determinado con base en estudios previos que documentan una actividad de consumo sostenida en este lapso, permitiendo observar cambios medibles sin afectar la supervivencia de los organismos (Jesús, 2020; Vásquez, 2023). Se realizaron 16 evaluaciones consecutivas por unidad entre el 30 de diciembre de 2024 y el 29 de enero de 2025. Se registraron variables como el peso inicial y final de los residuos, así como temperatura y humedad ambiental al inicio y cierre de cada evaluación.

A continuación, se presenta el esquema del diseño experimental:

Tabla 3*Diseño experimental*

Grupo	Nº de Repeticiones	Nº de Evaluaciones	Tiempo por Evaluación
Grupo Experimental 1	4 cajas	16 evaluaciones	48 horas
Grupo Experimental 2	4 cajas	16 evaluaciones	48 horas
Grupo Control	1 caja	16 evaluaciones	48 horas

Las unidades experimentales consistieron en bandejas de vidrio de 25 cm de alto por 45 cm de ancho, divididas en dos compartimientos: uno para los residuos y otro para las cucarachas. Se utilizaron 50 individuos por unidad experimental. Para monitorear las condiciones ambientales, se midió la temperatura y la humedad relativa mediante el uso de un termómetro y un higrómetro, respectivamente (Brutti, 2001).

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población estuvo conformada por residuos orgánicos generados en la ciudad de Huánuco. Según el informe de la Dirección de Estudios de Saneamiento Ambiental (DESA, 2014), estos alcanzan un promedio de 120 toneladas diarias.

3.2.2. MUESTRA

La muestra utilizada para la experimentación fue 14,400 gramos de residuos orgánicos domiciliarios, distribuidos en 16 pruebas experimentales. Cada unidad experimental empleó 100 gramos de residuos orgánicos, los cuales fueron recolectados de manera aleatoria simple, tanto en hogares como en mercados locales y cementerios de la ciudad de Huánuco.

Las cucarachas utilizadas fueron recolectadas manualmente en ambientes urbanos de la ciudad de Huánuco, en mercados locales, hogares, zonas residenciales y cementerios para *Periplaneta americana*, y en cocinas de establecimientos comerciales para *Blattella germanica*. Estas especies fueron identificadas visualmente y mantenidas en condiciones controladas antes del experimento.

El tipo de muestreo fue probabilístico, específicamente aleatorio simple, con el fin de garantizar que todos los residuos generados

tuvieran la misma probabilidad de ser seleccionados. Este método permitió obtener una muestra representativa y homogénea, evitando sesgos en la selección y asegurando que los residuos fueran frescos y comparables en composición.

En cada unidad experimental se trabajó con 50 individuos de *Periplaneta americana* y 50 individuos de *Blattella germanica*, según el grupo correspondiente. Esta cantidad fue determinada en base a estudios previos sobre eficiencia de biodegradación con insectos detritívoros, donde se observó una relación óptima entre la masa de residuos y el número de individuos por unidad experimental (Jesús, 2020; Espinoza, 2020; Vásquez, 2023).

Cada corrida experimental tuvo una duración de 48 horas, tiempo durante el cual se evaluó la reducción de residuos por cada especie en sus respectivas unidades experimentales. Al término de cada periodo, se registraron el peso final de los residuos y las condiciones ambientales, para luego iniciar la siguiente evaluación consecutiva.

Este diseño de muestreo y selección de unidades experimentales garantizó la fiabilidad de los resultados obtenidos, al permitir controlar la variabilidad y minimizar las fuentes de error durante la ejecución del experimento.

Cabe precisar que el muestreo aleatorio simple se aplicó exclusivamente a la selección de residuos orgánicos domiciliarios, mientras que la asignación de tratamientos a las unidades experimentales fue deliberada, característica propia del diseño cuasiexperimental.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Para garantizar la precisión, objetividad y confiabilidad en la obtención de datos, se emplearon diversas técnicas e instrumentos adecuados para el registro de las variables experimentales, principalmente la reducción de residuos orgánicos domiciliarios.

Técnicas utilizadas:

La recolección de datos se realizó de forma sistemática y directa sobre las unidades experimentales, siguiendo un protocolo previamente establecido. Se aplicaron las siguientes técnicas:

- Observación directa: Se realizó un monitoreo continuo del proceso de degradación de residuos en cada unidad experimental, verificando el comportamiento de las especies de cucarachas durante las 48 horas de exposición. La observación se realizó de manera estructurada, siguiendo un registro diario para cada evaluación.
- Pesaje diferencial: Se midió el peso inicial y final de los residuos utilizando una balanza digital de precisión, registrando los datos antes y después de cada evaluación, con el objetivo de determinar la tasa de reducción expresada en gramos y porcentaje.
- Registro fotográfico: Se documentó visualmente el estado de los residuos antes y después de cada evaluación.
- Medición ambiental: Se registraron variables como temperatura y humedad relativa utilizando un termómetro análogo y un higrómetro, respectivamente (Brutti, 2001), con el fin de evaluar posibles influencias ambientales sobre la eficiencia de biodegradación.

Instrumentos utilizados:

El instrumento principal de la presente investigación fue una ficha estructurada de recolección de datos, diseñada específicamente para registrar de manera sistemática las variables experimentales en cada una de las 16 evaluaciones realizadas. Esta ficha permitió registrar:

- Fecha de cada evaluación
- Cantidad inicial y final de residuos orgánicos domiciliarios
- Cantidad inicial y final de individuos activos de *Periplaneta americana* y *Blattella germanica*
- Condiciones ambientales iniciales y finales: temperatura (°C) y humedad relativa (%)

Este instrumento se presenta en el Anexo 3. El diseño de la ficha permitió llevar un control organizado y completo de la información recolectada, garantizando la trazabilidad de los datos y facilitando el posterior procesamiento y análisis.

Dado que las variables registradas fueron objetivas, cuantitativas y directamente medibles, sin la intervención de percepciones ni interpretaciones subjetivas, no fue necesario realizar un proceso de validación formal del instrumento. La información provino de mediciones físicas y directas, lo que asegura su confiabilidad y precisión. Asimismo, de acuerdo con el Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco (2020), no se establece como requisito la validación de instrumentos en investigaciones experimentales que recojan datos objetivos mediante registros directos.

Además de la ficha estructurada, se emplearon los siguientes equipos auxiliares:

- Balanza digital de precisión: Para registrar el peso inicial y final de los residuos orgánicos en cada unidad experimental, con una exactitud mínima de 0.01 g
- Termómetro digital: Para medir la temperatura ambiental dentro de las cajas experimentales
- Higrómetro digital: Para registrar la humedad relativa en el ambiente experimental
- Cuaderno de campo: Para registrar información complementaria, incidencias y observaciones adicionales durante la ejecución de las pruebas
- Cámara fotográfica: Para la evidencia visual del estado de los residuos antes y después de cada evaluación

El procedimiento de recolección se desarrolló de manera ordenada, registrando todas las mediciones y observaciones en las fichas técnicas diseñadas para el experimento, asegurando la trazabilidad y el control de la información obtenida en cada una de las 16 evaluaciones.

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Se midió el peso inicial de los residuos orgánicos antes de su exposición a los insectos, y nuevamente al término de 48 horas, utilizando una balanza digital de precisión. La diferencia entre ambos valores permitió calcular el porcentaje de reducción (PR), de acuerdo con la siguiente fórmula (Jesús, 2020):

$$PR(\%) = \frac{(P_i - P_f)}{P_i} \times 100$$

Donde:

P_i = Peso inicial de los residuos (g)

P_f = Peso final de los residuos (g)

PR (%) = Porcentaje de reducción

Los datos obtenidos fueron organizados en tablas que permitieron visualizar los resultados de cada evaluación, incluyendo pesos iniciales, pesos finales, porcentajes de reducción, y condiciones ambientales registradas. Estas tablas se presentan en el Anexo 4.

Para la presentación de los resultados en el Capítulo IV, se elaboraron diversos tipos de gráficos:

- Gráficos de barras: Para mostrar los promedios de reducción por tratamiento, tanto en la evaluación final como en la serie temporal completa.
- Gráficos de líneas: Para visualizar la evolución temporal de la reducción de residuos a lo largo de las 16 evaluaciones.
- Gráficos de dispersión: Para analizar las relaciones entre variables ambientales (temperatura y humedad) y el porcentaje de reducción de residuos.

Estas representaciones gráficas facilitaron la interpretación de los resultados y la identificación de patrones y tendencias en el comportamiento de las variables estudiadas.

3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Para el procesamiento y análisis de los datos obtenidos se emplearon técnicas estadísticas descriptivas e inferenciales, con el propósito de caracterizar el comportamiento de las variables y contrastar las hipótesis planteadas.

Estadística descriptiva:

Se calcularon medidas de tendencia central (medias) y de dispersión (desviaciones estándar) para cada tratamiento. Asimismo, se determinaron los porcentajes de reducción promedio en cada evaluación y durante todo el periodo experimental.

Verificación de supuestos:

Previo a la aplicación de pruebas paramétricas, se verificó el cumplimiento de los supuestos estadísticos:

- Normalidad: Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk ($\alpha = 0.05$) para evaluar si los datos seguían una distribución normal.
- Homogeneidad de varianzas: Se empleó la prueba de Levene ($\alpha = 0.05$) para verificar la igualdad de varianzas entre grupos.

Pruebas inferenciales:

Con base en los resultados de las pruebas de supuestos, se seleccionaron las pruebas estadísticas apropiadas:

- Comparación entre dos grupos: Se empleó la prueba t de Student para muestras independientes cuando los datos cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Esta prueba permitió comparar las medias de reducción entre *P. americana* y *B. germanica*, tanto en la evaluación final como en la serie temporal completa.
- Análisis de correlaciones: Se empleó el coeficiente de correlación de Pearson para evaluar la relación entre las variables ambientales (temperatura y humedad) y el porcentaje de reducción de residuos.

En todos los análisis inferenciales se trabajó con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$, considerando resultados significativos aquellos con valores de p menores a este umbral.

Software utilizado:

- Microsoft Excel: Para el registro inicial de datos, cálculos preliminares de porcentajes de reducción, organización de tablas y elaboración de gráficos descriptivos.
- Software estadístico: Para los análisis inferenciales, verificación de supuestos, pruebas de hipótesis y generación de gráficos estadísticos. Los resultados fueron presentados siguiendo estándares de reporte estadístico académico.

Interpretación de resultados:

Los análisis inferenciales permitieron validar las hipótesis planteadas y establecer conclusiones fundamentadas sobre la efectividad comparativa de los tratamientos. La interpretación de los resultados se realizó considerando la significancia estadística (valores de p), asegurando una comprensión integral de los hallazgos.

También se analizaron las relaciones entre las variables ambientales (temperatura y humedad relativa) y la reducción de residuos orgánicos, a través de gráficos de dispersión con líneas de tendencia y análisis de correlación. Esto permitió identificar patrones de asociación y evaluar la influencia de factores externos sobre la eficiencia del proceso de biodegradación.

Los resultados fueron presentados de manera secuencial en el Capítulo IV, comenzando por los hallazgos descriptivos generales, seguidos por las comparaciones específicas entre tratamientos y finalizando con el análisis de las relaciones entre variables. Esta estructura facilitó una comprensión progresiva y coherente de los fenómenos estudiados.

Consideraciones éticas:

La investigación se desarrolló respetando las normativas de bioética y bienestar animal, asegurando que las cucarachas fueran manejadas bajo condiciones experimentales controladas y apropiadas para su supervivencia. No se realizaron procedimientos invasivos ni se sometió a los organismos a condiciones que causaran sufrimiento innecesario. Se garantizó que las condiciones de temperatura, humedad

y alimentación fueran adecuadas para mantener su actividad biológica normal durante todo el periodo experimental.

Asimismo, se tomaron las precauciones sanitarias necesarias para evitar riesgos tanto para los organismos como para el entorno del laboratorio, siguiendo las recomendaciones del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA, 2014) para el manejo de organismos en estudios de biorremediación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

En este apartado se presentan los resultados del experimento de reducción de residuos orgánicos domiciliarios utilizando tres tratamientos: *Periplaneta americana*, *Blattella germanica* y un grupo control sin insectos. En cada evaluación se colocaron 100 gramos de residuos por tratamiento. La variable principal fue el porcentaje de reducción, calculado como:

$$PR(\%) = \frac{(Pi - Pf)}{Pi} \times 100$$

Como el peso inicial fue siempre de 100 gramos, los gramos reducidos coincidieron numéricamente con el porcentaje de reducción. Las tablas detalladas con pesos iniciales y finales por fecha y réplica se encuentran en el Anexo 4.

Los resultados se organizan de la siguiente manera: primero se presentan los resultados finales de cada tratamiento, luego se describe cómo evolucionó la reducción día a día, después se analiza la consistencia de los datos entre repeticiones, y finalmente se describen las condiciones ambientales en las que se desarrolló el experimento.

4.1.1. RESULTADOS GLOBALES POR TRATAMIENTO

En este apartado se compara el resultado alcanzado al cierre del periodo experimental entre los tres tratamientos. La Tabla 4 muestra los pesos finales y porcentajes de reducción obtenidos.

Tabla 4

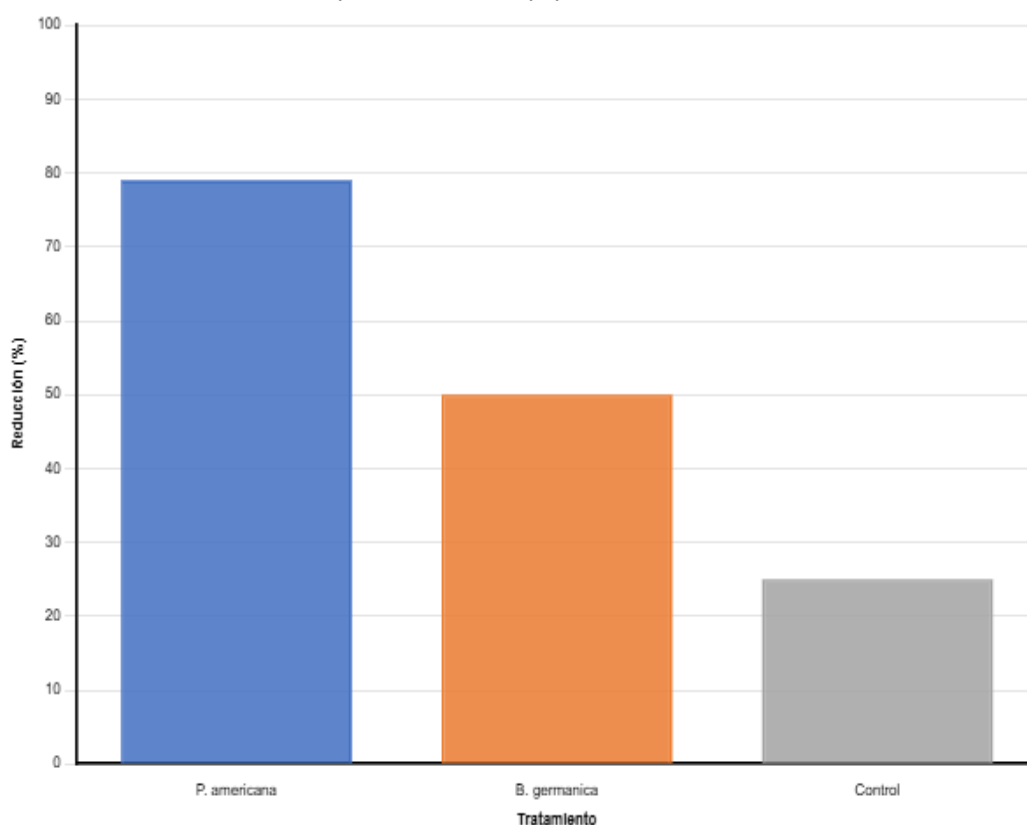
Reducción final al cierre del periodo

Tratamiento	Promedio peso final (g)	Reducción final (%)
<i>Periplaneta americana</i>	21.0	79.0
<i>Blattella germanica</i>	50.0	50.0
Control (sin cucarachas)	75.0	25.0

Nota: Los valores corresponden al promedio de cuatro repeticiones por tratamiento experimental.

Figura 6

Reducción final de residuos por tratamiento (%)



Nota: Las barras muestran la reducción final (%) por tratamiento al cierre del periodo experimental.

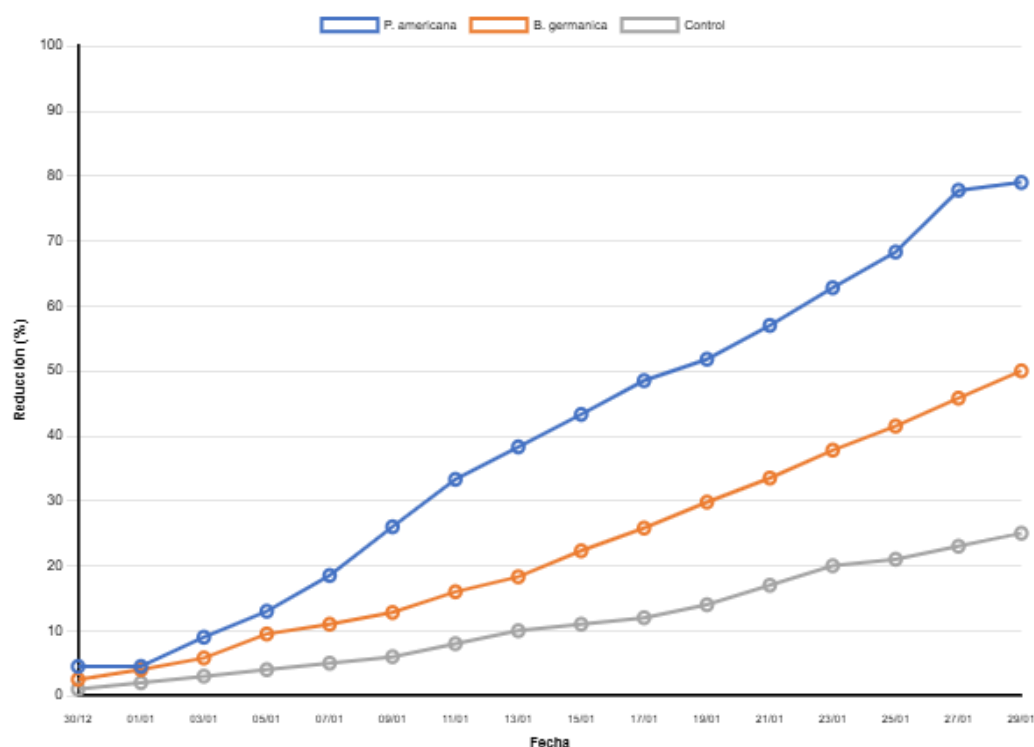
Al finalizar el estudio, *Periplaneta americana* registró la mayor eficacia con 79% de reducción, seguida por *Blattella germanica* con 50%. El grupo control apenas alcanzó 25%, lo cual se atribuyó a pérdida de humedad y descomposición natural sin intervención biológica. En términos concretos, *P. americana* superó a *B. germanica* en aproximadamente 30 puntos porcentuales. Para ilustrarlo mejor: de 100 gramos iniciales de residuos, *P. americana* dejó solo 21 gramos, mientras que *B. germanica* dejó 50 gramos.

4.1.2. EVOLUCIÓN DE LA REDUCCIÓN DURANTE EL ESTUDIO

Habiendo presentado los resultados finales, en este apartado se describe cómo fue cambiando la reducción a lo largo de las 16 evaluaciones realizadas entre el 30 de diciembre de 2024 y el 29 de enero de 2025. La Figura 7 ilustra esta progresión temporal.

Figura 7

Evolución de la reducción por evaluación (%)



Nota: Serie de 16 evaluaciones (30/12/2024 – 29/01/2025).

La reducción fue aumentando progresivamente en los tres tratamientos conforme avanzaron los días. Desde la segunda semana, la curva de *P. americana* se mantuvo consistentemente por encima de *B. germanica*. Para dar una idea más clara de la tendencia: al inicio (30/12/24) se observaron aproximadamente 4.5%, 2.5% y 1% para *P. americana*, *B. germanica* y control, respectivamente; a mitad del periodo (11/01/25) los valores alcanzaron aproximadamente 33.2%, 16.0% y 8.0%; y al cierre (29/01/25) llegaron a 79.0%, 50.0% y 25.0%, en el mismo orden.

Estos resultados muestran que ambas especies consumieron los residuos de manera efectiva, siendo *P. americana* más rápida y eficiente. El grupo control tuvo el avance más lento, como era de esperar cuando no hay organismos procesando activamente la materia orgánica.

4.1.3. CONSISTENCIA ENTRE REPETICIONES Y SÍNTESIS DESCRIPTIVA

Una vez analizada la tendencia temporal, en este apartado se evaluó qué tan estables fueron los resultados entre las cuatro repeticiones de cada tratamiento. Esto permite confirmar la confiabilidad de los hallazgos. La Tabla 5 resume los estadísticos descriptivos del periodo completo.

Tabla 5

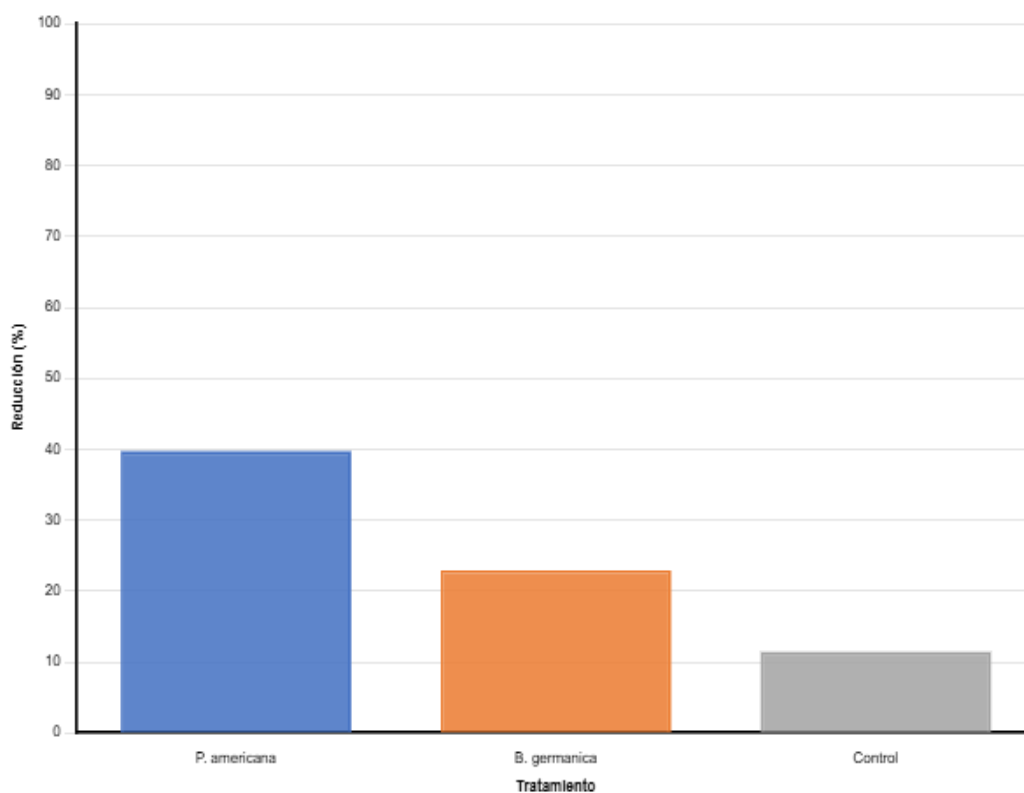
Estadísticos descriptivos de la reducción (%) durante el periodo experimental.

Tratamiento	Reducción media (%)	Desviación estándar (%)
<i>Periplaneta americana</i>	39.7	24.6
<i>Blattella germanica</i>	22.9	14.9
Control	11.4	7.9

Nota: Media y desviación estándar (DE) calculadas a partir de 16 observaciones por tratamiento (promedio por fecha). La DE indica la variación en los datos a lo largo del tiempo.

Figura 8

Distribución de la reducción (%) por tratamiento



Nota: Reducción promedio (%) por tratamiento durante las 16 evaluaciones.

La reducción promedio en todo el periodo fue mayor en *P. americana* (39.7%) que en *B. germanica* (22.9%) y que en el control (11.4%).

La desviación estándar indica cuánto varió cada tratamiento alrededor de su promedio a lo largo del tiempo. En el caso de la *P. americana*, la desviación de 24.6% fue mayor que las demás, lo cual se explica porque al inicio del experimento la reducción fue baja (4.5%) y hacia el final alcanzó valores altos (79.0%). Esta mayor variabilidad no representa inconsistencia, sino el proceso natural de aceleración del consumo conforme las cucarachas se adaptaron y consumieron más sustrato.

Al cierre del estudio, los pesos finales promedio fueron 21.0 ± 3.0 g para *P. americana* y 50.0 ± 1.9 g para la *B. germanica*. La pequeña variación entre las cuatro repeticiones de cada especie (reflejada en estas desviaciones de ± 3.0 y ± 1.9 gramos) confirmó que los patrones observados fueron consistentes y confiables.

4.1.4. CONDICIONES AMBIENTALES DEL ENSAYO

Finalmente, es importante describir el contexto ambiental en el que se desarrolló el experimento, ya que estas condiciones pueden influir en el comportamiento de los organismos evaluados. Durante el periodo experimental, la temperatura osciló aproximadamente entre 21-30 °C y la humedad relativa entre 70-81%. Estas condiciones resultaron apropiadas para la actividad de alimentación de ambas especies. En la sección 4.2 se analizará específicamente si estas variables ambientales tuvieron relación estadística con la cantidad de residuos reducidos.

4.2. CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

En este apartado se verificaron, la hipótesis general y las tres hipótesis específicas. Para cada una se indica qué datos se usaron, qué prueba estadística se aplicó y qué significa el resultado tanto desde el punto de vista estadístico como práctico. Se trabajó con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

4.2.1. HIPÓTESIS GENERAL (H1)

Hipótesis (H1): La especie *Periplaneta americana* reduce en mayor medida los residuos orgánicos domiciliarios en comparación con *Blattella germanica*.

Hipótesis nula (H0): No hay diferencia significativa en la reducción de residuos orgánicos domiciliarios entre *Periplaneta americana* y *Blattella germanica*.

Datos usados: Se tomaron los datos de la última evaluación (29/01/2025), con 4 repeticiones por especie. Se eligió el punto final para respetar la independencia de las réplicas.

Verificación de supuestos: Previo a la comparación estadística, se verificó el cumplimiento de los supuestos paramétricos mediante las pruebas de Shapiro-Wilk para normalidad y Levene para homogeneidad de varianzas. Los resultados se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6

Verificación de supuestos estadísticos para la comparación entre especies.

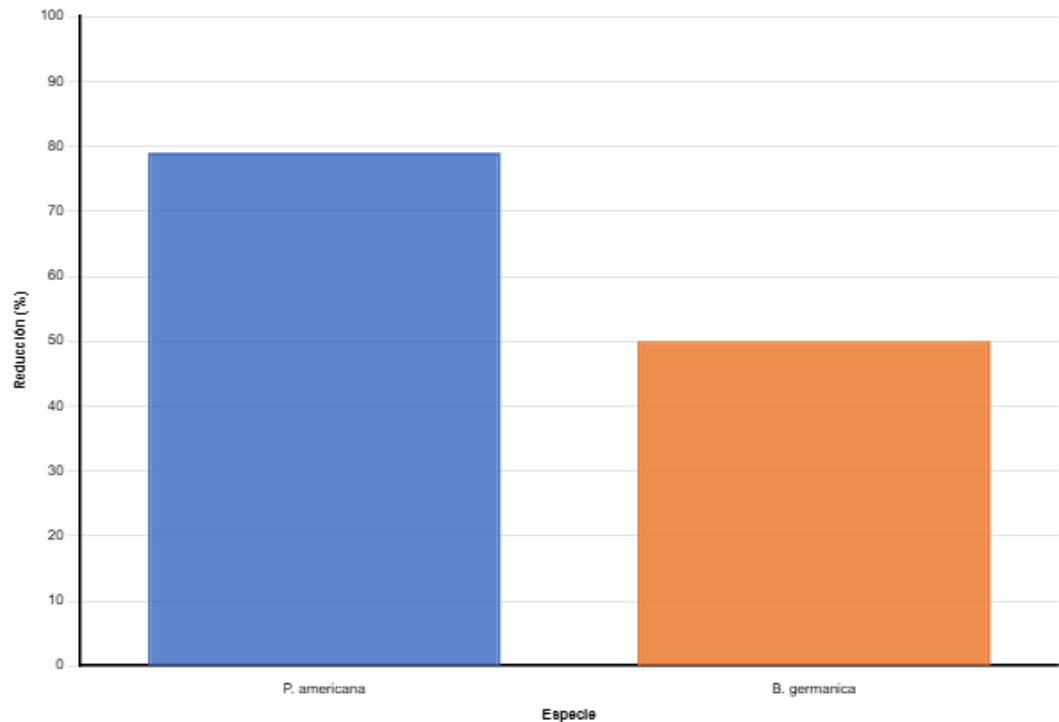
Prueba	Resultado	Interpretación
Shapiro-Wilk (normalidad)	$p > 0.05$	Los datos siguen una distribución normal
Levene (homogeneidad de varianzas)	$p > 0.05$	Las varianzas son homogéneas

Nota. Ambas pruebas indican que se cumplen los supuestos para usar la prueba t de Student. Nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Los resultados indicaron que los datos siguieron una distribución normal y presentaron varianzas homogéneas, lo cual permitió el uso de la prueba t de Student para muestras independientes.

Figura 9

Comparación final por especie



Nota. Reducción final por especie.

Tabla 7

Prueba t de Student para la evaluación final.

Comparación	t	gl	p	Diferencia de medias
<i>P. americana</i> vs <i>B. germanica</i>	11.21	6	< 0.001	29%

Nota. gl = grados de libertad; p = valor de probabilidad. Se utilizó un nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

El valor de $p < 0.001$ resultó muy por debajo del umbral de 0.05, lo que significa que la diferencia entre ambas especies es estadísticamente significativa.

Resultado y decisión. Se aceptó H1 y se rechazó H0. La especie *P. americana* redujo significativamente más que *B. germanica* ($p < 0.001$). Bajo las mismas condiciones experimentales, la especie de mayor tamaño corporal consumió considerablemente más residuos al final del periodo.

4.2.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 1 (HE1)

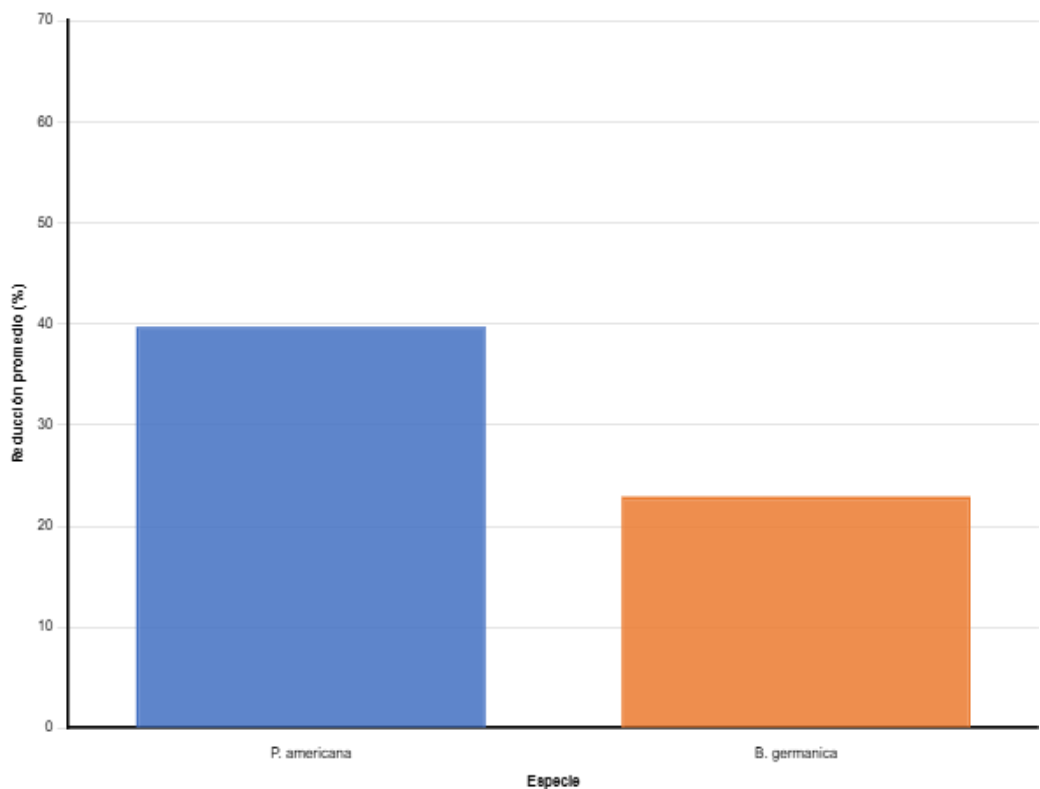
Hipótesis (HE1): *Periplaneta americana* presenta una mayor tasa de reducción de residuos orgánicos en comparación con *Blattella germanica*.

Hipótesis nula (H0): No hay diferencia significativa en la tasa de reducción de residuos orgánicos entre *Periplaneta americana* y *Blattella germanica*.

Datos usados. Serie completa de 16 evaluaciones; se trabajó con el promedio por fecha para cada especie.

Figura 10

Reducción media por especie en la serie



Nota. Promedios de 16 evaluaciones consecutivas con intervalos de confianza al 95%.

Tabla 8

Prueba t de Student para comparación entre especies en la serie temporal

Comparación	t	gl	p	Media ± DE (%)
P. americana vs B. germanica	2.35	30	0.025	39.7 ± 24.6 vs 22.9 ± 14.9

Nota. Los valores corresponden a los promedios de 16 evaluaciones consecutivas.

DE = desviación estándar; p = valor de probabilidad.

El valor de $p = 0.025$ quedó por debajo del nivel de significancia (0.05), confirmando una diferencia estadísticamente significativa.

Resultado y decisión. Se aceptó HE1. La especie *P. americana* mantuvo, en promedio, una reducción mayor que *B. germanica* ($p = 0.025$). Esta ventaja se sostuvo a lo largo de las 16 fechas de evaluación, con promedios de 39.7% y 22.9% respectivamente. Esto confirma que la diferencia observada al final no fue un resultado puntual, sino un patrón consistente durante todo el mes de estudio.

4.2.3. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2 (HE2)

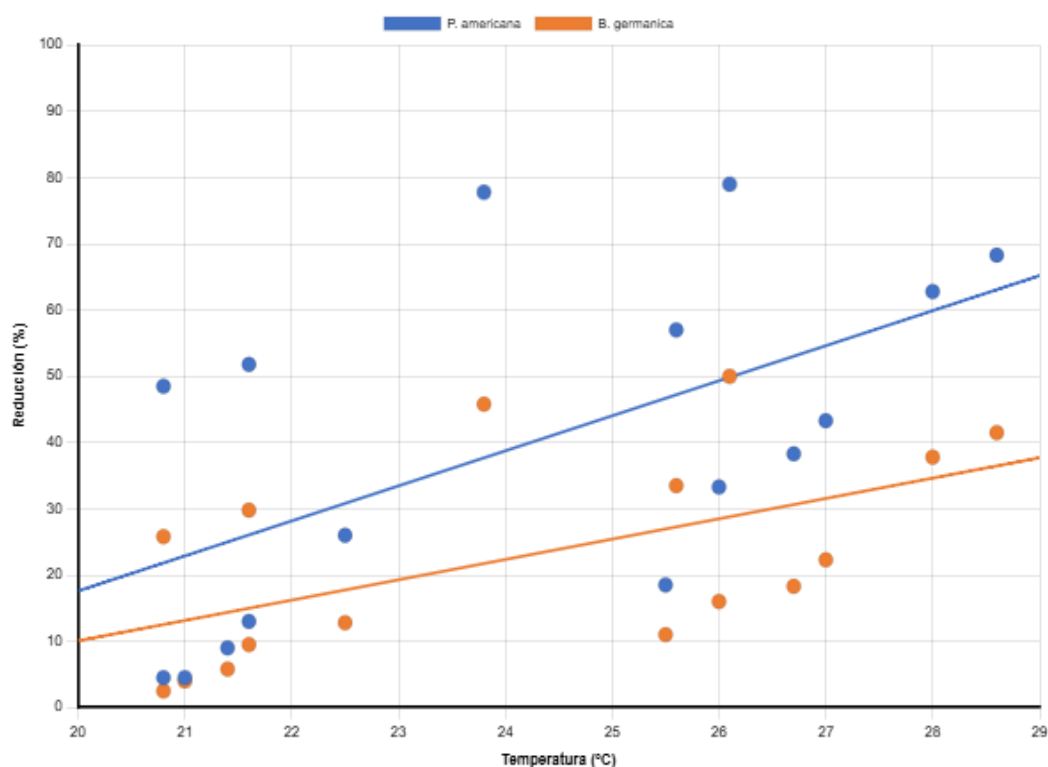
Hipótesis (HE2): Existe una relación significativa entre la temperatura y la humedad ambiental con el porcentaje de reducción de residuos orgánicos domiciliarios por parte de *Periplaneta americana* y *Blattella germanica*.

Hipótesis nula (H0): No existe una relación significativa entre la temperatura y la humedad ambiental con el porcentaje de reducción de residuos orgánicos domiciliarios por parte de *Periplaneta americana* y *Blattella germanica*.

Datos usados. Para cada fecha ($n = 16$) se promedió la lectura inicial y final de temperatura y humedad.

Figura 11

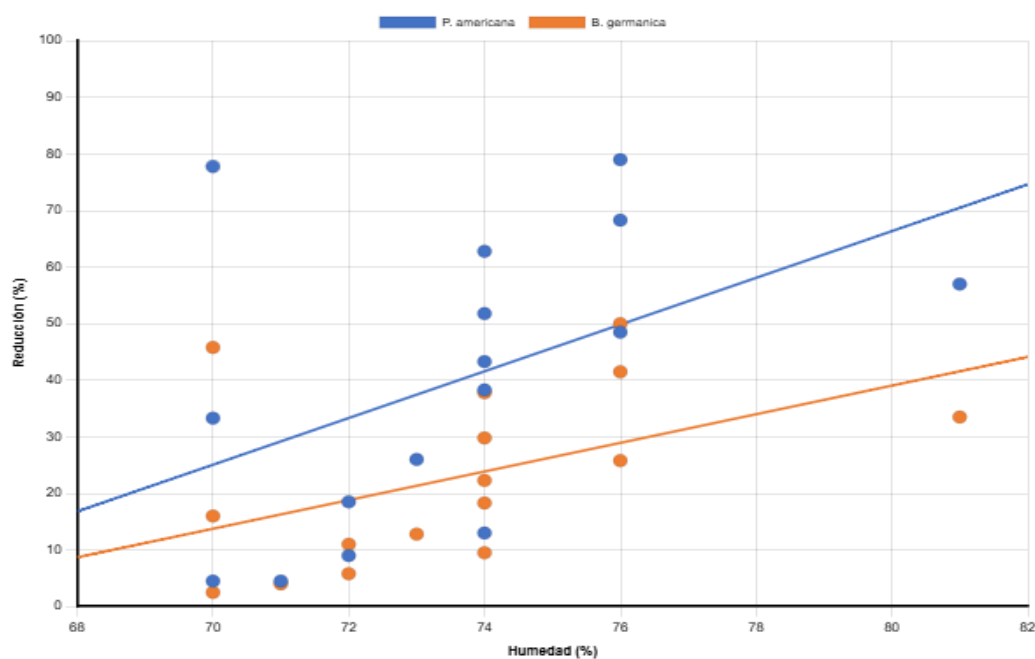
Temperatura vs. reducción (serie de 16 evaluaciones)



Nota. Las líneas muestran la tendencia lineal entre humedad relativa y porcentaje de reducción para ambas especies.

Figura 12

Humedad relativa vs. reducción (serie de 16 evaluaciones)



Nota. Las líneas muestran la tendencia lineal entre humedad relativa y porcentaje de reducción para ambas especies.

Para evaluar la relación entre las variables ambientales y el porcentaje de reducción, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, calculado mediante la siguiente fórmula:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Donde:

r = coeficiente de correlación de Pearson

x_i = valor de la variable independiente (temperatura o humedad)

y_i = valor de la variable dependiente (porcentaje de reducción)

$\bar{x}$ = media de la variable independiente

$\bar{y}$ = media de la variable dependiente

n = número de observaciones (16)

Tabla 9

Correlaciones entre variables ambientales y reducción

Tratamiento	Variable	n	r (Pearson)	p
<i>P. americana</i>	Temperatura (°C)	16	0.58	0.018
<i>P. americana</i>	Humedad (%)	16	0.37	0.154
<i>B. germanica</i>	Temperatura (°C)	16	0.57	0.021
<i>B. germanica</i>	Humedad (%)	16	0.42	0.110

Nota. r = coeficiente de correlación de Pearson; p = valor de probabilidad.

Correlación significativa cuando $p < 0.05$.

Para la temperatura, se obtuvo $r \approx 0.58$, lo que indica una relación positiva moderada y estadísticamente significativa ($p < 0.05$). Esto quiere decir que cuando aumentó la temperatura dentro del rango observado (21-30 °C), también se incrementó la reducción de residuos.

Por otro lado, la humedad relativa mostró un coeficiente $r \approx 0.39$, indicando una relación débil que no alcanzó significancia estadística ($p > 0.05$). Este resultado probablemente se debió a que la humedad se mantuvo consistentemente alta (70-81%) durante todo el experimento.

Resultado y decisión. Se aceptó parcialmente HE2. La temperatura se relacionó de forma positiva y significativa con la reducción ($p < 0.05$),

mientras que la humedad relativa no mostró asociación estadísticamente significativa. A mayor temperatura dentro del rango observado, mayor fue el consumo de residuos por ambas especies.

4.2.4. HIPÓTESIS ESPECÍFICA 3 (HE3)

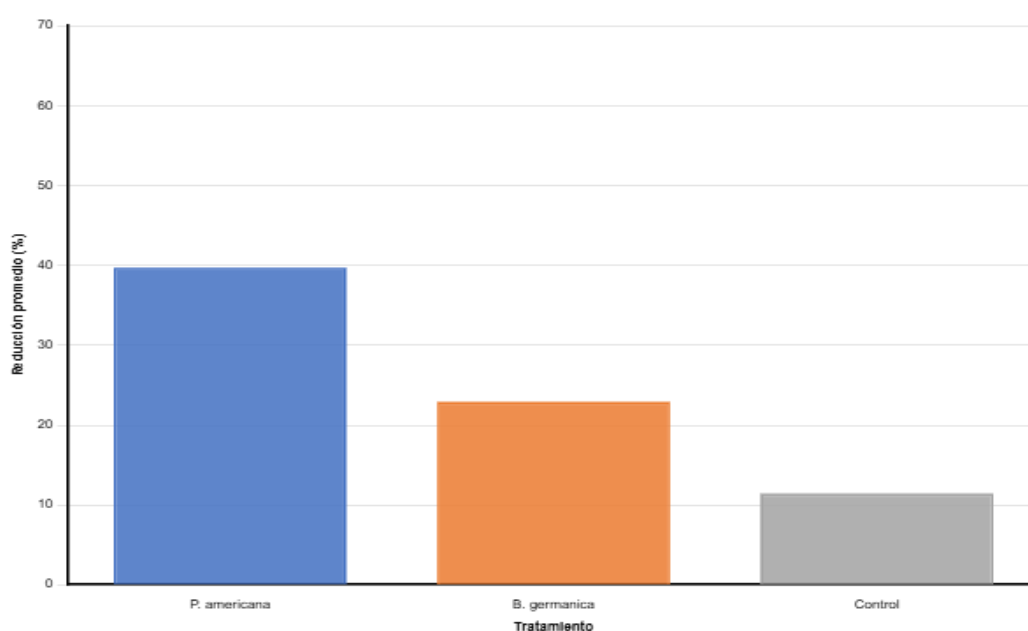
Hipótesis (HE3): Los tratamientos con cucarachas (*Periplaneta americana* y *Blattella germanica*) reducen en mayor medida los residuos orgánicos domiciliarios que el grupo control sin intervención, considerando diferentes tiempos de evaluación.

Hipótesis nula (H0): No existen diferencias significativas en la reducción de residuos orgánicos domiciliarios entre los tratamientos con cucarachas y el grupo control sin intervención, considerando diferentes tiempos de evaluación.

Datos usados. Serie de 16 evaluaciones (tres grupos: *P. americana*, *B. germanica* y control).

Figura 13

Reducción media por tratamiento (serie)



Nota. Incluye los tres grupos experimentales con sus promedios de 16 evaluaciones.

Tabla 10*Comparación de tratamientos con cucarachas vs. grupo control*

Comparación	t	gl	p	Diferencia de medias
<i>P. americana</i> vs Control	4.26	30	< 0.001	28.3%
<i>B. germanica</i> vs Control	2.60	30	0.014	11.5%

Nota. Los valores corresponden a promedios de 16 evaluaciones. p = valor de probabilidad; $\alpha = 0.05$.

Ambas comparaciones mostraron valores de p por debajo de 0.05, confirmando diferencias estadísticamente significativas.

Resultado y decisión. Se aceptó HE3. Ambos tratamientos con cucarachas redujeron significativamente más residuos que el control ($p < 0.05$).

En términos prácticos, esto significa que la presencia de cucarachas aceleró considerablemente la degradación de los residuos orgánicos. *P. americana* logró una reducción aproximadamente tres veces mayor que el control (79% vs. 25%), mientras que *B. germanica* alcanzó aproximadamente el doble (50% vs. 25%). El grupo control mostró reducción únicamente por descomposición natural y pérdida de humedad, procesos pasivos que resultaron significativamente más lentos que la biodegradación activa mediada por los insectos.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

Los resultados obtenidos en la presente investigación permitieron verificar que existen diferencias significativas en la capacidad de reducción de residuos orgánicos domiciliarios entre las especies *Periplaneta americana* y *Blattella germanica*, bajo condiciones controladas en la ciudad de Huánuco. A continuación, se discuten los hallazgos principales en función de los objetivos planteados y se contrastan con los antecedentes revisados.

5.1.1. RESPECTO AL OBJETIVO GENERAL

El objetivo general consistió en determinar la eficacia comparativa de reducción de residuos orgánicos domiciliarios utilizando las especies *Periplaneta americana* y *Blattella germanica*. Los resultados demostraron que *P. americana* logró una reducción final del 79%, mientras que *B. germanica* alcanzó el 50%, y el grupo control sin intervención apenas llegó al 25%. Esta diferencia fue estadísticamente significativa ($p < 0.001$), lo que confirma la hipótesis general planteada.

Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Patón et al. (2023), quienes evaluaron tres especies de cucarachas en la degradación de residuos alimentarios y encontraron eficiencias diferenciadas entre especies, siendo algunas más efectivas que otras en el procesamiento de materia orgánica. En su estudio, *Aeluropoda insignis* mostró la mayor eficiencia (29%), seguida de *Eublaberus sp.* (28%) y *Blaptica dubia* (23%). Aunque las especies evaluadas fueron diferentes, el patrón de variabilidad interespecífica es consistente con los resultados de la presente investigación.

En el contexto nacional, Vásquez (2023) reportó una reducción superior al 45% utilizando *P. americana* en condiciones experimentales similares, cifra que se encuentra dentro del rango observado en este estudio durante las evaluaciones intermedias. Asimismo, Jesús (2020) encontró una reducción del 50% en residuos orgánicos empleando la misma especie en Huánuco, dato que se asemeja a nuestros resultados

promedio de la serie temporal (39.7%). La diferencia en el porcentaje final puede atribuirse a variaciones en la duración del experimento, la composición del sustrato y las condiciones ambientales específicas de cada ensayo.

5.1.2. RESPECTO AL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO

El primer objetivo específico buscó comparar la eficiencia en la reducción de residuos orgánicos entre ambas especies a lo largo del tiempo. Los resultados mostraron que *P. americana* mantuvo una tasa de reducción consistentemente mayor durante las 16 evaluaciones (promedio de 39.7% versus 22.9% para *B. germanica*), con una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0.025$).

Este comportamiento puede explicarse desde una perspectiva biológica. La *P. americana* presenta un mayor tamaño corporal, un sistema digestivo más robusto y una mayor capacidad de consumo de materia orgánica en comparación con *B. germanica* (Koehler & Brenner, 2009). Además, su intestino alberga microbiota simbiótica que facilita la descomposición de celulosa y otros compuestos complejos, lo que incrementa su eficiencia en la biodegradación (Van Huis et al., 2013).

Calderón y Vega (2021), en su estudio con *Sherfordella lateralis*, también encontraron que la eficiencia del proceso de degradación estuvo influenciada por características fisiológicas de la especie y por factores ambientales como la temperatura. En nuestro caso, ambas especies mostraron un patrón de aceleración del consumo hacia la segunda mitad del periodo experimental, lo que sugiere un proceso de adaptación al sustrato y a las condiciones del entorno.

En el ámbito local, Castillo (2020) documentó el uso de *P. americana* para la conversión de residuos orgánicos en biomasa corporal, confirmando su capacidad para procesar grandes volúmenes de materia orgánica de forma sostenida. Los resultados de la presente investigación refuerzan esta evidencia y demuestran que, bajo condiciones estandarizadas, *P. americana* es significativamente más eficiente que *B. germanica*.

5.1.3. RESPECTO AL SEGUNDO OBJETIVO ESPECÍFICO

El segundo objetivo específico buscó analizar la relación entre la temperatura y la humedad ambiental con el porcentaje de reducción de residuos orgánicos. Los resultados mostraron una correlación positiva y significativa entre la temperatura y la reducción de residuos ($r \approx 0.58$, $p < 0.05$), mientras que la humedad relativa no mostró una asociación estadísticamente significativa ($r \approx 0.39$, $p > 0.05$).

Estos hallazgos son coherentes con la literatura científica. Awasthi et al. (2015) señalan que la temperatura es un factor determinante en la actividad metabólica de los organismos descomponedores, y que rangos óptimos entre 25°C y 35°C favorecen una mayor tasa de consumo de residuos. En el presente estudio, las temperaturas oscilaron entre 21°C y 30°C, encontrándose dentro del rango favorable para ambas especies.

Por otro lado, la falta de asociación estadística con la humedad relativa puede explicarse porque esta variable se mantuvo consistentemente alta durante todo el experimento (70-81%), sin presentar fluctuaciones significativas que permitieran detectar su efecto. Haug (1993) menciona que niveles de humedad superiores al 60% son suficientes para mantener la actividad de los insectos detritívoros, y que valores más altos no necesariamente incrementan la eficiencia de manera proporcional.

Espinoza (2020), en su estudio con *P. americana* en la Amazonía ecuatoriana, también reportó que las condiciones de alta humedad favorecieron la supervivencia y actividad de las cucarachas, aunque no cuantificó la relación específica entre humedad y tasa de reducción. Los resultados de la presente investigación sugieren que, una vez que la humedad alcanza un umbral mínimo adecuado, su variación dentro de rangos altos tiene un efecto limitado sobre la eficiencia del proceso.

5.1.4. RESPECTO AL TERCER OBJETIVO ESPECÍFICO

El tercer objetivo específico consistió en comparar la reducción de residuos alcanzada por los tratamientos con cucarachas respecto al grupo control. Los resultados confirmaron que ambos tratamientos redujeron significativamente más residuos que el control ($p < 0.05$). Específicamente, *P. americana* logró una reducción aproximadamente

tres veces mayor que el control (79% vs. 25%), mientras que *B. germanica* alcanzó aproximadamente el doble (50% vs. 25%).

El grupo control mostró una reducción del 25%, la cual puede atribuirse únicamente a procesos de descomposición natural y pérdida de humedad del sustrato, sin la intervención activa de organismos descomponedores. Este resultado coincide con lo reportado por Apaza (2022), quien evaluó la minimización de residuos orgánicos con *Ulomoides dermestoides* y encontró que los tratamientos con insectos superaron significativamente al grupo control.

Macazana (2020) y Villagra et al. (2020) también documentaron que la presencia de *P. americana* aceleró considerablemente la degradación de residuos orgánicos en comparación con métodos pasivos, y que la biomasa resultante puede ser aprovechada como compost, alimento para animales o incluso como materia prima en la industria. Estos hallazgos refuerzan la viabilidad del blatticompostaje como estrategia de gestión de residuos en contextos donde los métodos tradicionales son insuficientes.

5.1.5. INTEGRACIÓN DE LOS HALLAZGOS

En conjunto, los resultados de la presente investigación demuestran que el uso de cucarachas, particularmente *P. americana*, representa una alternativa viable, eficiente y sostenible para el manejo de residuos orgánicos domiciliarios. La superioridad de *P. americana* se mantuvo consistente tanto en la evaluación final como en la serie temporal completa, lo que sugiere que esta especie es más adecuada para aplicaciones de biorremediación a mediana escala.

Los hallazgos también destacan la importancia de las condiciones ambientales, especialmente la temperatura, en la optimización del proceso. Para maximizar la eficiencia del tratamiento, se recomienda mantener temperaturas cercanas al extremo superior del rango observado (28-30°C) y asegurar niveles de humedad elevados ($\geq 70\%$).

Finalmente, es importante señalar que, aunque *B. germanica* mostró una menor eficiencia que *P. americana*, aún logró una reducción significativamente superior al control, lo que indica que también puede ser una opción válida en contextos donde el manejo de *P. americana*

resulte más complejo debido a su mayor tamaño o requerimientos específicos.

Los resultados obtenidos se alinean con la literatura internacional sobre blatticompostaje (Patón et al., 2023), validan experiencias previas en el contexto peruano (Jesús, 2020; Vásquez, 2023; Castillo, 2020) y abren la posibilidad de implementar sistemas de tratamiento de residuos basados en insectos como parte de estrategias de economía circular en la región de Huánuco y otras ciudades del país.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en la investigación titulada "Comparación de la eficacia en la reducción de los residuos orgánicos domiciliarios utilizando dos especies de cucarachas (*Periplaneta americana* y *Blattella germanica*) en la ciudad de Huánuco – Perú 2025", se presentan las siguientes conclusiones:

- Se determinó que *Periplaneta americana* es más eficaz que *Blattella germanica* en la reducción de residuos orgánicos domiciliarios cuando se trabaja en condiciones controladas. La primera llegó a una reducción final del 79%, mientras que la segunda alcanzó el 50%.
- Se comprobó que *Periplaneta americana* mantuvo una mayor eficiencia de manera consistente durante todo el periodo experimental, con un promedio de reducción del 39.7% frente al 22.9% de *Blattella germanica* a lo largo de las 16 evaluaciones realizadas.
- Se identificó que la temperatura ambiental influyó positivamente en la reducción de residuos orgánicos para ambas especies. Las temperaturas más elevadas dentro del rango observado (21-30°C) favorecieron una mayor actividad de consumo. Por otro lado, la humedad relativa se mantuvo alta (70-81%) durante todo el experimento, proporcionando condiciones adecuadas de manera constante.
- Se demostró que ambos tratamientos con cucarachas superaron significativamente al grupo control sin intervención. *Periplaneta americana* logró una reducción tres veces mayor que el control, mientras que *Blattella germanica* alcanzó aproximadamente el doble, evidenciando la efectividad del método biológico frente a la descomposición natural.
- Se concluyó que el uso de cucarachas, particularmente *Periplaneta americana*, representa una alternativa viable, eficiente y sostenible para el manejo de residuos orgánicos domiciliarios, contribuyendo a la reducción de residuos desde su origen y ofreciendo una opción

biotecnológica de bajo costo para contextos urbanos y rurales de la región.

RECOMENDACIONES

Con base en los hallazgos de la presente investigación, se plantean las siguientes recomendaciones:

- Se sugiere a futuros investigadores ampliar el número de réplicas experimentales y extender la duración del estudio para obtener curvas de consumo más precisas y evaluar la sostenibilidad del método a largo plazo. Asimismo, se recomienda explorar diferentes densidades poblacionales de cucarachas por unidad experimental para identificar el punto óptimo de eficiencia.
- Se aconseja evaluar la combinación de ambas especies (*Periplaneta americana* y *Blattella germanica*) en un mismo sistema de tratamiento, para ver si existe un efecto sinérgico que pueda incrementar la eficiencia global del proceso de biodegradación.
- Se recomienda realizar estudios complementarios que analicen la calidad química y microbiológica de los subproductos generados (excretas de cucarachas), para determinar su potencial uso como mejorador de suelos, fertilizante orgánico o alimento para animales, maximizando así el aprovechamiento integral del proceso.
- Se sugiere evaluar diferentes tipos de residuos orgánicos (fracción húmeda, mixta, pretratada) y aplicar pretratamientos como triturado u homogenización, que podrían acelerar el consumo y mejorar la eficiencia del proceso de biodegradación.
- Se recomienda realizar evaluaciones de costo-beneficio y estudios de aceptación social antes de implementar sistemas de blatticompostaje a escala comunitaria, considerando las percepciones culturales sobre el uso de cucarachas y diseñando estrategias de sensibilización ambiental apropiadas para la población.
- Se sugiere a futuras investigaciones explorar el uso de otras especies de cucarachas de fácil manejo en la región, así como otros insectos detritívoros, para ampliar las opciones biotecnológicas disponibles para el tratamiento de residuos orgánicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Apaza. (2022) en su investigación titulada: “*Ulomoides dermestoides* y la minimización de los residuos sólidos orgánicos en el distrito del Callao – Lima, 2022”.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/105111>
- Aristizábal, J. (2018). *Estadística aplicada con JASP: Manual práctico para análisis de datos*. Editorial Académica Española.
- Awasthi, M. K., et al. (2015). *Co-composting of organic waste: A review of feeding materials, composting process, product quality and utilization*. *Waste Management*, 45, 510–530.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.06.026>
- Ballinas. (2009). *Evaluación nutricia de la proteína de cucaracha (Periplaneta americana) en pollos de engorda*. 10. Retrieved from file:///C:/Users/user/Downloads/154-37-454-1-10-20170303.pdf.
- Banco Mundial. (2018). *Los desechos: un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos*.
<https://www.bancomundial.org/es/news/immersive-story/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-waste-management>.
- Barradas. (2009). *Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales*. Minatitlán.
- Bell. (2007). *Cockroaches: ecology, behavior, and natural history*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press
- Bell. (2007) es: *ecology, behavior, and natural history*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- Brutti. (2001). *Sistemas de Compostaje: Factores críticos del Proceso de Compostaje*. En: Seminario – Taller Internacional: Manejo de Sólidos Orgánicos para una agricultura Limpia: 9 y 10 de octubre 2001. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas.

- Cajahuanca. (2016). *Optimización del manejo de residuos orgánicos por medio de la utilización de microorganismos eficientes (Saccharomyces cerevisiae, Aspergillus sp.) en el proceso de compostaje en la central hidroeléctrica chaglla. Huánuco, Perú: (Tesis de Grado). Universidad de Huánuco* obtenido de <https://docplayer.es/57971587-Universidad-de-huanuco.html>.
- Calcina. (2015). *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos para la producción de abono orgánico en el distrito de Asillo – 2015*. Obtenido de: <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/4417>.
- Calderón, R., y Vega, M. (2021). *Determinación de la capacidad de la cucaracha red runner (Sherfordella lateralis) para degradar residuos sólidos orgánicos alimentarios*. Universidad Francisco de Paula Santander.
- Campbell, D., & Stanley, J. (2015). *Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social*. Trillas.
- Castillo. (2020). *Conversión de residuos sólidos orgánicos de cocina en biomasa corporal de cucarachas (Periplaneta americana) para la producción de harina y su utilización como suplemento alimenticio de pollos bebes. Huánuco 2019*. Universidad de Huánuco, Perú. Obtenido de URI:<http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/2430>
- Castro. (2019) *Propuesta de aprovechamiento de los residuos orgánicos desechados en la empresa M.B.N. Exportaciones & CIA S.R.L. para la elaboración y comercialización de compost en la región Lambayeque*. Universidad Católica santo Toribio de Mogrovejo, Trujillo, obtenido de: https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/2364/1/TL_CastroMejiaClaudia.pdf
- Centro Nacional de Planeamiento Estratégico (s.f.). *El impacto negativo de las actividades humanas en el medio ambiente en el Perú*. Noticias - Centro Nacional de Planeamiento Estratégico - Plataforma del Estado

Peruano. <https://www.gob.pe/institucion/ceplan/noticias/748658-el-impacto-negativo-de-las-actividades-humanas-en-el-medio-ambiente-en-el-peru>

Centro Regional de Ayuda Técnica. (1966). *Las cucarachas, cómo controlarlas*. 12. Retrieved from obtenido de: <http://archive.org/details/lascucarachascom430unit>.

Chapman, R. (1998). *The Insects: Structure and Function*. Cambridge University. Press.obtenido de: [LIBRO] The insects: structure and function

Choate. (2008). *A Dichotomuos key for the identificaction of the cockroach fauna (insecta: blattaria) of. Florida*. Universidad de Florida. Entomologist 72(4):612-617.

Cuervo. (2014) *Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura*. Bogotá, obtenido de: https://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf

Damas. (2012). *Aislamientos y efectividad de beauveria bassiana villemín para el control biológico de la cucaracha urbana Periplaneta americana*. México: Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León. Obtenido de: <http://eprints.uanl.mx/2707/1/1080227494.pdf>

DESA (2014). *Informe sobre residuos sólidos en Huánuco*. Ministerio del Ambiente.

Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental (DESA),2014 <https://www.minsa.gob.pe/diresahuanuco/SAMBIENTAL/2014/RESIDUOS.pdf>

Espinoza, J. (2020). *Evaluación en mesocosmos de la descomposición de residuos sólidos domésticos mediante cucarachas americanas (Periplaneta americana) en la Amazonía ecuatoriana*. Tesis de licenciatura. Universidad Técnica de Loja.

- Espinoza-Quispe, C.-., Marrero-Saucedo, F.-., & Benavides, R. A. H. (2020). *Manejo de residuos sólidos en la gestión municipal de Huancavelica, Perú. Letras Verdes Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 28, 163-177. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.28.2020.4269>
- Fidias, G. A. (2012). *Metodología de la investigación*. Editorial Episteme
- Garay (2011). En su investigación titulada: "*Experimento sobre la Producción del abono orgánico humus en Yanag – Huánuco*". Obtenido de: <https://es.scribd.com/document/267559905/PROYECTODEINVERSION-2011-docx>
- Giraldo. (2001). En su investigación titulada: "*Tratamiento de lixiviados de rellenos sanitarios: avances recientes*", Rev. Ing., vol. 14, pp. 44-55.
- Greenpeace. (2017). *Dioxinas y la incineración de residuos en México*. Obtenido en: <http://www.greenpeace.org.mx/php/gb.php>
- Guerrero. (2016). *Evaluación de Periplaneta americana (blattidae, linnaeus) por ingestión del hongo metarhizium anisopliae (clavicipitaceae, metchnikoff) y ácido bórico*. universidad distrital francisco José de caldas, Bogotá d.c 2016.obtenido de: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/3365/GuerreroGarciaLauraYamile2016.pdf?sequence=6>
- Gutiérrez (2017). En su investigación titulada: "*Gestión integral de los residuos sólidos domiciliarios para mejorar la calidad ambiental urbana en el Distrito de Piura*". [file:///C:/Users/USER/Downloads/JESUS%20GIMENEZ,%20Jhelson%20Kelvin%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/JESUS%20GIMENEZ,%20Jhelson%20Kelvin%20(3).pdf)
- Haug, R. T. (1993). *The Practical Handbook of Compost Engineering*. CRC Press.

- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill.
- Hernández, s., Valdés, maría., Hernández, j., García, f., Hernández, v., cueto, s. (2016). *Cucarachas (Insecta: Blattodea) del municipio de francisco i. madero, Coahuila, México. entomología mexicana, México.* obtenido de: 3:748-753.
file:///C:/Users/GOREHCO/Downloads/TS_JMRS_2020%20(1).pdf
- Hoornweg, D., & Bhada-Tata, P. (2012). *What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management.* World Bank.
<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388>
- ITIS - Report: *Blattella germanica.* (s.f.).
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=102415#null.
- Jesús, (2020) *Crianza de cucarachas (Periplaneta americana) mediante residuos de cocina para disminuir la acumulación de residuos sólidos orgánicos en la ciudad de Huánuco 2019.* Universidad de Huánuco, Perú, obtenido de:
file:///C:/Users/User/Downloads/JESUS%20GIMENEZ,%20Jhelso n%20Kelvin%20(3).pdf
- Jördenin, H., Winter, J. (2005). *Environmental Biotechnology. Concepts and Applications.* WILEY-VCH Verlag GmbH., Co. KGaA, Weinheim. p: 333354. Klingenberg, H.K., M. Kristese y K.V. Jensen. *Correlation of a ResistanceAssociated Rdl Mutation in the German Cockroach, Blatella germanica(L), with Persistent Dieldrin Resistance in two Danish Field Populations.* Pest Manag.Sci.61:749.753. obtenido de: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/4345/EVALUACIONDOSTIPOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Kerlinger, F. N., & Lee, H. B. (2002). *Investigación del comportamiento: Métodos de investigación en ciencias sociales* (4.ª ed.). McGraw-Hill.

Koehler, P. G., & Brenner, R. J. (2009). *German cockroach: Blattella germanica* (Linnaeus). University of Florida IFAS Extension. <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/IG088>

Macazana & Villagra. (2020) en su investigación titulada: *Periplaneta americana como medio de reducción en la producción de residuos orgánicos para disminuir la contaminación ambiental, universidad san pablo, Arequipa*. obtenido de: https://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/20.500.12590/16421/1/MACAZANA_CHUMBES_SHI_PER.pdf

Manual composteras (sf) *Guía práctica para el manejo de los residuos orgánicos utilizando composteras rotatorias y lombrí compost, universidad nacional Costa Rica*. Obtenido de: <https://documentos.una.ac.cr/bitstream/handle/unadocs/3818/Manual%20Composteras.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Martínez (2013) *Susceptibilidad de Blattella germanica Linnaeus, 1767 (Dyctioptera: Blattellidae), provenientes de industria de alimentos y un ambiente hospitalario, al insecticida Piretroide Deltametrina* (Martinez,2013, pag,98).

MINAM. (2015). *Informe de Seguimiento Anual 2015*. Lima.

MINAM. (2021). *Guía para el manejo de residuos sólidos municipales*. Resolución Ministerial N°184-2021-MINAM. Ministerio del Ambiente.

Noguera & Olivero. (2010) *Los rellenos sanitarios en Latinoamérica: caso colombiano*. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 34 (132): 347356, 2010. ISSN 0370-3908.

OEFA (2014). *Normas de bioseguridad para el manejo de residuos orgánicos*.

Olguín. (2015). *La fertilización orgánica, es una forma de asignarle una mayor fertilidad al suelo en donde cultivaremos nuestros alimentos*.

Óscar, (2018). *Las heces de las cucarachas son muy pequeñas negras y pueden parecerse al café molido o a pimienta negra*. Obtenido de: <https://www.venenoparacucarachas.com/popo-de-cucaracha/> obtenido de: <http://agriculturers.com/fertilizacion-organica/>

Pacheco. (2019) *Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios del distrito de Luyando – provincia de Leoncio Prado – departamento Huánuco del año 2018, universidad nacional agraria de la selva, tingo maría, Perú*. obtenido de: <https://portal.unas.edu.pe/sites/default/files/epirnr/CARACTERIZACION%20DE%20LOS%20RESIDUOS%20S%C3%93LIDOS%20DOMICILIARIOS%20DEL%20DISTRITO%20DE%20LUYANDO%20PROVINCIA%20DE%20LEONCIO%20PRADO.pdf>

Parodi, A., et al. (2020). *Insects in waste management: A review*. *Agronomy for Sustainable Development*, 40(3), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s13593-020-00630-4>

Patón, P., García-Gómez, C., Rivas, S., & Cuervo, N. (2023). *Blatticomposting of food waste, production estimates, chemical composition and CO₂ emissions savings: A case study*. *Waste and Biomass Valorization*, 15(2), 645–657. <https://doi.org/10.1007/s12649-023-02092-w>

Pedro C. Cantú (2005) *Cucarachas: biología e importancia en salud pública*. *Universidad Autónoma de Nuevo León*. obtenido de: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revsalpubnut/spn2005/spn053f.pdf>

Pérez, J. R. (1989). *La cucaracha vector de agentes patógenos*. *Bol Of Sanit Panam*, 107, 41–53. Retrieved from obtenido de: <http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/17712/v107n1p41.pdf?>

Ponce, & Flores, A.& Barragán, A., Zapata, R., & Fernández, I. (2005). *Cucarachas: Biología e Importancia en Salud Pública*. *Revista*

- Potter. (2007). *La eliminación de las cucarachas en las casas y los apartamentos*. Cooperative extensión service. College of agricultura. Universidad de Kentucky.
- Ramírez. (2017). *Los residuos orgánicos como alternativa para la alimentación en porcinos*. Revista de Ciencias Agrícolas, 34(2). <https://doi.org/10.22267/rcia.173402.76>
- Rodas & paredes (2012). *Elaboración y caracterización de harinas para consumo humano a partir de Achetas domesticus y Periplaneta americana*. Universidad de Trujillo, Perú, obtenido de: https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3430/PerezParedes_R%20-%20RodasSanchez_R.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rust, M. K., Owens, J. M., & Reiersen, D. A. (1995). *Understanding and Controlling the German Cockroach*. Oxford University Press.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Education.
- Smith y Whitman (1992). Describen a la hembra de *S. lateralis* obtenido de: http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/45329/Tesis_Sarai_Cueto.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Solano López, Edita, Castellanos Quintero, Sara, López Rodríguez del Rey, María, & Hernández Fernández, Juana. (2009). *La bibliometría: una herramienta eficaz para evaluar la actividad científica postgraduada*. MediSur, 7(4), 59-62. Recuperado en 17 de octubre de 2024, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2009000400011&lng=es&tlng=es.
- Supo & Zacarías. (2020). *Metodología de la investigación científica (3ra edición)*. Arequipa, Perú: obtenido de: Bioestadística edu. EIRL. Salud Pública y Nutrición, 6(3), 1–12. Retrieved from obtenido de: <http://respyn.uanl.mx/index.php/respyn/article/download/152/134>. https://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/20.500.12590/16421/1/MACA_ZANA_CHUMBES_SHI_PER.pdf

Torreón (2011). *Identificación de especies de cucarachas de importancia urbana en el área noroeste de torreón.*

Van Huis, A., et al. (2013). *Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security.* FAO Forestry Paper 171.
<https://www.fao.org/3/i3253e/i3253e.pdf>

Vásquez, K. (2023). *Eficiencia de la especie Periplaneta americana para la reducción de residuos orgánicos.* Tesis de licenciatura, Universidad Continental. Repositorio Institucional Continental.
https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/17094/1/IV_FIN_107_TE_Chavez_Quispe_2025.pdf

Villagra, W., Macazana, & Paola. (2020). *“Periplaneta americana como medio de reducción en la producción de residuos orgánicos para disminuir la contaminación ambiental”.* Arequipa.

World Bank. (2018). *El futuro de la gestión de los desechos sólidos.*
<https://www.bancomundial.org/es/news/immersivestory/2018/09/20/what-a-waste-an-updated-look-into-the-future-of-solid-wastemanagement>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Rojas Niño, R. (2026). *Comparación de la eficacia en la reducción de los residuos orgánicos domiciliarios utilizando dos especies de cucarachas (Periplaneta americana y Blattella germanica) en la ciudad de Huánuco – Perú 2025* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. url: <http://>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIS DE CONSISTENCIA

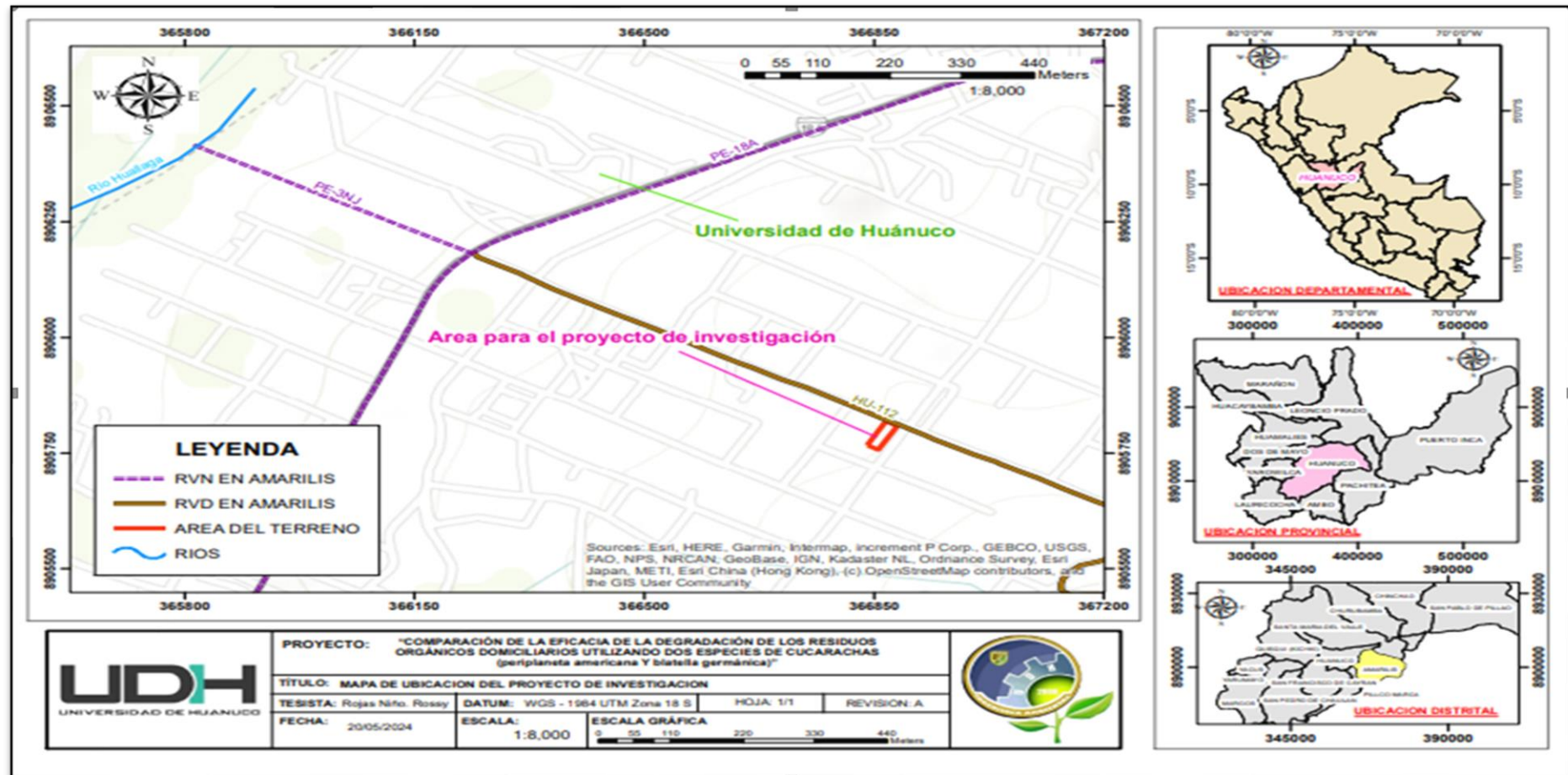
“COMPARACIÓN DE LA EFICACIA EN LA REDUCCION DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS UTILIZANDO DOS ESPECIES DE CUCARACHAS (*PERIPLANETA AMERICANA* Y *BLATTELLA GERMANICA*)” EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO, 2025.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE / INDICADORES	METODOLOGÍA	INSTRUMENTO
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general			
¿Cuál es la eficacia comparativa de <i>Periplaneta americana</i> y <i>Blattella germanica</i> en la reducción de residuos orgánicos domiciliarios bajo condiciones controladas en la ciudad de Huánuco?	Determinar la eficacia comparativa de reducción de residuos orgánicos domiciliarios utilizando las especies <i>Periplaneta americana</i> y <i>Blattella germanica</i> bajo condiciones controladas, en la ciudad de Huánuco, 2025.	H1: La especie <i>Periplaneta americana</i> reduce en mayor medida los residuos orgánicos domiciliarios en comparación con <i>Blattella germanica</i> en la ciudad de Huánuco 2025. H0: No hay diferencia significativa en la reducción de residuos orgánicos domiciliarios entre <i>Periplaneta americana</i> y <i>Blattella germanica</i> en la ciudad de Huánuco 2025.	Variable Independiente: Especies de cucarachas: <i>Periplaneta americana</i> y <i>Blattella germanica</i> . Variable Dependiente: Reducción de residuos orgánicos domiciliarios Indicadores: - Peso inicial y peso final de residuos por tratamiento y por tiempo de evaluación - Porcentaje de reducción por tratamiento y por tiempo de evaluación	Enfoque: Cuantitativa Nivel: Explicativo Diseño: Cuasi-experimental Población: Residuos orgánicos domiciliarios Muestra: 14400 gr de residuos sólidos Técnicas: Observación directa, pesaje diferencial, análisis estadístico (descriptivo y correlacional) Análisis: Comparativo de porcentajes y análisis gráfico de tendencias.	Ficha técnica de recolección de datos, balanza digital, termómetro, higrómetro, Excel
Problema específico	Objetivo específico	Hipótesis específico			

¿Cuál es la diferencia en la eficiencia de reducción de residuos orgánicos domiciliarios entre las especies <i>Periplaneta americana</i> y <i>Blattella germánica</i> en la ciudad de Huánuco 2025?	Comparar la eficiencia en la reducción de residuos orgánicos domiciliarios entre las especies <i>Periplaneta americana</i> y <i>Blattella germánica</i> en la ciudad de Huánuco 2025.	H1: <i>Periplaneta americana</i> presenta una mayor tasa de reducción de residuos orgánicos en comparación con <i>Blattella germánica</i> en la ciudad de Huánuco 2025. H0: No hay diferencia significativa en la tasa de reducción de residuos orgánicos entre <i>Periplaneta americana</i> y <i>Blattella germánica</i> en la ciudad de Huánuco 2025.	Variable Independiente: Especies de cucarachas: <i>Periplaneta americana</i> y <i>Blattella germánica</i> Variable Dependiente: Reducción de residuos orgánicos domiciliarios. Indicadores: - Peso inicial y final de residuos por cada evaluación - Porcentaje de reducción por cada evaluación.	Diseño cuasi-experimental con análisis descriptivo comparativo Análisis gráfico por evaluación y por especie	Ficha técnica, balanza digital, Excel
¿Cómo influye la temperatura y la humedad en la reducción de residuos orgánicos domiciliarios entre las especies <i>Periplaneta americana</i> y <i>Blattella germánica</i> en la ciudad de Huánuco 2025?	Analizar la relación entre la temperatura y la humedad ambiental con el porcentaje de reducción de residuos orgánicos domiciliarios entre las especies <i>Periplaneta americana</i> y <i>Blattella germánica</i> en la ciudad de Huánuco 2025.	H1: Existe una relación significativa entre la temperatura y la humedad ambiental con el porcentaje de reducción de residuos orgánicos domiciliarios entre las <i>Periplaneta americana</i> y <i>Blattella germánica</i> en la ciudad de Huánuco 2025. H0: No existe una relación significativa entre la temperatura y la humedad ambiental con el porcentaje de reducción de residuos orgánicos domiciliarios entre las especies <i>Periplaneta americana</i> y <i>Blattella germánica</i> en la ciudad de Huánuco 2025.	Variable Independiente: Temperatura y Humedad Variable Dependiente: Porcentaje de reducción de residuos orgánicos domiciliarios. Indicadores: - Peso inicial y final de residuos - Temperatura y humedad registradas en cada evaluación - Porcentaje de reducción por evaluación	Análisis descriptivo gráfico (sin pruebas inferenciales), con base en gráficos de dispersión y líneas de tendencia por especie.	Termómetro, higrómetro, hoja de registro, Excel

¿Qué diferencia existen en la reducción de residuos orgánicos domiciliarios entre los tratamientos con cucarachas y el grupo control sin intervención, a lo largo de las diferentes evaluaciones, en la ciudad de Huánuco 2025?	Comparar la reducción de residuos generada por los tratamientos con cucarachas (<i>Periplaneta americana</i> y <i>Blattella germanica</i>) frente al grupo control sin intervención, a lo largo de las diferentes evaluaciones, en la ciudad de Huánuco 2025.	H1: Los tratamientos con cucarachas (<i>Periplaneta americana</i> y <i>Blattella germanica</i>) reducen en mayor medida los residuos orgánicos domiciliarios que el grupo control sin intervención, considerando diferentes tiempos de evaluación. H0: No existen diferencias significativas en la reducción de residuos orgánicos domiciliarios entre los tratamientos con cucarachas y el grupo control sin intervención, considerando diferentes tiempos de evaluación.	Variable Independiente: Tratamientos (<i>P. americana</i>, <i>B. germanica</i>, Grupo control). Variable Dependiente: Reducción de residuos orgánicos domiciliarios Indicadores: - Peso inicial y final de residuos por tratamiento - Porcentaje de reducción por tratamiento y por evaluación	Comparación descriptiva y gráfica de la reducción entre tratamientos y el grupo control en cada evaluación	Ficha técnica, balanza digital, Excel
---	---	--	---	--	---------------------------------------

MAPA DE UBICACIÓN



ANEXO 3

INSTRUMENTO DE ESTUDIO - FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS DE CAMPO		EVALUACIONES		
		FECHA	FECHA	FECHA
Fecha	Inicial			
	Final			
Residuos orgánicos domiciliarios	Cantidad inicial (kg)			
	Cantidad final (kg)			
<i>Periplaneta americana</i>	Cantidad inicial (unidad)			
	Cantidad final (unidad)			
<i>Blattella germanica</i>	Cantidad inicial (unidad)			
	Cantidad final (unidad)			
Temperatura (°C)	Inicial			
	Final			
Humedad (%)	Inicial			
	Final			

ANEXO 4

APLICACIÓN DE LA FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

INSTRUMENTO DE ESTUDIO - FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.										
Tema: "Comparación de la eficacia en la reducción de los residuos orgánicos domiciliarios utilizando dos especies de cucarachas (<i>Periplaneta americana</i> y <i>Blattella germanica</i>) en la ciudad de Huánuco – Perú 2025"										
DATOS	EVALUACIONES									
FECHAS		30-12-24		01-01-25		03-01-25		05-01-25		
RESIDUOS ORGÁNICOS	Cantidad inicial (kg)	100gr		100gr		100gr		100gr		
	Cantidad final (kg)	97gr		95gr		94gr		90gr		
C-1 PERIPLANETA AMERICANA	Cantidad inicial (und)	50		50		50		50		
	Cantidad final(und)	3		2		2		1		
RESIDUOS ORGÁNICOS	Cantidad inicial (kg)	100gr		100gr		100gr		100gr		
DOMICILIARIOS	Cantidad final (kg)	96gr		95gr		91gr		87gr		
C-2 PERIPLANETA AMERICANA	Cantidad inicial (und)	50		50		50		50		
	Cantidad final (und)	4		1		-		-		
RESIDUOS ORGÁNICOS	Cantidad inicial (kg)	100gr		100gr		100gr		100gr		
DOMICILIARIOS	Cantidad final (kg)	96gr		96gr		90gr		85gr		
C-3 PERIPLANETA AMERICANA	Cantidad inicial (und)	50		50		50		50		
	Cantidad final (und)	3		2		1		-		
RESIDUOS ORGÁNICOS	Cantidad inicial (kg)	100gr		100gr		100gr		100gr		
DOMICILIARIOS	Cantidad final (kg)	94gr		96gr		89gr		86gr		
C-4 PERIPLANETA AMERICANA	Cantidad inicial (und)	50		50		50		50		
	Cantidad final (und)	3		3		1		1		
HÚMEDAD	Inicial	70%		71%		72%		74%		
(%)	Final	72%		74%		75%		76%		
TEMPERATURA	Inicial	20.3(°)		21.0(°)		21.4(°)		21.6 °		
(°c)	Final	22.0(°)		21.5(°)		22.5 °		25.5 °		

INSTRUMENTO DE ESTUDIO - FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Tema: "Comparación de la eficacia en la reducción de los residuos orgánicos domiciliarios utilizando dos especies de cucarachas (*Periplaneta americana* y *Blattella germanica*) en la ciudad de Huánuco – Perú 2025"

DATOS	EVALUACIONES									
FECHAS		13-05-25			15-01-25			17-01-25		
RESIDUOS ORGÁNICOS	Cantidad inicial (kg)	100gr			100gr			100gr		
	Cantidad final (kg)	65gr			60gr			55gr		
C-1	Cantidad inicial (und)	50			50			50		
PERIPLANETA AMERICANA	Cantidad final(und)	—			2			1		
RESIDUOS ORGÁNICOS	Cantidad inicial (kg)	100gr			100gr			100gr		
DOMICILIARIOS	Cantidad final (kg)	64gr			58gr			52gr		
C-2	Cantidad inicial (und)	50			50			50		
PERIPLANETA AMERICANA	Cantidad final (und)	—			—			1		
RESIDUOS ORGÁNICOS	Cantidad inicial (kg)	100gr			100gr			100gr		
DOMICILIARIOS	Cantidad final (kg)	68gr			51gr			49gr		
C-3	Cantidad inicial (und)	50			50			50		
PERIPLANETA AMERICANA	Cantidad final (und)	—			—			3		
RESIDUOS ORGÁNICOS	Cantidad inicial (kg)	100gr			100gr			100gr		
DOMICILIARIOS	Cantidad final (kg)	60gr			57gr			50gr		
								50		
C-4	Cantidad inicial (und)	50			50			1		
PERIPLANETA AMERICANA	Cantidad final (und)	2			—					
	Inicial	74%			74%			76%		
HÚMEDAD	Final	77%			73%			72%		
(%)										
TEMPERATURA	Inicial	26.7 °			27.0 °			20.8 °		
(°c)	Final	22.6 °			26.8 °			22.7 °		

INSTRUMENTO DE ESTUDIO - FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Tema: "Comparación de la eficacia en la reducción de los residuos orgánicos domiciliarios utilizando dos especies de cucarachas (*Periplaneta americana* y *Blattella germanica*) en la ciudad de Huánuco – Perú 2025"

DATOS		EVALUACIONES									
FECHAS		25-01-25			27-01-25			29-01-25			
RESIDUOS ORGÁNICOS	Cantidad inicial (kg)	100gr			100gr			100gr			
	Cantidad final (kg)	30gr			23gr			100gr			
C-1	Cantidad inicial (und)	50			50			22gr			
PERIPLANETA AMERICANA	Cantidad final(und)	—			—			50			
								—			
RESIDUOS ORGÁNICOS	Cantidad inicial (kg)	100gr			100gr			100gr			
DOMICILIARIOS	Cantidad final (kg)	32gr			17gr			16gr			
C-2	Cantidad inicial (und)	50			50			50			
PERIPLANETA AMERICANA	Cantidad final (und)	—			—			—			
RESIDUOS ORGÁNICOS	Cantidad inicial (kg)	100gr			100gr			100gr			
DOMICILIARIOS	Cantidad final (kg)	32gr			24gr			22gr			
C-3	Cantidad inicial (und)	50			50			50			
PERIPLANETA AMERICANA	Cantidad final (und)	—			—			—			
RESIDUOS ORGÁNICOS	Cantidad inicial (kg)	100gr			100gr			100gr			
DOMICILIARIOS	Cantidad final (kg)	33gr			25gr			24gr			
					50			50			
C-4	Cantidad inicial (und)	50			—			—			
PERIPLANETA AMERICANA	Cantidad final (und)	—			—			—			
HÚMEDAD	Inicial	76%			70%			76%			
	(%)	81%									
TEMPERATURA	Final				74%			74%			
	(°c)										
	Inicial	28.6 °			23.8 °			26.1 °			
	Final	27.0 °			24.0 °			25.6 °			

INSTRUMENTO DE ESTUDIO - FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Tema: "Comparación de la eficacia en la reducción de los residuos orgánicos domiciliarios utilizando dos especies de cucarachas (*Periplaneta americana* y *Blattella germanica*) en la ciudad de Huánuco – Perú 2025"

DATOS		EVALUACIONES									
FECHAS		30-01-25			01-01-25			03-01-25			05-01-25
RESIDUOS ORGÁNICOS	Cantidad inicial (kg)	100 gr.			100 gr			100 gr			100 gr
	Cantidad final (kg)	99 gr.			97 gr			96 gr			91 gr
C-1	Cantidad inicial (und)	50			50			50			50
BLATTELLA GERMANICA	Cantidad final(und)	4			1			2			5
RESIDUOS ORGÁNICOS	Cantidad inicial (kg)	100 gr			100 gr			100 gr			100 gr
DOMICILIARIOS	Cantidad final (kg)	96 gr			95 gr			94 gr			92 gr
C-2	Cantidad inicial (und)	50			50			50			50
BLATTELLA GERMANICA	Cantidad final (und)	5			2			1			-
RESIDUOS ORGÁNICOS	Cantidad inicial (kg)	100 gr			100 gr			100 gr			100 gr
DOMICILIARIOS	Cantidad final (kg)	97 gr			96 gr			94 gr			89 gr
C-3	Cantidad inicial (und)	50			50			50			50
BLATTELLA GERMANICA	Cantidad final (und)	3			2			-			-
RESIDUOS ORGÁNICOS	Cantidad inicial (kg)	100 gr			100 gr			100 gr			100 gr
DOMICILIARIOS	Cantidad final (kg)	98 gr			96 gr			95 gr			90 gr
C-4	Cantidad inicial (und)	50			50			50			-
BLATTELLA GERMANICA	Cantidad final (und)	5			2			1			-
HÚMEDAD	Inicial	72 %			76 %			72 %			71 %
(%)	Final	71 %			74 %			76 %			70 %
TEMPERATURA	Inicial	21.6 °			22.60 °			24.5 °			25.5 °
(°c)	Final	21.5 °			22.2 °			23.5 °			25.0 °
GRUPO CONTROL DE RESIDUOS ORGANICOS	PESO INICIAL (kg)	100 gr			100 gr			100 gr			100 gr
	PESO FINAL (kg)	99 gr			98 gr			97 gr.			96 gr.

INSTRUMENTO DE ESTUDIO - FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Tema: "Comparación de la eficacia en la reducción de los residuos orgánicos domiciliarios utilizando dos especies de cucarachas (*Periplaneta americana* y *Blattella germanica*) en la ciudad de Huánuco – Perú 2025"

DATOS		EVALUACIONES										
FECHAS		13-01-25			15-01-25			17-01-25				
RESIDUOS ORGÁNICOS	Cantidad inicial (kg)	100gr			100gr			100gr				
	Cantidad final (kg)	82gr			80gr			76gr				
C-1	Cantidad inicial (und)	50			50			50				
BLATTELLA GERMANICA	Cantidad final(und)	1			—			—				
RESIDUOS ORGÁNICOS	Cantidad inicial (kg)	100gr			100gr			100gr				
DOMICILIARIOS	Cantidad final (kg)	86gr			81gr			78gr				
C-2	Cantidad inicial (und)	50			50			50				
BLATTELLA GERMANICA	Cantidad final (und)	2			—			—				
RESIDUOS ORGÁNICOS	Cantidad inicial (kg)	100gr			100gr			100gr				
DOMICILIARIOS	Cantidad final (kg)	78gr			74gr			70gr				
C-3	Cantidad inicial (und)	50			50			50				
BLATTELLA GERMANICA	Cantidad final (und)	—			—			—				
RESIDUOS ORGÁNICOS	Cantidad inicial (kg)	100gr			100gr			100gr				
DOMICILIARIOS	Cantidad final (kg)	81gr			76gr			73gr				
					50			50				
C-4	Cantidad inicial (und)	50			—			—				
BLATTELLA GERMANICA	Cantidad final (und)	—										
HUMEDAD	Inicial	75%			70%			72%				
	Final	74%			76%			74%				
TEMPERATURA	Inicial	27.7°			26.0°			29.0°				
	Final	27.6°			24.2°			28.3°				
GRUPO CONTROL DE RESIDUOS ORGÁNICOS	PESO INICIAL (kg)	100gr			100gr			100gr				
	PESO FINAL (kg)	90gr			89gr			88gr				

INSTRUMENTO DE ESTUDIO - FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS.											
Tema: "Comparación de la eficacia en la reducción de los residuos orgánicos domiciliarios utilizando dos especies de cucarachas (<i>Periplaneta americana</i> y <i>Blattella germanica</i>) en la ciudad de Huánuco – Perú 2025"											
DATOS	EVALUACIONES										
FECHAS		25-01-25			27-01-25				29-01-25		
RESIDUOS ORGÁNICOS	Cantidad inicial (kg)	100gr			100gr				100gr		
	Cantidad final (kg)	60gr			55gr				50gr		
C-1	Cantidad Inicial (und)	50			50				50		
BLATTELLA GERMANICA	Cantidad final(und)	-			-				-		
RESIDUOS ORGÁNICOS	Cantidad inicial (kg)	100gr			100gr				100gr		
DOMICILIARIOS	Cantidad final (kg)	61gr			57gr				53gr		
C-2	Cantidad inicial (und)	50			50				50		
BLATTELLA GERMANICA	Cantidad final (und)	-			-				-		
RESIDUOS ORGÁNICOS	Cantidad inicial (kg)	100gr			100gr				100gr		
DOMICILIARIOS	Cantidad final (kg)	56gr			52gr				48gr		
C-3	Cantidad Inicial (und)	50			50				50		
BLATTELLA GERMANICA	Cantidad final (und)	-			-				-		
RESIDUOS ORGÁNICOS	Cantidad inicial (kg)	100gr			100gr				100gr		
DOMICILIARIOS	Cantidad final (kg)	57gr			53gr				49gr		
C-4	Cantidad inicial (und)	50			50				-		
BLATTELLA GERMANICA	Cantidad final (und)	-			2						
HÚMEDAD	Inicial	73%			70%				74%		
(%)	Final	74%			71%				76%		
TEMPERATURA	Inicial	28.0°			27.5°				30.5°		
(°c)	Final	26.2°			26.5°				30.0°		
GRUPO CONTROL DE RESIDUOS ORGANICOS	PESO INICIAL (kg)	100gr			100gr				100gr		
	PESO FINAL (kg)	74gr			77gr				75gr		

ANEXO 5

RESULTADOS DE LAS EVALUACIONES

		EVALUACIONES															
DATOS		30/12/24	1/1/25	3/1/25	5/1/25	7/1/25	9/1/25	11/1/25	13/1/25	15/1/25	17/1/25	19/1/25	21/1/25	23/1/25	25/1/25	27/1/25	29/1/25
RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS	Cantidad inicial (g)	100 g	100 g	100 g	100 g	100 g	100 g	100 g	100 g	100 g	100 g	100 g	100 g	100 g	100 g	100 g	100 g
	Cantidad final (g)	97	95	94	90	85	80	71	65	60	55	50	43	35	30	23	22
C-1 <i>Periplaneta americana</i>	Cantidad inicial (Und)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Cantidad final (Und)	3	2	2	1	2	-	1	-	2	1	-	-	-	-	-	-
RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS	Cantidad inicial (g)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Cantidad final (g)	96	95	91	87	80	70	66	64	59	52	49	44	38	32	17	16
C-2 <i>Periplaneta americana</i>	Cantidad inicial (Und)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Cantidad final (Und)	4	1		-	1	-	2	-	-	1	-	1	-		-	-
RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS	Cantidad inicial (g)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Cantidad final (g)	95	96	90	85	80	71	60	58	51	49	46	40	37	32	24	22
C-3 <i>Periplaneta americana</i>	Cantidad inicial (Und)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Cantidad final (Und)	3	2	1	-	-	1	3	-	-	3	-	1	-	-	-	-
RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS	Cantidad inicial (g)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Cantidad final (g)	94	96	89	86	81	75	70	60	57	50	48	45	39	33	25	24
C-4 <i>Periplaneta americana</i>	Cantidad inicial (Und)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Cantidad final (Und)	3	3	1	1	-	-	1	2	-	1	-	1	-	-	-	-
HUMEDAD (%)	Inicial	70%	71%	72%	74%	72%	73%	70%	74%	74%	76%	74%	81%	74%	76%	70%	76%
	Final	72%	74%	75%	76%	80%	76%	71%	72%	73%	72%	80%	71%	76%	81%	74%	74%
TEMPERATURA (°C)	Inicial	20.8 (°C)	21.0 (°C)	21.4 (°C)	21.6(°C)	25.5(°C)	22.5(°C)	26.0(°C)	26.7(°C)	27.0(°C)	20.8(°C)	21.6(°C)	25.6(°C)	28.0(°C)	28.6(°C)	23.8(°C)	26.1(°C)
	Final	21.0 (°C)	21.5 (°C)	22.5 (°C)	25.6(°C)	21.0(°C)	25.8(°C)	21.0(°C)	22.6(°C)	26.8(°C)	22.7(°C)	21.4(°C)	21.0(°C)	22.0(°C)	27.0(°C)	24.0(°C)	25.6(°C)

		EVALUACIONES															
DATOS		30/12/24	1/1/25	3/1/25	5/1/25	7/1/25	9/1/25	11/1/25	13/1/25	15/1/25	17/1/25	19/1/25	21/1/25	23/1/25	25/1/25	27/1/25	29/1/25
RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS	Cantidad inicial (g)	100 g	100 g	100 g	100 g	100 g	100 g	100 g	100 g	100 g	100 g	100 g	100 g	100 g	100 g	100 g	100 g
	Cantidad final (g)	99	97	96	91	90	88	84	82	80	76	71	68	64	60	55	50
C-1 <i>Blattella gemanica</i>	Cantidad inicial (Und)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Cantidad final (Und)	4	1	2	-	-	-	2	1	-	-	-	-	2	-	-	-
RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS	Cantidad inicial (g)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Cantidad final (g)	96	95	94	92	90	89	87	86	81	78	74	70	65	61	57	53
C-2 <i>Blattella gemanica</i>	Cantidad inicial (Und)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Cantidad final (Und)	5	2	1	-	-	-	-	2	-	-	-	2	-	-	-	-
RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS	Cantidad inicial (g)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Cantidad final (g)	97	96	94	89	87	85	80	78	74	70	67	63	60	56	52	48
C-3 <i>Blattella gemanica</i>	Cantidad inicial (Und)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Cantidad final (Und)	3	1	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS	Cantidad inicial (g)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Cantidad final (g)	98	96	93	90	89	87	85	81	76	73	69	65	60	57	53	49
C-4 <i>Blattella gemanica</i>	Cantidad inicial (Und)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Cantidad final (Und)	5	2	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-
HUMEDAD (%)	Inicial	72%	76%	72%	71%	71%	74%	72%	75%	70%	72%	76%	74%	76%	73%	70%	74%
	Final	71%	74%	76%	70%	72%	73%	71%	74%	76%	74%	73%	76%	72%	74%	71%	76%
TEMPERATURA (°C)	Inicial	21.6(°C)	22.6(°C)	24.5(°C)	25.5(°C)	26.0(°C)	28.1(°C)	25.6(°C)	27.7(°C)	26.0(°C)	29.0(°C)	28.6(°C)	27.7(°C)	30.0(°C)	28.0(°C)	27.5(°C)	30.5(°C)
	Final	21.5(°C)	22.2(°C)	23.5(°C)	25.0(°C)	25.6(°C)	27.1(°C)	24.5(°C)	22.6(°C)	24.2(°C)	28.3(°C)	26.8(°C)	26.6(°C)	29.1(°C)	26.2(°C)	26.1(°C)	30.0(°C)

ANEXO 6

PANEL FOTOGRÁFICO



Armado de fuentes de vidrio, 45cm de largo y 25cm de alto



Acondicionamiento de Fuentes de vidrio



Rotulado de las 8 fuentes de vidrio para ambas especies



Rotulado



Recolección de *Periplaneta americana* en el cementerio



Acondicionamiento del hábitat con hueveras de cartón



Cucaracha americana (*Periplaneta americana*)



Cucaracha alemana (*Blattella germanica*)



Pesaje de residuos orgánicos domiciliarios para ambas especies de cucarachas (100 g)



Peso inicial de los residuos orgánicos domiciliarios por tratamiento (100 g)



Peso inicial de los residuos orgánicos para ambas especies (100 g)



Peso de residuos orgánicos registrada con 60g el 15/01/25 en (*Periplaneta americana*)



Peso de residuos orgánicos registrada con 80g el 15/01/25 en (*Blattella germanica*)



Peso de residuos orgánicos registrados el 29/01/25 en (*Blattella germanica*)



Peso de los residuos orgánicos registrados el 23/01/25 en (*Periplaneta americana*)



Peso de los residuos orgánicos registrados el 29/01/25 en (*Periplaneta americana*)



Peso de los residuos orgánicos registrados el 29/01/25 en (*Periplaneta americana*)



Condiciones del hábitat de *Periplaneta americana*: temperatura 21,4 °C y humedad relativa 72 %



Hábitat de *Periplaneta americana* a una temperatura de 20,8 °C y humedad relativa del 76 %



Hábitat de *Blattella germánica* a una temperatura de 21,5 °C y humedad relativa del 72 %



Hábitat de *Blattella germánica* a una temperatura de 25,5 °C y humedad relativa del 71 %



Criaderos de vidrio con tapa de malla Raschel



Visita del jurado de tesis durante la ejecución del proyecto



Visita del asesor de tesis durante la ejecución del proyecto



Visita del jurado de tesis durante la ejecución del proyecto



Visita del jurado de tesis durante la ejecución del proyecto



Inspección del jurado de tesis durante la ejecución del proyecto