

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL



PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN
DEL TÍTULO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TEMA:

EVALUACIÓN EN MESOCOSMOS DE LA DESCOMPOSICIÓN
DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS MEDIANTE
CUCARACHAS AMERICANAS *Periplaneta americana*
(LINNAEUS, 1758) EN LA AMAZONÍA ECUATORIANA.

AUTORES: ALAN LARRY ESPINOZA FIGUEROA

LUIS IVAN ZAMBRANO CHANGOLUISA

DIRECTOR: MSC. FABIAN DANILO REYES SILVA

PASTAZA – ECUADOR

2020

Declaración de auditoria y cesión de derechos

Espinoza Figueroa Alan Larry y Zambrano Changoluisa Luis Ivan, egresados de la Universidad Estatal Amazónica carrera de Ingeniería Ambiental libre y voluntariamente declaramos que los contenidos y resultados de la presente investigación titulada “EVALUACIÓN EN MESOCOSMOS DE LA DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS MEDIANTE CUCARACHAS AMERICANAS *Periplaneta americana* (LINNAEUS, 1758) EN LA AMAZONÍA ECUATORIANA.” son auténticos y de exclusiva responsabilidad.

Y autorizamos a la Universidad Estatal Amazónica hacer uso, con fines docentes e investigativos de los resultados obtenidos de la misma.

Espinoza Figueroa Alan Larry
245088992-4

Zambrano Changoluisa Luis Ivan
1725079188

Certificación de culminación del proyecto de investigación.

En mi calidad de Director de la tesis de investigación denominada: **“EVALUACIÓN EN MESOCOSMOS DE LA DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS MEDIANTE CUCARACHAS AMERICANAS *Periplaneta americana* (LINNAEUS, 1758) EN LA AMAZONÍA ECUATORIANA”** de los autores: Espinoza Figueroa Alan Larry y Zambrano Changoluisa Luis Ivan, egresados de la carrera de Ingeniería Ambiental, considero que reúnen los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a la evaluación del jurado examinador designado por el consejo directivo.

MsC. Fabián Danilo Reyes Silva
Director de Proyecto



UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND



Oficio No. 31-SAU-UEA-2020

Puyo, 24 de enero de 2020

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Proyecto de Investigación correspondiente a los egresados ESPINOZA FIGUEROA ALAN LARRY con C.I. 2450889924 y; ZAMBRANO CHANGOLUISA LUIS IVAN con C.I. 1725079188, con el Tema: **“EVALUACIÓN EN MESOCOSMOS DE LA DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS MEDIANTE CUCARACHAS AMERICANAS *Periplaneta americana* (LINNAEUS, 1758) EN LA AMAZONÍA ECUATORIANA”**, de la carrera, Ingeniería Ambiental. Director del proyecto Ing. Reyes Silva Fabian Danilo MSc, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 3%, Informe generado con fecha 23 de enero de 2020 por parte del director, conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco MSc.

ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

PRESENTACIÓN DEL TEMA

“EVALUACIÓN EN MESOCOSMOS DE LA DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS MEDIANTE CUCARACHAS AMERICANAS *Periplaneta americana* (LINNAEUS, 1758) EN LA AMAZONÍA ECUATORIANA”

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Msc. Pedro Ríos

Msc. Yamila Lazo

Dr. Eberto Gutierrez Morales

Agradecimiento

Quiero agradecer a Dios, por guiarme en el camino y ser mi fortaleza espiritualmente

Así, quiero mostrar mi gratitud a todas aquellas personas que estuvieron presentes en la realización de esta meta, que es tan importante para mí, agradecer todas sus ayudas, sus palabras motivadoras, sus conocimientos, sus consejos y su dedicación.

Manifiesto mis más sinceros agradecimientos al tutor de proyecto, quien con su conocimiento y guía fue una pieza clave para que lograra desarrollar cada etapa de forma adecuada.

A mis compañeros, quienes a través de tiempo fuimos fortaleciendo nuestros lazos, muchas gracias por toda su colaboración, por convivir todo este tiempo conmigo, por compartir experiencias, alegrías, frustraciones, llantos, tristezas, peleas, celebraciones, por aportarme confianza y por crecer juntos en este proyecto, muchas gracias.

Por último, quiero agradecer de todo corazón, a mi familia, en especial a mi madre y hermana, que quienes con sus consejos fueron el motor de arranque y constante motivación, muchas gracias por su paciencia y comprensión, y sobre todo por su amor.

¡Muchas gracias por todo!

Alan Espinoza

Dedicatoria

Dedico este proyecto a mis familiares y amigos quienes fueron de gran apoyo emocional durante el tiempo en que redactaba este proyecto.

A mi hija Noah Espinoza quien fue, es y será mi más grande motivación.

A mi madre y hermana quienes me apoyaron incondicionalmente durante todo el tiempo.

A mis docentes quienes nunca desistieron al ilustrarnos, aun sin importar que muchas veces no poníamos atención en clase, a ellos que continuaron depositando su esperanza en sus estudiantes.

A los miembros del tribunal quienes estudiaron nuestro proyecto y lo aprobaron.

A todos los que nos apoyaron para escribir y concluir este proyecto.

Para ellos es esta dedicatoria de proyecto, pues es a ellos a quienes se las debemos por su apoyo incondicional.

Alan Espinoza

Agradecimiento

A mis padres Ivan y Yolanda quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis hermanas Lidia y Kerly por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

De manera especial a mi tutor de proyecto de grado, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de mi carrera universitaria y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores.

Agradezco a los todos docentes que con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional en la Universidad Estatal Amazónica.

Finalmente quiero dedicar este proyecto a todas mis amigas y amigos, por apoyarme cuando más los necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, de verdad mil gracias.

¡Muchas gracias por todo!

Luis Hambrano

Dedicatoria

Me van a faltar páginas para agradecer a las personas que se han involucrado en la realización de este trabajo, sin embargo merecen reconocimiento especial mi Madre Yolanda y mi Padre Ivan que con su esfuerzo y dedicación me ayudaron a culminar mi carrera universitaria y me dieron el apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible.

Asimismo, agradezco infinitamente a mis Hermanas que con sus palabras me hacían sentir orgulloso de lo que soy y de lo que les puedo enseñar. Ojalá algún día yo me convierta en se fuerza para que puedan seguir avanzando en su camino.

A mi abuelita Miguelina, por estar siempre en los momentos más importantes de mi vida, por ser el ejemplo para salir adelante y por los consejos que han sido de gran ayuda para mi vida y crecimiento.

De igual forma, agradezco a mi Director de proyecto MsC. Fabián Reyes, que gracias a sus consejos y correcciones hoy puedo culminar este trabajo.

Agradezco a los docentes de la Escuela de Ciencias de la Vida de la Universidad Estatal Amazónica, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión.

A mis amigos. Con todos los que compartí dentro y fuera de las aulas. Aquellos amigos de la universidad, que se convierten en amigos de vida y aquellos que serán mis colegas, gracias por todo su apoyo y diversión.

Finalmente a quien fue Ermel mi tío que fue una gran inspiración y solo tengo en la memoria su cariño, consejos y vivencias; que las recuerdo con amor y ternura. Aunque adolorido, estoy agradecido al Creador por los años que estuviste con nosotros y por la alegría que compartiste con nosotros.

Luis Hambrano

RESUMEN

Se realizó la evaluación en mesocosmos de la descomposición de residuos sólidos domésticos utilizando cucarachas americanas *Periplaneta americana* (Linnaeus 1758) en condiciones de la Amazonía ecuatoriana. El tipo de investigación es exploratoria experimental con enfoque mixto, y métodos analítico-observacional y experimental; estadísticamente se analizó mediante ANOVA con la prueba de Tukey. Para conocer las condiciones de desarrollo y ciclos de producción de las cucarachas se basaron en información documental de las fábricas de Jinan y Xichuan en China; para el ensayo, se elaboró una caja contenedora de 1m x 1m x 0,5m en donde se colocaron seis mesocosmos, en cada uno de ellos se pusieron 35 individuos adultos de *Periplaneta americana*; durante quince días se suministraron dos tipos de dietas; la dieta 1 compuesta de materia orgánica y la dieta 2 compuesta de materia orgánica, papel y cartón con tres repeticiones y se verificó el consumo cada 24 horas. Para el adecuado desarrollo de las cucarachas se necesitan temperaturas de entre 20°C - 29°C, humedad relativa de 80 a 90% y condiciones de oscuridad. El grado de descomposición de la materia orgánica no presentó diferencias significativas, sin embargo, están entre 5,31 gramos y 5.36 gramos para las dietas uno y dos respectivamente. Las heces de las cucarachas americanas presentan una alta concentración de N y P. Se recomienda ampliar la investigación en temas de reproducción, el grado de descomposición a mayor escala, toxicidad de los individuos, elaboración de alimento balanceado para especies menores, para medicina y cosméticos.

Palabras clave: residuos orgánicos, heces, grado de descomposición.

ABSTRACT

Mesocosm assessment of the decomposition of household solid waste using American cockroaches *Periplaneta americana* (Linnaeus 1758) under conditions of the Ecuadorian Amazon. The type of research is experimental exploratory with mixed approach, and analytical-observational and experimental methods; statistically analyzed using ANOVA with the Tukey test. To understand the conditions of development and production cycles of the cockroaches were based on documentary information from the Jinan and Xichuan factories in China; for the test, a container box of 1m x 1m x 0.5m was prepared in which six mesocosms were placed, in each of them were placed 35 adult individuals of *Periplaneta americana*; for a fortnight two types of diets were provided; diet 1 composed of organic matter and diet 2 composed of organic matter, paper and cardboard with three repetitions and consumption was checked every 24 hours. For the proper development of cockroaches temperatures between 20oC - 29oC, relative humidity of 80 to 90% and dark conditions are needed. The degree of breakdown of organic matter had no significant differences, however, they are between 5.31 grams and 5.36 grams for diets one and two respectively. The faeces of American cockroaches have a high concentration of N and P. It is recommended to expand research on breeding issues, the degree of decomposition on a larger scale, toxicity of individuals, preparation of balanced food for minor species, for medicine and cosmetics.

Keywords: organic waste, faeces, degree of decomposition.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	ii
TABLA DE CONTENIDOS.....	iii
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA y JUSTIFICACIÓN.	2
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	2
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.4. OBJETIVOS.	4
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.	4
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
CAPITULO II	5
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.1. ANTECEDENTES.....	5
2.2. BASES TEÓRICAS.....	5
2.1.1. RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS.....	5
2.2.1.1. Características y composición.....	6
2.2.1.2. Tipos de residuos sólidos domésticos.....	6
2.2.1.3. Descomposición residuos sólidos domésticos.....	7
2.3. CUCARACHAS DOMESTICAS <i>Blattodea</i> (Wattenwyl, 1882).	8
2.3.1. Tipos de cucarachas domésticas.....	9
2.3.1.1. Cucaracha Alemana <i>Blattella germánica</i> (Linnaeus, 1767).....	10
2.3.1.2. Cucaracha Americana <i>Periplaneta americana</i> (Linnaeus, 1758).	11
2.3.1.3. Cucaracha Banda Café <i>Supella longipalpa</i> (Fabricius, 1799).....	12
2.3.1.4. Cucarachas Orientales <i>Blatta orientalis</i> (Linnaeus, 1758).....	13
2.4. CARACTERÍSTICAS DE LA CUCARACHA AMERICANA <i>Periplaneta americana</i> (Linnaeus, 1758).	14
2.4.1. Ciclo de vida de la <i>Periplaneta americana</i>	14
2.4.2. Morfología.....	16
2.4.3. Biología y hábitos.....	17
2.4.4. Hábitats.....	18

2.4.5.	Comportamiento.....	18
2.4.6.	Alimento.....	19
2.4.7.	Depredadores.....	19
2.4.8.	Reproducción.	20
2.4.9.	Resistencia y adaptabilidad.	20
2.4.10.	Importancia.....	21
2.4.11.	Aspectos negativos.....	21
2.4.12.	Métodos de control.....	24
2.5.	DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS POR PARTE DE LAS CUCARACHAS.	26
2.5.1.	Aplicación de la cucaracha americana <i>Periplaneta americana</i> (Linnaeus, 1758).	26
2.6.	Técnicas para capturar cucarachas <i>Periplaneta americana</i> (Linnaeus, 1758).	27
2.6.1.	Técnicas directas.	27
2.6.2.	Técnicas indirectas.	27
2.7.	FACTORES QUE AFECTAN LA DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MEDIANTE CUCARACHA AMERICANA <i>Periplaneta americana</i> (LINNAEUS, 1758).	28
2.7.1.	Metano y CO2 en la cucaracha americana <i>Periplaneta americana</i> (Linnaeus, 1758)...	28
2.8.	EVALUACIÓN EN MESOCOSMOS.	29
2.8.1.	Mesocosmo.....	29
CAPÍTULO III.....		30
3.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	30
3.1.	LOCALIZACIÓN.	30
3.2.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.	30
3.3.	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.	31
3.4.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
3.5.	ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE LABORATORIO.....	34
3.6.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.	36
CAPÍTULO IV.....		37
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
4.1.	CONDICIONES AMBIENTALES Y DE MANEJO QUE UTILIZAN LAS FÁBRICAS EN CHINA PARA DESCOMPONER MATERIA ORGÁNICA A TRAVÉS DE CUCARACHAS.....	37
4.2.	CICLO DE PRODUCCIÓN EN LAS FÁBRICAS CHINAS PARA PROCESAR RESIDUOS SÓLIDOS.	38
4.3.	TÉCNICAS DIRECTAS E INDIRECTAS PARA CAPTURAR CUCARACHAS <i>Periplaneta americana</i> (Lineaus 1758).....	41

4.4. GRADO DE DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS UTILIZANDO CUCARACHAS AMERICANAS <i>Periplaneta americana</i> (Lineaus 1758).....	42
4.5. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LAS HECES DE LAS CUCARACHAS <i>Periplaneta americana</i> (Lineaus 1758).....	46
CAPITULO V	48
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
5.1. CONCLUSIONES	48
5.2. RECOMENDACIONES	49
CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA.	50
CAPÍTULO VII: ANEXOS.	57

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1: Residuos sólidos domésticos.....	6
Ilustración 2: Especies de cucarachas domesticas a) <i>Periplaneta americana</i> (Linnaeus, 1758), b) <i>Blattella germanica</i> (Linnaeus, 1767) y c) <i>Supella longipalpa</i> (Fabricius, 1798).....	9
Ilustración 3: Cucaracha Alemana <i>Blattella germánica</i> (Linnaeus, 1767).	10
Ilustración 4 Sitios comunes donde invaden cucarachas <i>B. germánica</i>	11
Ilustración 5: Cucaracha Americana <i>Periplaneta americana</i> (Linnaeus, 1758).	12
Ilustración 6: Cucaracha Banda Café <i>Supella longipalpa</i> (Fabricius, 1799).	12
Ilustración 7: Cucarachas Orientales <i>Blatta orientalis</i> (Linnaeus, 1758).	13
Ilustración 8: Ootecas de cucaracha americana <i>Periplaneta americana</i>	15
Ilustración 9: Diferentes etapas de desarrollo de <i>Periplaneta</i>	15
Ilustración 10: Partes internas de hembra de <i>Periplaneta americana</i>	17
Ilustración 11: Biología y hábitos de la cucaracha americana <i>Periplaneta americana</i>	18
Ilustración 12: Comportamiento de la cucaracha americana <i>Periplaneta americana</i>	19
Ilustración 13: Mesocosmo.....	29
Ilustración 14. Mapa del Área de Estudio.....	30
Ilustración 15: Técnicas de captura directa.....	32
Ilustración 16: Trampa de cebo para captura de cucarachas americanas.	32
Ilustración 17: Caja contenedora de los mesocosmos	33
Ilustración 18: Mesocosmo con 35 individuos.	33
Ilustración 19: Pesaje de dietas suministrada.	34
Ilustración 20: Pesaje de heces.	34
Ilustración 21: Limpieza de mesocosmos para colecta de heces.....	35
Ilustración 22: Pesaje de heces.....	35
Ilustración 23: Preparación de las muestras	36
Ilustración 24: Instalaciones de la farmacéutica Haoyisheng.....	37
Ilustración 25: Instalaciones de la empresa Qiaobin Agricultural Technology Co.	38
Ilustración 26: Mapa de ciudad de Jinan, China.....	38
Ilustración 27: Cinta de transporte de restos de residuos orgánicos destinados a la planta de cucarachas	39
Ilustración 28: Red de tubería de alimentación de cucarachas.	39

Ilustración 29: Flujograma del ciclo de descomposición de residuos sólidos y aprovechamiento de cucarachas.	40
Ilustración 30: Heces de cucaracha americana.	46

Índice de tablas

Tabla 1: Características de los residuos sólidos.	6
Tabla 2: Tipos de residuos sólidos domésticos.	7
Tabla 3: Descripción de la biología y hábitat de las especies de cucarachas	9
Tabla 4: Descripción de parámetros reproductivos de la especie <i>Periplaneta americana</i>	20
Tabla 5: Bacterias patógenas en cucarachas y sus enfermedades.	23
Tabla 6: Control químico de plagas	25
Tabla 7: Consumo individual por día	43
Tabla 9: Incremento de peso y mortalidad de cucarachas <i>Periplaneta americana</i>	46
Tabla 10: Resultados analítico de laboratorio	47

Índice de gráficos

Gráfico 1: Eficiencia de captura.	41
Gráfico 2: Consumo promedio por dieta y por día.....	42
Gráfico 3: Comparación entre las medias de las dietas prueba de Tukey $p > 0,05$	44
Gráfico 4: Número de ootecas por cada tres días	44
Gráfico 5: Relación entre consumo y ootecas.	45

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN.

A nivel mundial la basura es un problema que causa graves daños ambientales, ya sea con afectaciones directas e indirectas. En ciertos casos estos problemas llegan a causar daños a la salud humana; esto se debe a la acumulación y mala disposición final de los residuos sólidos domésticos (Avendaño, 2015).

Actualmente en China existen varios sistemas de tratamiento de residuos sólidos entre los que se pueden mencionar: incineración, lombricultura, compostaje (vermicompost); que no tienen la capacidad de abastecer todo el volumen de residuos generados en el gigante asiático y cuya única solución es la acumulación en vertederos urbanos (Ramos, 2019). Ante esta problemática un empresario chino presentó un modelo innovador de tratamiento de materia orgánica que utiliza cucarachas americanas.

En Latinoamérica los desechos sólidos son depositados en vertederos clandestinos a cielo abierto, arrojados a ríos y riachuelos y en algunos casos depositados en rellenos sanitarios que disminuyen su vida útil. Debido a la población creciente y en constante cambio, la mayor parte de la basura doméstica está compuesta por materia orgánica (40% a 70% aproximadamente), y aunque existen condiciones adecuadas y se aplican técnicas probadas, de bajo costo, en grandes espacios no se logra controlar esta problemática (Acurio, Rossin, Teixeira & Zapeda, 1997).

Pastaza es la provincia más grande del Ecuador con una población de 83933 habitantes la misma que corresponde al 0.50% del total de la población ecuatoriana (Pastaza, 2017); esta genera grandes volúmenes de residuos sólidos domésticos causados por el aumento de población flotante (Luzuriaga, 2012), que al no ser tratados se depositan directamente en el relleno sanitario causando la disminución del tiempo de vida útil. Por esta razón se plantea evaluar en condiciones de la amazonia ecuatoriana el sistema chino que consiste en descomponer residuos sólidos orgánicos utilizando cucarachas americanas (*Periplaneta americana*).

Las cucarachas son los insectos más comunes en los hogares, se han encontrado fósiles que evidencian su existencia desde hace 300 millones de años, debido a que se adaptan fácilmente al

medio ambiente por lo que pueden habitar casi en cualquier parte del mundo y se adaptarse con facilidad a vivir junto a los humanos (De jorge, 2010).

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA y JUSTIFICACIÓN.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La basura es un problema a escala mundial que causa graves daños ambientales, ya sea con afectaciones directas e indirectas, en ciertos casos estos problemas llegan a causar graves daños a la salud humana; esto se debe a la acumulación y mala disposición final de los residuos sólidos domésticos (Avendaño, 2015). Según (Acurio et al., 1997) en Latinoamérica la residuos sólidos son depositados en basureros clandestinos a cielo abierto, arrojados en fuentes de agua y en algunos casos depositada en rellenos sanitarios.

Según Vera (2012) la generación de grandes volúmenes de residuos sólidos domésticos causan una reducción del tiempo de vida útil del relleno sanitario del cantón Pastaza.

En los últimos años se han desarrollado diferentes proyectos para segregar y/o reducir la cantidad de residuos sólidos domésticos que llegan a los sitios de disposición final (rellenos sanitarios, botaderos a cielo abierto, incineradoras, etc.); éstos proyectos utilizan estrategias de separación en la fuente, reciclaje, lombricultura y compostaje (Castro, 2018). Sin embargo, debido a que es un problema creciente no solo a nivel local sino mundial es necesario investigar y establecer nuevas alternativas como la utilización de cucarachas que son resistentes a condiciones climáticas y que son capaces de descomponer casi cualquier tipo de residuos sólidos orgánicos.

1.2. JUSTIFICACIÓN.

Actualmente la sociedad busca alternativas para reducir la cantidad de residuos sólidos domésticos generados, ya que es un problema que acarrea la humanidad desde hace varios años, y para controlarlo se han implementado varias técnicas para aprovechar y reducir la gran cantidad de desechos.

En China se utiliza un método innovador el cual implica el uso de la cucaracha americana *Periplaneta americana* (Linnaeus, 1758), para la descomposición de residuos sólidos orgánicos,

al mismo tiempo se las puede utilizar para la elaboración de alimentos balanceados para animales de granja e incluso para consumo humano, elaboración de medicinas y cosméticos.

Las diferentes técnicas aplicadas para el tratamiento de residuos sólidos requieren de grandes costos para su operación, ya que esto implica el uso de mano de obra, equipos, maquinarias, herramientas y amplios espacios; además de condiciones muy específicas para una alta eficiencia y evitar que generen impactos negativos al ambiente. La utilización de cucarachas no necesita de grandes espacios ni de maquinarias especializadas; además este tipo de insectos poseen ciertas capacidades para resistir a diferentes condiciones adversas.

Las cucarachas domesticas a pesar de causar afectaciones a la salud y su erradicación es complicada, debido a la resistencia a algunos agentes químicos y biológicos. Presentan características que han sido aprovechadas en China para la descomposición de los residuos sólidos domésticos y que podría constituirse en una técnica local sustentable para el tratamiento de residuos sólidos domésticos en condiciones amazónicas.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el grado de descomposición de residuos sólidos domésticos durante quince días a nivel de mesocosmos en condiciones de la amazonia ecuatoriana utilizando cucarachas americanas *Periplaneta americana* (Linnaeus, 1758)?

1.4. OBJETIVOS.

1.4.1. OBJETIVO GENERAL.

Evaluar en mesocosmos la descomposición de residuos sólidos domésticos utilizando cucarachas americanas *Periplaneta americana* (Linnaeus, 1758) en condiciones de la Amazonía ecuatoriana como fuente alternativa de tratamiento.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Indagar las condiciones ambientales y de manejo que utilizan las fábricas en China para descomponer materia orgánica a través de cucarachas.
- Conocer el ciclo de producción que utilizan las fábricas de China para procesar los residuos sólidos domésticos utilizando cucarachas.
- Evaluar las técnicas directas e indirectas para capturar cucarachas *Periplaneta americana* (Linnaeus, 1758) en el cantón Pastaza.
- Calcular durante quince días el grado de descomposición de residuos sólidos domésticos utilizando cucarachas americanas *Periplaneta americana* (Linnaeus, 1758).
- Determinar las propiedades físicas y químicas de las heces de las cucarachas producto de la descomposición de la materia orgánica.

CAPITULO II

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

2.1. ANTECEDENTES.

Entre los insectos más conocidos y más pretéritos tenemos al grupo de las cucarachas, ya que perduraron desde hace varios millones de años gracias a su gran capacidad de adaptarse a los diferentes hábitats que se les presenten.

Las cucarachas aparecieron en el periodo cambriano y los registros fósiles más antiguos datan de 340 millones de años. Las cucarachas son consideradas como un grupo sinantrópico debido a la estrecha relación existente con el hombre, la cual data desde que este último habitaba las cavernas. Actualmente se conocen cerca de 3,500 especies; siendo la mayoría de regiones tropicales. Presentan una gran variedad de formas, tamaños, colores y hábitat en los que subsisten, siendo solo unas cuantas las que representan importancia en salud pública; en la actualidad se conocen alrededor de 45 patógenos que pueden transmitir de manera mecánica, hallando principalmente bacterias, hongos protozoarios, helmintos y virus (Ponce et al., 2005a).

2.2. BASES TEÓRICAS.

2.1.1. RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS.

Para Varela & Rubí (2014), son todos los desechos que surgen de las actividades humanas y animales, que normalmente son sólidos; gran parte de estos se desechan como inútiles o no deseados y tienen un valor o costo por aprovechamiento del que se puede generar un ingreso residual.

Residuo sólido domestico es aquel que se genera de las distintas actividades domiciliarias y varía en función de factores culturales asociados a los niveles de ingreso, hábitos de consumo, desarrollo tecnológico y estándares de calidad de vida de la población y que también se puede clasificar según su tipo de manejo (Varela & Rubí, 2014).



Ilustración 1: Residuos sólidos domésticos.

2.2.1.1. Características y composición.

Según Sáez & Urdaneta (2014b) la información referente a los residuos se constituye en una herramienta de planificación, en donde se determinan las formas de recolección y el sistema de tratamiento más adecuado para la eliminación de estos, muchas investigaciones tipifican los residuos como convencionales en los que se incluyen los generados en los domicilios y las actividades de pequeños comercios.

Tabla 1: Características de los residuos sólidos.

País/ Ciudad	Cartón y papel	Metal	Vidrio	Textiles	Plásticos	Orgánicos y putrescibles	Otros e inertes
República Dominicana	8				9	75	
Barbados	20				9	59	12
Belice	5	5	5		5	60	20
Costa Rica	20,7	2,1	2,3	4,1	17,7	49,8	3,3
Perú	7,5	2,3	3,4	1,5	4,3	54,5	25,9
Caracas	22,3	2,8	4,5	4,1	11,7	41,3	11,2
Asunción	10,2	2,3	3,5	1,2	4,2	58,2	19,9
Ecuador	9,6	0,7	3,7		4,5	71,4	
Guatemala	13,9	18	3,2	0,9	8,1	63,3	8,8
México	20,9	3,1	7,6	4,5	8,4	44	11,5

Fuente: (Sáez & Urdaneta, 2014b).

Al revisar los porcentajes de residuos sólidos municipales para los países que aparecen en la tabla se observa que el porcentaje de desechos orgánicos putrescibles es elevado, para un 70% de los países se tiene que este tipo de desechos representa más del 50% del total de desechos municipales (Sáez & Urdaneta, 2014).

2.2.1.2. Tipos de residuos sólidos domésticos.

En el artículo realizado por Aguilar, Armijo, Taboada, & Aguilar (2010), agrupan a los residuos sólidos domésticos en tres grandes grupos; en los que se incluyen los residuos reciclables inorgánicos, reciclables orgánicos y no reciclables según sus características de aprovechamiento.

Tabla 2: *Tipos de residuos sólidos domésticos.*

Reciclables orgánicos	
Residuos alimenticios	Cualquier tipo de residuos de alimentos
Papel y cartón	Revistas, periódicos, libros, materiales de embalaje, papel de oficio, cajas, cartón corrugado, otros.
Textiles	Algodón, cortinas, nailon, ropa usada, retazos de tela.
Otros orgánicos	Madera, cuero, residuos de jardinería.
Reciclables inorgánicos	
Plástico *	PET, HDPE, LDPE, entre otros.
Vidrio	Vidrios claros, ámbar y verde.
Metales	Latas de los alimentos procesados y bebidas, materiales ferrosos y no ferrosos.
Envases Tetra pack *	Envases de bebidas y alimentos procesados.
No reciclable	
Residuos sanitarios	Pañal desechable de niño y adulto, toallas sanitarias.
Residuos finos	Tierra de jardín, residuos finos que pasan el tamiz.
Residuos electrónicos	Cualquier tipo de residuo electrónico doméstico.
Varios	Residuos que no se ajustan en las categorías anteriores.

* La clasificación se realizó de acuerdo a su componente biodegradable.

Fuente: (Aguilar et al., 2010)

2.2.1.3. Descomposición residuos sólidos domésticos

Descomposición de desechos se puede definir como: “transformación de desechos mediante operaciones que alteran su composición química, física o biológica. Un ejemplo de esta transformación lo constituye la combustión y la producción de abono” (Flores, 2009).

La composición de los residuos sólidos domésticos varía según diferentes elementos, pero dependen básicamente: del nivel de vida, de la estación del año, del modo de vivir de la población, zonas turísticas, clima, día de la semana (Alzate, 2012).

“Los desechos domésticos no se consideran peligrosos, dado que casi siempre son materiales que han sido manipulados por personas antes de desecharse, se pueden considerar desechos domésticos: residuos de comida, papel, cartón, plástico, textiles, cuero, residuos de jardín, madera” (Alzate, 2012)

Según (Aye & Widjaya, 2006) clasifican los desechos sólidos en dos grandes grupos, orgánicos e inorgánicos. Los orgánicos que incluyen los putrescibles (que se degradan rápidamente y producen mal olor durante la descomposición), papel, cartón, caucho y madera. Los inorgánicos comprenden plásticos, vidrio, metal y otros.

El sector chino de la gestión de residuos comprende todas aquellas actividades relacionadas con la recogida, el depósito, el tratamiento y la recuperación de desechos derivados de la actividad humana (Ramos, 2019). En China existen multitud de sistemas de tratamiento de residuos sólidos entre los que se pueden mencionar: vertederos urbanos, incineración, compostaje, compost (vermicompost, entre otros); aquellos que no tienen la capacidad de abastecer todo el volumen de residuos generados en el gigante asiático (Ramos, 2019).

2.3. CUCARACHAS DOMESTICAS *Blattodea* (Wattenwyl, 1882).

Uno de los insectos más comunes en los hogares son las cucarachas, se han encontrado fósiles los cuales evidencian que las cucarachas han existido más o menos desde 300 millones de años. Son uno de los grupos de animales más exitosos, debido a que las cucarachas se adaptan fácilmente al medio ambiente en el que están y se adaptan con facilidad a vivir junto con los humanos (De jorge, 2010)

Las cucarachas se encuentran ampliamente distribuidas y se les localiza frecuentemente en casas, habitaciones, restaurantes, supermercados, hospitales, almacenes, oficinas, comercios, panaderías, tortillerías, así como áreas de preparación y manejo de alimentos (Rust & Reiersen, 2007). Estos insectos pueden contaminar alimentos y utensilios de cocinas, destruir productos de tela, papeles y causar manchas y olores característicos en las superficies que contactan. También con su cuerpo, excremento y al masticar cables causan cortos circuitos, provocan daños en aparatos electrónicos.

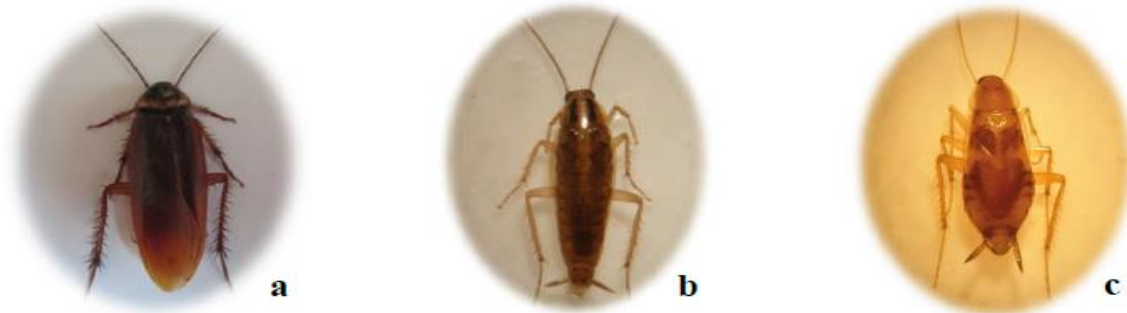


Ilustración 2: Especies de cucarachas domesticas a) *Periplaneta americana* (Linnaeus, 1758), b) *Blattella germanica* (Linnaeus, 1767) y c) *Supella longipalpa* (Fabricius, 1798)

Fuente: (Hernández-Rodríguez et al., 2017)

2.3.1. Tipos de cucarachas domésticas.

A nivel mundial se reportan 4,000 especies de cucarachas. Para América se reportan 180 géneros y 2,000 especies (Gutiérrez, 2010) , y solo un pequeño grupo (menos del 1%) de las cucarachas conocidas en la actualidad son consideradas plagas de ambientes urbanos (Smith & Whitman, 1992).

Tabla 3: Descripción de la biología y hábitat de las especies de cucarachas

Especies	Biología y Hábitat	Descripción y Deposición del huevo
Cucaracha Americana	Volador débil, prefiere la comida fermentada, se encuentra afuera y dentro de las casas, principalmente en climas calientes. Comúnmente en ciudades con sistema de alcantarillado, dentro de estructuras de desagüe y en área perimetrales.	Color rojizo a café oscuro, 7/8 pulg. (10mm), de largo. Los dejan caer o los pegan en áreas calientes y protegidas, cerca de la comida.
Cucaracha de bandas cafés	Requieren calor, pero menos humedad que la cucaracha alemana, Se encuentran solamente en el interior de las casas, se refugian por todo el edificio en áreas altas específicamente como el techo y marcos de pinturas	Color café rojizo, 2/16 pulg. (5mm), de largo. Los depositan bajo la superficie de estantes, muebles, etc. En grietas.
Cucaracha Alemana	Se encuentra dentro de las casas, en áreas calientes y húmedas. Prefieren las grietas, cerca de la comida y agua, en la cocina o en los baños. Prefieren esconderse en materiales de madera y papel o bien en equipo eléctrico, atracción al calor.	Color café amarillezca, ¼ pulg., (6mm) de largo, Depositán en áreas protegidas con 1 o 2 días de incubación.
Cucaracha Oriental	Prefieren áreas húmedas, temperatura debajo de los 84°f (29°c), toleran el frío. Comúnmente se encuentran a fuera de las casas, en sótanos, alcantarillado, desagües, alrededor de tuberías, en la pared terrazas vacías. Prefieren la comida en estado de putrefacción.	Color café rojizo a negro. 3/8 pulg., (10mm), de largo. Los depositan o los pegan en un área protegida y caliente, cerca de la comida.

Fuente: (Ponce et al., 2005b).

2.3.1.1. Cucaracha Alemana *Blattella germanica* (Linnaeus, 1767).

La especie *Blattella germanica* se considera como cosmopolita, su origen inicialmente fue del sur de Asia, pero fue introducida a los demás continentes por el hombre, se desarrollan en condiciones cálidas, húmedas y oscuras. Principalmente se encuentran en cocinas y alacenas con infestaciones secundarias en baños y otras áreas que presenten condiciones adecuadas, son de hábitos nocturnos, la hembra de esta especie produce una ooteca en la que se desarrollan de 30 a 40 huevos (Pérez & Hernández, 2012)



Ilustración 3: Cucaracha Alemana *Blattella germanica* (Linnaeus, 1767).

Fuente: (Villegas, 2017).

Los adultos miden alrededor de 1.2 y 1.5 cm de longitud. Son de color marrón claro, y presentan dos rayas longitudinales paralelas oscuras en el pronoto detrás de la cabeza, hasta las alas. Resulta muy raro que los adultos vuelen y pueden vivir hasta 12 meses cuando las condiciones son favorables (Piper & Antonelli, 2004)

Esta especie puede ser encontrada dentro de las casas, en áreas calientes y húmedas. Prefieren las grietas, cerca de la comida y agua, en la cocina o en los baños. Suelen esconderse en materiales de madera y papel o bien en equipo eléctrico, atraídas por el calor (Ponce et al., 2005a). La cucaracha alemana es una especie relativamente activa. Se mueve más cerca de estructuras cerradas, pudiendo pasar de un sitio a otro a través de espacios muy pequeños. También pueden ser trasladadas de un lugar a otro de distintas maneras por ejemplo en los sacos de papas o cebollas, en los envases de bebidas, en bolsas de supermercado, cajas de cartón, empaques de comidas, cajas de huevos, bolsas de mano, entre otros (Bennett et al., 1996).



Ilustración 4 Sitios comunes donde invaden cucarachas *B. germanica*.

Fuente: (Villegas, 2017).

2.3.1.2. Cucaracha Americana *Periplaneta americana* (Linnaeus, 1758).

La cucaracha de la especie *Periplaneta americana* se caracteriza por ser una especie grande, los adultos tienen un tamaño que van desde los 34 a los 53 mm de largo, son de color rojizo-marrón con variaciones substanciales en patrones de coloración claro a oscuro, en la superficie superior del pronoto tiene un listón marrón- amarillo. Ambos, machos y hembras, tienen alas completas. A diferencia de las hembras, las alas de los machos se extienden un poco después del abdomen. Las ninfas son similares en apariencia, pero más pequeñas y no tienen alas. La cucaracha *Periplaneta americana* es capaz de volar, pero, lo hacen en raras ocasiones (Jacobs, 2002).

Esta especie se encuentra tanto en interiores como exteriores, principalmente en sótanos, alcantarillas, túneles de vapor y sistemas de drenaje. Esta cucaracha se encuentra comúnmente en edificios comerciales como: restaurantes, tiendas de abarrotes, panaderías y donde los alimentos son preparados o almacenados, generalmente se encuentran en zonas de sombra y húmedas al aire libre, en los patios, huecos de árboles, pilas de madera y residuos sólidos (Kathryn, 2017).



Ilustración 5: *Cucaracha Americana Periplaneta americana* (Linnaeus, 1758).

Fuente: (Sanches, 2019).

2.3.1.3. **Cucaracha Banda Café *Supella longipalpa*** **(Fabricius, 1799).**

Las cucarachas de banda marrón adultas miden cerca de 1/2 pulgada de largo y son de color marrón claro, con sus alas desarrolladas completamente. Las hembras son más cortas y más rellenas que los machos y sus alas no cubren completamente su abdomen. Ambas, adultas y ninfas se distinguen por las dos bandas estrechas marrones que cruzan su cuerpo en la base del abdomen y a la mitad del abdomen. Ambos, machos y hembras son bastante activos; los machos adultos vuelan al ser molestados (Department of Entomology, 2013b).



Ilustración 6: *Cucaracha Banda Café Supella longipalpa* (Fabricius, 1799).

Fuente: (Department of Entomology, 2013b).

Esta especie de cucaracha requiere calor, pero menos humedad que la cucaracha alemana. Se encuentran solamente en el interior de las casas y se refugian por todo el edificio en áreas altas específicas como el techo y marcos de pinturas (Ponce et al., 2005a). Este tipo de cucarachas se encuentran frecuentemente en casas, departamentos, hoteles, hospitales, restaurantes y cocinas.

Son fáciles en transportar en mobiliarios esparciéndolas rápidamente en los edificios (Bennett et al., 1996). El origen de esta especie es África (Harwood & James, 1987). Esta es una de las especies de cucarachas más pequeñas raramente miden más de media pulgada de longitud (Bennett et al., 1996).

2.3.1.4. Cucarachas Orientales *Blatta orientalis* (Linnaeus, 1758).

Contrario a su nombre común la cucaracha oriental se piensa que es originaria del Norte de África, también es nombrada comúnmente como cucaracha negra y es una especie de distribución mundial (Smith & Whitman, 1992).

Las cucarachas orientales son a veces llamadas insectos de agua por su preferencia a lugares oscuros, húmedos y fríos tales como debajo del fregadero, máquinas de lavar y en sótanos húmedos. Esta especie, que es menos astuta y más perezosa que las demás, se toma en consideración porque regularmente viaja por los tubos de las alcantarillas y vive en la muge (Department of Entomology, 2013c).



Ilustración 7: Cucarachas Orientales *Blatta orientalis* (Linnaeus, 1758).

Fuente: (Department of Entomology, 2013c).

Los machos miden alrededor de 25 mm y las hembras 32 mm de longitud, normalmente de color negro brillante, pero puede variar de marrón rojizo a oscuro. Las alas de los machos cubren el 75% del abdomen, dejando expuestos de 3 a 5 segmentos abdominales; las hembras presentan alas rudimentarias (Smith & Whitman, 1992).

2.4. CARACTERÍSTICAS DE LA CUCARACHA AMERICANA *Periplaneta americana* (Linnaeus, 1758).

A pesar de su nombre, la cucaracha americana no es nativa de América, probablemente fue introducida desde África por embarcaciones y actualmente presenta una distribución cosmopolita, excepto en los lugares permanentemente congelados (Smith & Whitman, 1992). Esta especie es probablemente la especie más cosmopolita. Su hábitat es muy amplio y variable (Pesante, 1992).

Ubicación taxonómica de *P. americana* según Triplehorn & Johnson (2005).

Dominio: Eukarya

Reino: Animal

Phylum: Artropoda

Subphylum: Atelocerata

Clase: Hexapoda

Orden: Blattodea

Familias: Blattidae

Género: *Periplaneta*

Especie: *P. americana*

2.4.1. Ciclo de vida de la *Periplaneta americana*.

La cucaracha pertenece al grupo de insectos con metamorfosis incompleta o hemimetábola, es decir del huevo nace la larva que se llama “ninfa” idéntica al insecto adulto, consta de tres etapas, huevo, ninfa en sus diversos estadios y el adulto. Los huevos de las cucarachas están acomodados en forma pareada, dentro de una cámara llamada ootecas, la cual presenta forma de frijol y es de estructura coriácea, la cual puede ser expulsada o bien la hembra puede traerla consigo hasta la eclosión de las ninfas (Ponce et al., 2005a). Las hembras sueltan o pegan las ootecas de 8 mm de largo a sustratos en unas horas o en días después de su formación. Cada ooteca tiene unos 12-16 embriones.



Ilustración 8: Ootecas de cucaracha americana *Periplaneta americana*.

Las ninfas surgen de la ooteca aproximadamente en seis semanas a partir de la ovipostura y mudan de exoesqueleto 13 veces durante 18 meses, antes de llegar a la etapa adulta sexualmente madura (Ogg , Ogg C, Ferraro & Jeff, 2006). Dependiendo de la temperatura pueden tardar de seis a 18 meses para madurar (Randall, 1998).



Ilustración 9: Diferentes etapas de desarrollo de *Periplaneta*.

Fuente: (Guerrero, 2016)

Los adultos miden aproximadamente entre 34 a 53 mm de longitud, son de color café rojizo; excepto por una banda submarginal pálido marrón a amarillento alrededor del borde del escudo del pronoto, el último segmento del cerco es dos veces más largo que ancho. Ambos sexos son alados, las alas de los machos se extienden más allá de la punta del abdomen, mientras que las hembras no (Smith & Whitman, 1992).

2.4.2. Morfología.

La morfología de su cuerpo quitinizado y aplanado dorsoventralmente está dividida en cabeza, tórax y abdomen. En la cabeza se deben distinguir dos antenas largas y filiformes, dos ojos compuestos y un aparato bucal masticador. El tórax tiene tres segmentos. El primero de ellos pronotum esconde casi toda la cabeza de la cucaracha, los diferentes patrones de colocación de esta placa quitinizada se pueden confundir con un par de ojo. Del segundo segmento mesonotum y del tercero metanotum se desprenden las alas. El primer par de alas está modificado en tegminas (alas de apariencia coriácea). No todas las especies tienen las alas completamente desarrolladas, pues también se presentan adultos con alas cortas (braquípteras) o ausentes (ápteras). Sin embargo, se debe tener cautela, pues muchos individuos ápteros corresponden tan solo a los estados inmaduros (Chapman, 1998).

Otras características de esta especie, cada uno de los tres segmentos torácicos se originan un par de patas delgadas y espinosas para así tener un total de seis que les permiten correr casi sobre cualquier tipo de superficie, caminar en el techo, o escalar en materiales tan lisos como el vidrio, ayudándose con estructuras especializadas (uñas) al final de sus tarsos (Chapman, 1998).

Los segmentos finales del abdomen difieren entre machos y hembras, los primeros tienen órganos que vierten durante la cópula y que agarran a la hembra; éstas por su parte tienen apéndices que utilizan en la ovoposición y la formación de las ootecas (Jaramillo, Cordoba, Armbrach & Suarez , 1999).

Mucho más pequeños que los de los vertebrados, pero no menos eficientes son sus sistemas internos. Estos le proveen a la cucaracha respiración, circulación, digestión, excreción, reproducción y funciones sensoriales. Las cucarachas y todos los insectos respiran por medio de un sistema de tráqueas (Jaramillo et al., 1999).

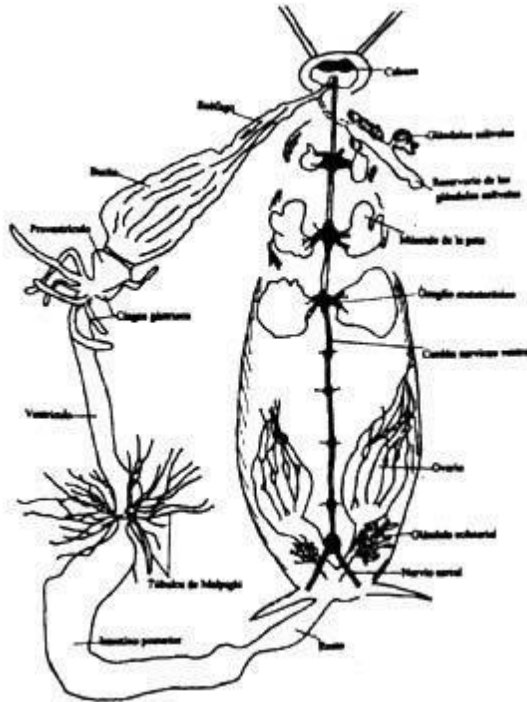


Ilustración 10: Partes internas de hembra de *Periplaneta americana*.
Fuente: (Bell, 1981).

La circulación de este tipo de insectos es abierta y carece de venas o arterias (McGavin, 2000). Los fluidos corren a través de la cavidad corporal llevando nutrientes del sistema digestivo a los tejidos y removiendo desechos que son llevados a los órganos excretores. Una vez que la comida pasa a través de las partes bucales y recorre todo el sistema digestivo realizando la digestión y la absorción de nutrientes, los desechos son excretados en forma de heces por el ano (Jaramillo et al., 1999).

2.4.3. Biología y hábitos.

Los adultos son voladores débiles que prefieren la comida fermentada, se encuentran afuera y dentro de las casas, principalmente en climas cálidos. Son Comunes en ciudades con sistema de alcantarillado, dentro de estructuras de desagüe y en áreas perimetrales (Ponce et al., 2005a).

Estos insectos son de vida nocturna, las especies domésticas se refugian durante el día en grietas, detrás de los muebles, en cañerías y desagües. Es común encontrarlas agrupadas debido a que poseen hormonas de agregación (Faccioli & Panozzo, 2010).

La cucaracha americana es fácilmente localizada en edificios institucionales alrededor de coladeras o drenajes, así como en la parte posterior de las tapas metálicas de las calderas. También es común observarla migando de un edificio a otro durante los meses calurosos. La presencia de sistemas de riego automático ofrece condiciones favorables para el desarrollo de poblaciones de este tipo de cucarachas que si por algún motivo, no se encuentran sitios adecuados los buscaran en el interior de las casas (Bennett et al., 1996).



Ilustración 11: Biología y hábitos de la cucaracha americana *Periplaneta americana*.

Fuente: (Fernández, 2016).

Estos insectos son de vida nocturna, las especies domésticas se refugian durante el día en grietas, detrás de los muebles, en cañerías y desagües. Es común encontrarlas agrupadas debido a que poseen hormonas de agregación (Faccioli y Panozzo, 2010).

2.4.4. Hábitats.

Dentro de las viviendas u otros edificios, las ninfas y adultas usualmente se encuentran en las áreas oscuras, cálidas y húmedas de los sótanos u otros espacios. Se mueven tanto en y alrededor de bañeras, cestas, drenajes y conductos. Además, son comunes alrededor de entradas de las aperturas de inspección de cloacas y la parte de abajo de las tapas de metal, sobre grandes sumideros. En ocasiones, infestan basureros donde pueden sobrevivir por el calor generado por la basura (Department of Entomology, 2013c).

2.4.5. Comportamiento.

La Cucaracha Americana es una especie peridoméstica. Su comportamiento y la supervivencia de están fuertemente influenciados por la necesidad por comida, agua y albergue seguro para defenderse de depredadores potenciales y microclimas. Son de hábitos alimentarios omnívoros, por lo que consumen prácticamente cualquier materia orgánica, incluyendo comidas frescas y

procesadas, productos almacenados, hasta hojas de libros, pegamentos, estampillas, etc. Requieren de alta humedad y frecuentan ambientes terrestres húmedos, como pozos sépticos y sistemas de alcantarillado, árboles, montículos de madera y de hojas, espacios vacíos entre paredes, y zapatas de edificios (Castillo, 2016).



Ilustración 12: Comportamiento de la cucaracha americana *Periplaneta americana*.

Fuente: («Curiosidades sobre las cucarachas», 2012).

2.4.6. Alimento.

Siendo las cucarachas las más omnívoras entre los omnívoros, son capaces de alimentarse de todo lo que encuentren: pegamento, herrumbre, concreto, cuero, ropa, pero prefieren sobre todo materia orgánica en descomposición con alto contenido en almidón y grasas. El éxito de su alimentación católica (enteramente de todo) se debe a que su tubo digestivo contiene simbiontes muy diversos, bacterias digestivas que le ayudan a la degradación de los alimentos (Mariño, 2011).

2.4.7. Depredadores.

Para McGavin (2000), existen algunos registros de la predación de las cucarachas. Entre los artrópodos, hormigas y arañas son los más importantes predadores del trópico. Pedazos de cucarachas han sido encontrados en el estómago de peces, salamandras, ranas, sapos, tortugas y lagartos. Muchas especies de aves comen estos insectos, y un ave (cucarachero) es aparentemente especializado en cucarachas. Algunos mamíferos predadores son zarigüeyas, puercoespines, simios, roedores y gatos.

2.4.8. Reproducción.

Las cucarachas americanas son insectos paurometábolos, es decir, las ninfas son similares en apariencia a los adultos excepto por la falta del desarrollo de los órganos sexuales y porque las alas no están desarrolladas. Usualmente tienen reproducción sexual, aunque se ha reportado partenogénesis en algunas de ellas; la embriogénesis y ovoposición puede ocurrir dentro de la ooteca que es impermeable (Castillo, 2016). La hembra de *Periplaneta americana* se desprende de la ooteca un día después de que es formada. En ocasiones la hembra libera la ooteca en algún lugar apropiado cerca de una fuente de alimento o en un área protegida, pero esto no siempre ocurre. En otras ocasiones, la hembra puede pegar la ooteca en alguna superficie con secreciones que forma en su boca. Las ootecas se forman una por mes y se ha encontrado que una hembra puede producir más de 15 ootecas en toda su vida. Cada ooteca contiene de 14 a 16 huevecillos a la temperatura ambiente y las ninfas pueden emerger en 50 o 55 días. Las ninfas mudan de 9 a 13 veces antes de alcanzar la madurez. El tiempo requerido para completar el estado ninfal varía de 160 a 971 días y en condiciones ideales un adulto hembra puede vivir más de 14 meses (Castillo, 2016).

Tabla 4: Descripción de parámetros reproductivos de la especie *Periplaneta americana*.

Especie	No de ootecas y huevos por ooteca	Periodo de incubación (días)	Ciclo de desarrollo (días)	Promedio de tiempo de vida de un adulto (días)
<i>Periplaneta americana</i>	6-14 ootecas por hembra 14-15 huevos por ooteca	Rango: 38-49 Promedio: 44	Rango: 168-786 Promedio: 600	Hembra: 90-706 Macho: 90-362

Fuente: (Espinoza y Zambrano, 2019, adaptado de Ponce et al., 2005a).

2.4.9. Resistencia y adaptabilidad.

Son tan resistentes que pueden permanecer a una temperatura de -4°C sin morir; una vez que se les retira de esas condiciones y pasados 20 minutos, se normalizan completamente sus funciones. Pueden adaptarse a un ayuno total de agua y comida por un mes, manteniéndose en estado de diapausa (casi detención total de actividades metabólicas), soportan dos meses con

sólo agua y cinco meses a base de comida, ya que pueden absorber la humedad directamente de los alimentos a través de su cuerpo; incluso el resto de su organismo puede sobrevivir dos semanas sin cabeza. También es sorprendente su poder adaptativo a la acción de los insecticidas. Ello se debe, por una parte, al papel de ciertas enzimas que poseen, las cuales desdoblan e inactivan los insecticidas, transformándolos en sustancias inocuas y, por otra, a la capacidad de mutación de algunas proteínas del sistema nervioso que al cambiar su configuración química bloquean la acción de los insecticidas y explican el éxito de los blátidos (Mariño, 2011).

2.4.10. Importancia.

Las cucarachas son importantes transmisores mecánicos de importancia en salud pública, por ser portadoras de microorganismos patógenos para el hombre. Las especies de mayor importancia en el continente americano son *Periplaneta americana* y *Blattella germanica*. Además, se ha relacionado las reacciones de tipo alérgicas en humanos con la presencia de heces fecales, saliva, cutícula y huevos de las cucarachas en individuos susceptibles (Damas Buenrostro, 2012).

2.4.11. Aspectos negativos.

2.4.11.1. Enfermedades.

Enfermedades producidas por diversos organismos como las bacterias, se pueden establecer en el cuerpo de las cucarachas. Diversas y severas enfermedades de tipo digestivo, se han transmitido de manera experimental, diversos tipos de gastroenteritis aparecen como las principales enfermedades transmitidas por las cucarachas. Además de náuseas, dolores abdominales, vómito, diarrea, disentería y otras enfermedades. Los agentes patógenos que producen estas enfermedades, son transportados en las patas y cuerpos de las cucarachas y son depositados en la comida y diversos utensilios (Ponce et al., 2005a).

De varios puntos en su cuerpo, la cucaracha americana, y las cucarachas en general, producen secreciones olorosas que afectan el sabor de varias comidas. Organismos infecciosos, como bacterias, protozoarios y virus, se han encontrado en los cuerpos de las cucarachas. La infección principal transmitida por las cucarachas son las diferentes formas de gastroenteritis (envenenamiento por comida, disentería, diarrea, etc.).

Las cucarachas pueden transferir de forma mecánica patógenos causantes de enfermedades en el hombre (Bennett et al., 1996); tales como: lepra, diarreas, cólera, micosis, neumonía, difteria, brucelosis, tétanos, tuberculosis, toxoplasmosis. Además, las cucarachas son transmisores de agentes patógenos tales como: *Bacillus subtilis*, *B. cereus*, *Enterobacter sp.*, *Enterococcus sp.*, *Escherichia coli*, *Klebsiella sp.*, *Salmonella spp.*, *Shigella dysenteriae*, *Vibrio sp.*, *Yersinia pestis*, entre otros (Kramer et al., 2009). También, existen evidencias que señalan que las cucarachas producen sustancias que desencadenan procesos alérgicos (Ponce et al., 2005a).

2.4.11.1.1. Bacterias.

En las cucarachas se han encontrado diferentes especies patógenas que promueven diversos cuadros de disentería, diarrea, fiebre tifoidea, gastroenteritis, entre otros padecimientos; esto se da en condiciones naturales.

Tabla 5: Bacterias patógenas en cucarachas y sus enfermedades.

Patógeno	Enfermedad
<i>Alcaligenes faecalis</i>	Gastroenteritis, infección de heridas, vías urinarias
<i>Bacillus subtilis</i>	Conjuntivitis, contaminación de comidas
<i>Campylobacter jejuni</i>	Enteritis
<i>Enterobacter Aerogenes</i>	Bacterias
<i>Escherichia coli</i>	Diarrea, Infección de heridas
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Neumonía, Infecciones en vías urinarias
<i>Mycobacterium leprae</i>	Lepra
<i>Nocardia sp.</i>	Actinomycetoma
<i>Proteus morgani</i>	Infección de heridas
<i>Proteus rettgeri</i>	Infección de heridas
<i>Proteus vulgaris</i>	Infección de heridas
<i>Proteus mirabilis</i>	Gastroenteritis, Infección de heridas
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Gastroenteritis, Infecciones respiratorias
<i>Salmonella bredeny</i>	Gastroenteritis, Contaminación de alimentos
<i>Salmonella newport</i>	Gastroenteritis, Contaminación de alimentos
<i>Salmonella oranienburg</i>	Gastroenteritis, Contaminación de alimentos
<i>Salmonella paratyphi-B</i>	Gastroenteritis, Contaminación de alimentos
<i>Salmonella rienmorbificans</i>	Gastroenteritis, Contaminación de alimentos
<i>Serratia marscesens</i>	Contaminación de alimentos
<i>Streptococcus faecalis</i>	Neumonía

Fuente: (Ponce et al., 2005a).

2.4.11.1.2. Alergias.

Diversos datos indican que las cucarachas que las cucarachas provocan fiebre, asma bronquial, dermatitis y urticaria en individuos susceptibles pueden producir alergias por diversos mecanismos:

- Por contacto con el insecto cuando camina sobre una persona o se toca.
- Por inhalación de sustancias emitidas por las cucarachas.
- Por ingestión de alérgenos cuando se comen alimentos parcialmente consumidos parcialmente consumidos por cucarachas.
- Por picadura, cuando los alérgenos entran en el organismo al morder el insecto al hombre.

Si una cucaracha se desliza por la boca de alguna persona se desarrolla una enfermedad conocida como herpes Blattae, un tipo de herpes causado por las cucarachas de aquí que deriva su nombre (Ramírez, 1989a).

2.4.11.1.3. Reacciones alérgicas.

Diversos datos indican que las cucarachas provocan fiebre, asma bronquial, dermatitis y urticaria en individuos susceptibles. Pueden producir alergias por diversos mecanismos: a) por contacto con el insecto cuando camina sobre la persona o se toca; b) por inhalación de sustancias emitidas por las cucarachas; c) por ingestión de alérgenos cuando se comen alimentos parcialmente consumidos por cucarachas; y d) por picadura, cuando los alérgenos entran en el organismo al morder el insecto al hombre. Si una cucaracha se desliza durante la noche en la boca de alguna persona en busca de partículas de alimento, se desarrolla en la zona de contacto lo que se conoce con el nombre de Herpes blattae (Ramírez, 1989b).

2.4.12. Métodos de control.

2.4.12.1. Control químico.

El uso del control químico es el primer recurso contra plagas. Sin embargo, se dificulta su uso debido al potencial desarrollo de resistencia de estos insectos a los insecticidas o plaguicidas químicos de uso común, también los daños a la salud y el medio ambiente (Stephenson & Solomon, 1993).

Los plaguicidas o Insecticidas son aquellas sustancias o mezclas, en cualquier estado físico, cuya finalidad sea la de controlar, combatir y prevenir plagas o enfermedades y en general tienen el objetivo de proteger al hombre de organismos que afectan su ambiente, animales o alimentos (Manahan, 2007).

Tabla 6: Control químico de plagas

Clase Química	Insecticidas	Formulación	Modo De Acción
Organoclorados	D.D.T. Aldrin Dieldrin Clordano Tiodan Lindano Mirex Heptacloro PCNB	Polvo, líquido	Sistema nervioso Sinapsis colinérgica
Carbamatos	Bendiocard Dioxacarb Propoxur Temik Lannate Baygón Sevín Vidate Furadán	Polvo, aerosol, spray, cebo	Sistema nervioso inhibidor de Acetilcolinesterasa
Amidinohidrazona	Hidrametilnona	Cebo	Sistema respiratorio celular Inhibidor de transporte de electrones
Inorgánicos	Ácido bórico	Polvo, cebo	Tejido Disruptor celular

Fuente: (Manahan, 2007).

2.4.12.2. Uso de feromonas de cucarachas.

Estas se encuentran en las heces de las cucarachas y son capaces de atraer a otras, esta feromona de atracción sirve como cebo para las trampas o el uso de desecantes (Ogg, et al., 2006).

2.4.12.3. Uso de cambios de temperatura.

Las cucarachas no pueden resistir cambios bruscos de temperatura, si tiene la oportunidad de enfriar por varios días o calentar demasiado el lugar de infestación, en media hora las cucarachas estarán muertas (Ogg, et al., 2006).

2.4.12.4. Control biológico.

El uso de enemigos naturales también llamado control biológico se ha presentado como una alternativa para reducir el impacto de insectos plaga. Desde su inicio en 1888 por el entomólogo Charles Valentine Riley (Hernández, 2014) este tipo de control plantea la utilización de organismos vivos o su producto, lo cuales tienen la capacidad de infectar, intoxicar o alterar su metabolismo para así afectar su ciclo de vida, reproducción y longevidad (García & Fernández, 2016).

2.5. DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS POR PARTE DE LAS CUCARACHAS.

2.5.1. Aplicación de la cucaracha americana *Periplaneta americana* (Linnaeus, 1758).

Según Gutiérrez & Betancur (2003) estos insectos son omnívoros y en el ámbito doméstico se alimentan de cualquier tipo de restos aunque demuestran una especial tendencia hacia materiales con fécula, sustancias dulces y productos cárnicos aunque también pueden comer muchos otros materiales, desde papel de colgadura hasta trozos de ropa y, por supuesto, especímenes de su misma especie, ya que poseen simbiosis que ayudan en la digestión de la celulosa (p. 97).

La idea de descomponer la basura con cucarachas fue originaria del gigante Asiático, en China en la provincia de Shandong, 1000 millones de cucarachas consumen 50 toneladas de residuos domésticos al día, “lo que equivale a una duodécima parte del total diario de desechos de este tipo de ciudad (distrito de Zhangqiu de Jinan), cuya población es de 7 millones de habitantes” (América Economía, 2018).

El Asiático Li Yanrong, realizo la experimentación en una pecera en donde descubrió que las cucarachas no son exigentes en referencia a la alimentación y las condiciones que necesitan; por tanto llevo a cabo el experimento y resulto ser todo un éxito (América Economía, 2018).

2.6. Técnicas para capturar cucarachas *Periplaneta americana* (Linnaeus, 1758).

La colecta de cucarachas requiere aplicar una variedad amplia de técnicas debido al gran número de especies y variedad de hábitos de vida que presentan. La mayoría de las técnicas utilizadas responden a objetivos específicos de cada tipo de estudio; sin embargo, pueden ser divididas de manera muy general en técnicas de colecta directas (activas) y técnicas de colecta indirectas pasivas (Steyskal et al., 1986).

2.6.1. Técnicas directas.

Es aquella en la que el colector busca de manera activa a los organismos en su ambiente, en los sitios donde éstos se distribuyen. Esta estrategia es utilizada ampliamente por la mayoría de los colectores, quienes se apoyan de herramientas e instrumentos que varían según el sustrato o sitio de búsqueda. Implica poseer cierta información biológica sobre los grupos que se desea coleccionar, principalmente su distribución geográfica, ocurrencia estacional y hábitos alimenticios.

Sin embargo, el método más simple es tomar a los insectos con los dedos y es el más común en muchos grupos que no son peligrosos para el ser humano (Steyskal et al., 1986).

2.6.2. Técnicas indirectas.

Es aquella en la que se coleccionan organismos utilizando algún tipo de atrayente y que no implica búsqueda directa en los sustratos donde éstos habitan. Comúnmente este tipo de colecta utiliza trampas con distintos tipos de atrayentes e incluso existen trampas sin atrayente que se consideran como colecta indirecta porque no se buscan activamente a los organismos. El tipo y número de trampas, y el cebo a utilizar también dependen directamente de los objetivos de la investigación (Luna, 2005).

2.6.2.1. Trampas de cebo.

El nombre de las trampas está dado por el cebo que usan, las más importantes son las coprotrampas (cebadas con excremento), carpotrampas (con fruta) y necrotrampas (con carroña). La intención de cada una de ellas es atraer y capturar insectos afines a estos cebos, pero no todas las especies que recurren a ellos lo hacen para consumirlos, también pueden acudir especies que son depredadoras y algunas otras que llegan de manera accidental.

Por esto, es importante distinguir las especies que se alimentan estrictamente de algún recurso, de aquellas que son afines; por ejemplo las especies coprófagas se alimentan de excremento y las especies coprófilas son afines al excremento (Luna, 2005).

2.6.2.1.1. Carpotrampas

Las carpotrampas usan fruta fermentada como atrayente. La fruta que más se utiliza es el plátano, la piña y el mango, a veces combinadas o por separado. Se les puede agregar un poco de cerveza para acelerar su fermentación. Pueden ser elaboradas con un envase de plástico entre 1,5 y 2 litros, como los de refrescos o agua desechables, se cortan en la parte superior al nivel donde se pueda formar un embudo, se coloca el cebo dentro de la botella cortada, se amarra a la altura deseada y se coloca el embudo en la parte superior; por éste entrarán los organismos e impedirá su salida (Luna, 2005).

2.7. FACTORES QUE AFECTAN LA DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MEDIANTE CUCARACHA AMERICANA *Periplaneta americana* (LINNAEUS, 1758).

2.7.1. Metano y CO₂ en la cucaracha americana *Periplaneta americana* (Linnaeus, 1758).

Según el experimento realizado por Freckleton & Wahlsten (1968), el dióxido de carbono provoca ciertos efectos adversos a las cucarachas en relación de la concentración del mismo, puesto que además de provocar amnesia a los individuos, también puede provocar shocks e incluso variaciones en el comportamiento; algunos individuos en el experimento presentaron anomalías al momento de alimentarse, aunque este compuesto en pequeñas dosis no les provoca

la muerte, este efecto dura entre 3 a 5 minutos dependiendo de la concentración del gas y las condiciones de la infraestructura.

2.8. EVALUACIÓN EN MESOCOSMOS.

Los mesocosmos son considerados los ensayos más complejos dentro de los estudios de alto nivel. La ventaja de estos sistemas respecto a otros es que es capaz de integrar regímenes de exposición realistas al tiempo que es capaz de evaluar variables de niveles biológicos elevados (ej. nivel comunidad) y estudiar las interacciones entre las especies y los efectos indirectos, permitiendo además el estudio del proceso de recuperación a nivel población y comunidad (Romero, 2008).

2.8.1. Mesocosmo.

Un mesocosmo es una simulación de un ecosistema en miniatura donde, en un espacio reducido se trata de experimentar las funciones y observar los procesos que ocurren en un ecosistema normal. Varios experimentadores usan los mesocosmos para determinar o controlar la variación de parámetros ambientales como pH del suelo, humedad ambiental, temperatura, entre otros. Para que un mesocosmo pueda ser certero tiene que cumplirse la sustentabilidad en los seres vivos que se encuentran dentro de este (Novalbos & Aznar, 2017).



Ilustración 13: Mesocosmo

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1. LOCALIZACIÓN.

La investigación se realizó en la ciudadela El Chofer de la parroquia Puyo perteneciente al cantón y provincia de Pastaza, en la calle Vacas Galindo e Imbabura, en las coordenadas X: 833557,8; Y: 9835820, 7. El Puyo se encuentra a 918 m.s.n.m., el clima es templado tropical, con una temperatura promedio de 20°C, precipitaciones promedio de 4500 mm al año y una humedad relativa de 80%.

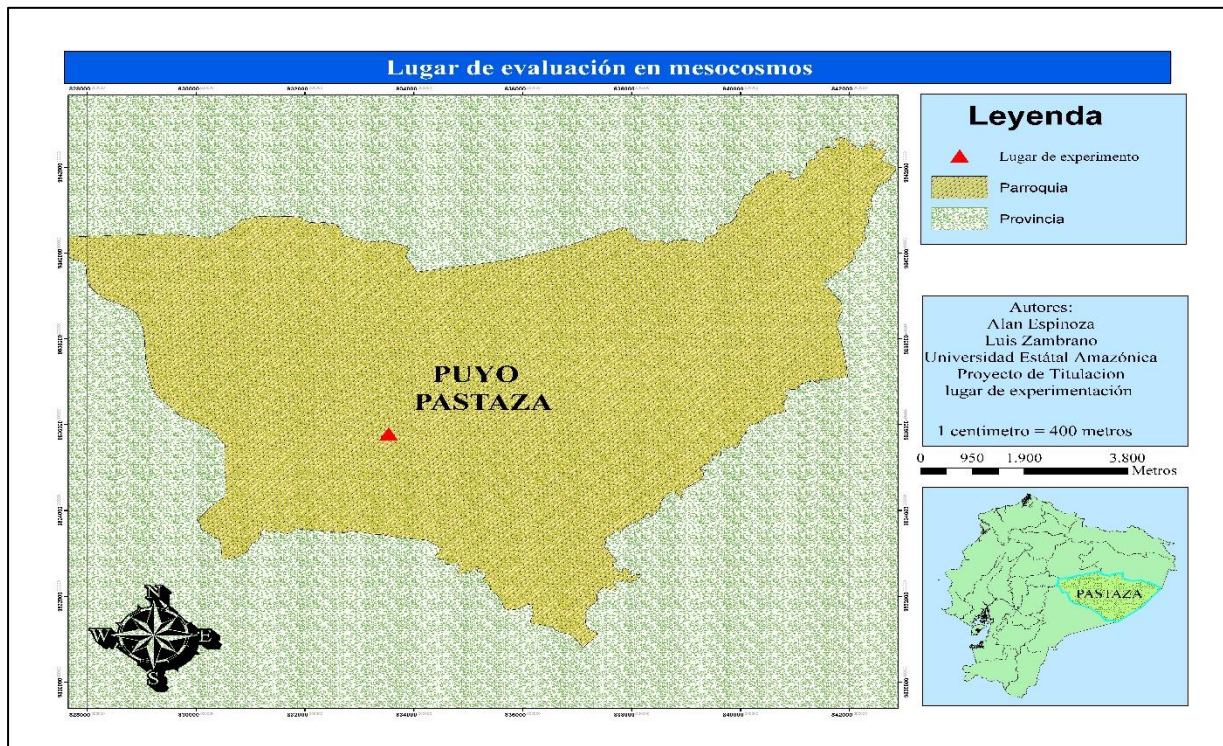


Ilustración 14. Mapa del Área de Estudio.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Esta investigación es de tipo exploratoria y experimental debido a que al ser un tema poco estudiado en el Ecuador y en Latinoamérica no se dispone de información científica. Es experimental debido a que se evaluó el proceso de descomposición de diferentes residuos sólidos domésticos utilizando cucarachas de la especie *Periplaneta americana* (Linnaeus, 1758), bajo parámetros básicos controlados como: luz, alimento, ventilación y superficie. El

enfoque utilizado es mixto, debido a que la investigación se fundamentó en determinar características cualitativas (comportamiento, alimento, características de las heces) y cuantitativas (peso de individuos, consumo de alimento, peso de excretas) que permitieron conocer la descomposición de la materia orgánica.

3.3. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.

En este estudio se utilizó el método analítico-observacional y experimental pues se describieron los parámetros básicos que utilizan las granjas para descomponer residuos sólidos y el ciclo de producción que utilizan las mismas con búsquedas exhaustivas de información documental, así mismo se realizó ensayos para determinar el grado de descomposición de residuos sólidos domésticos a nivel de mesocosmos.

3.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

Para conocer las condiciones ambientales y de manejo en las que se desarrollan las fábricas chinas y el ciclo de producción, se utilizó información documental procedente de fuentes confiables como las páginas web oficiales de las fábricas, en idioma español, inglés y mandarín, así como también de fuentes visuales subidas al internet, esto debido a la escasa información científica y a la reserva con la que se maneja.

Para evaluar las técnicas de captura de las cucarachas, previamente, se buscó información de las diferentes técnicas de captura, de comportamiento de los insectos, alimento preferido y principalmente de condiciones y zonas que prefieren habitar las cucarachas americanas (*Periplaneta americana*). La captura directa se realizó mediante las manos protegidas con guantes de látex, además el personal se equipó con overol y mandil para evitar posteriores inconvenientes sanitarios.



Ilustración 15: Técnicas de captura directa.

Para la captura indirecta se elaboró estrategias como la técnica de carpotrampas descritas por Luna, (2005b), que consiste en colocar azúcar y pan en el interior de las botellas plásticas de seis litros que previamente fueron cortadas por la corona. Posteriormente estas trampas (botellas) se colocaron en los lugares de mayor frecuencia como son: cocinas, baños, basureros, etc.). Hay que indicar que las cucarachas tienen hábitos nocturnos por tanto en horas de la noche es donde más ingresan en las trampas. Posteriormente fueron trasladados a los mesocosmos.



Ilustración 16: Trampa de cebo para captura de cucarachas americanas.

Para evaluar el grado de descomposición de la materia orgánica se prepararon 6 mesocosmos, cada uno compuesto por una caja plástica de 42,2 cm de largo por 34,9 cm de ancho y 27 cm de alto; las mismas que se colocaron en una caja de madera con las condiciones necesarias de volumen (0.5 m³), oscuridad, ventilación y seguridad para evitar la fuga de los insectos y la exposición por daños externos.



Ilustración 17: Caja contenedora de los mesocosmos

Cada mesocosmos internamente contenía cubetas de cartón para transportar huevos de gallinas que sirvieron como refugio para los 35 individuos de aproximadamente 2 y 3 cm de longitud (Ilustración 18); a los insectos se les suministraron cada 24 horas dos dietas alimenticias; la primera compuesta de materia orgánica (cascaras de papa, de zanahoria, de mango, de naranjilla y de plátano, arroz cocido, fresas, avena, brócoli, papel y cartón) y la segunda solo de materia orgánica, sin papel ni cartón. Cada dieta tuvo tres repeticiones.

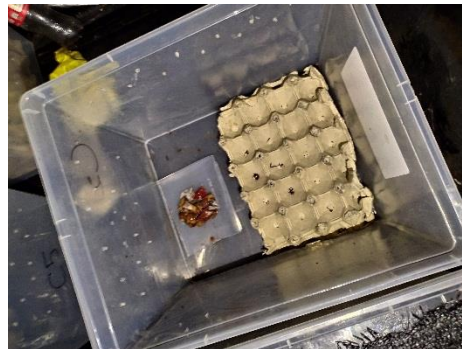


Ilustración 18: Mesocosmo con 35 individuos.

Para cada dieta se registró el peso, se suministró cada 24 horas; es decir a las 15h00 de cada día; antes de suministrar la nueva dieta se pesó la cantidad de residuos y por diferencia se calculó el alimento consumido.



Ilustración 19: Pesaje de dietas suministrada.

También se registró el peso de los insectos antes y después del ensayo para conocer su incremento; de igual manera se anotó la cantidad de heces producidas.



Ilustración 20: Pesaje de heces.

3.5. ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DE LABORATORIO

Para conocer las características físicas y químicas de las heces de cucarachas americanas, se realizó la limpieza de cada uno de los mesocosmos, utilizando un pincel con el que se desprendieron las heces del contenedor. Posteriormente se tamizaron dejándolas libres de otros elementos ajenos.



Ilustración 21: Limpieza de mesocosmos para colecta de heces

Para las propiedades físicas se tomó una muestra la cual fue pesada y secada al ambiente. Con la que se determinó su color mediante la observación y su textura mediante el tacto (con los dedos) al presionar las heces.



Ilustración 22: Pesaje de heces

Para los análisis químicos se tomaron 60 g de heces secas, las cuales se obtuvieron del periodo de ensayo, periodo de calibración y periodos anteriores. Esta muestra fue acondicionada en una ziploc (conservación de la muestra) y enviada al laboratorio CENTROCESAL al área de química la cual registro el ingreso a muestra y el análisis tubo un lapso de cinco días.



Ilustración 23: Preparación de las muestras

Fuente: (Espinoza & Zambrano, 2019).

Los análisis químicos que se realizaron en el laboratorio fueron para determinar la concentración de nitrógeno total, fósforo total y potasio como fertilizantes. El método usado por el laboratorio para nitrógeno total fue AOAC 955.04, para fósforo total fue AOAC 958.01 y en potasio fue AOAC 965.09, los resultados fueron descritos en la unidad %p/p.

3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Los datos registrados en Microsoft excel fueron analizados con el programa estadístico InfoStat (versión estudiantil). Se utilizó una estadística descriptiva mediante un análisis de varianza y la comparación de medias se calculó con Tukey (0.05).

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. CONDICIONES AMBIENTALES Y DE MANEJO QUE UTILIZAN LAS FÁBRICAS EN CHINA PARA DESCOMPONER MATERIA ORGÁNICA A TRAVÉS DE CUCARACHAS.

Actualmente en China existen dos industrias que se dedican a la crianza de cucarachas americanas *Periplaneta americana* (Lineaus 1758), la una posee un sistema de inteligencia artificial en la que prima la automatización; mientras que la segunda es con un sistema de granja que se desarrolla de manera manual.

La farmacéutica Haoyisheng, ubicada en la provincia de Xichuan opera bajo el sistema de inteligencia artificial, cuenta con aproximadamente con 6000 millones de cucarachas con la finalidad de elaborar productos medicinales o tónicos para curar úlceras, dolores de estómago, afecciones respiratorias, basados en polvo de cucarachas americanas (*Periplaneta americana*) (BBC Mundo, 2018).



Ilustración 24: Instalaciones de la farmacéutica Haoyisheng.

Fuente: (Alvaro, 2018)

Dentro del sistema de granja tenemos a la empresa Qiaobin Agricultural Technology Co. con un área de 6300 metros cuadrados, cumple con el objetivo de eliminar 50 toneladas diarias de residuos sólidos orgánicos procedentes de aproximadamente siete millones de personas de la ciudad de Jinan, provincia de Shangdong con alrededor de 1000 millones de cucarachas americanas (Vorontsova, 2018).



Ilustración 25: Instalaciones de la empresa Qiaobin Agricultural Technology Co.

Fuente: (Reuters, 2017)

Para ambas compañías las condiciones ambientales adecuadas en las que operan las instalaciones son cálidas húmedas y oscuras; las condiciones para el correcto desarrollo de las cucarachas deben mantener temperaturas (20 y 29 °C) y además de una humedad que varía entre 80 y 90 % (Mariño, 2011); la ciudad de Jinan es la capital de la provincia de Shandong sheng, con una población de siete millones de personas. La condición ambiental en esta ciudad en cuanto a temperatura media anual es de 14,2 °C. Enero es el mes más frío y seco, con una temperatura mínima de -5,4 °C y una máxima de 3,6 °C. El mes más caluroso es el de julio, con temperaturas que oscilan entre los 32,6 °C de máxima y los 23,5 °C de mínima.



Ilustración 26: Mapa de ciudad de Jinan, China.

Fuente: (Wu, 2018).

4.2. CICLO DE PRODUCCIÓN EN LAS FÁBRICAS CHINAS PARA PROCESAR RESIDUOS SÓLIDOS.

En Jinan existe una granja de aproximadamente 1000 millones de cucarachas, las cuales consumen 50 toneladas diarias de desechos orgánicos, el ciclo empieza con la recolección de basura que produce una duodécima parte de la población de siete millones de habitantes, posteriormente, esta basura se clasifica para luego ser triturada y trasladada por una cinta

transportadora y por consiguiente distribuida hacia los distintos nidos de cucarachas, lugar que se caracteriza por su fuerte olor a amoníaco y en donde los insectos consumen los desechos orgánicos (Vorontsova, 2018).



Ilustración 27: Cinta de transporte de restos de residuos orgánicos destinados a la planta de cucarachas

Fuente: (Suen & Woo, 2018).

La materia orgánica triturada que se movilizaba en la cinta transportadora se distribuye a los cubículos en donde se encuentran las cucarachas mediante una red de tuberías, estas se alimentan directamente durante su ciclo de vida; mientras las condiciones ambientales sean adecuadas mantienen su salud y voracidad por el alimento. El ciclo de vida útil de la cucaracha en producción puede alcanzar fácilmente los seis meses, posteriormente son expulsadas por vapor a otro sitio para ser lavadas y secadas antes de enviarlas a un enorme tanque centrifugador de extracción de nutrientes. Tras este proceso se obtiene la esencia de cucaracha la cual es usada en la medicina para la curación de úlceras, dolores de estómago, cáncer, alergias y problemas del corazón) y en la estética para elaborar cosméticos (Suen & Woo, 2018).



Ilustración 28: Red de tubería de alimentación de cucarachas.

Fuente: (Steffen, 2019).

Para la elaboración del alimento balanceado de animales (peces, aves y cerdos) una vez lavadas y secadas pasan a una trituradora y posteriormente se deshidrata y se mezclan con el resto de materias primas formulando el balanceado de acuerdo a los requerimientos nutritivos de cada especie.

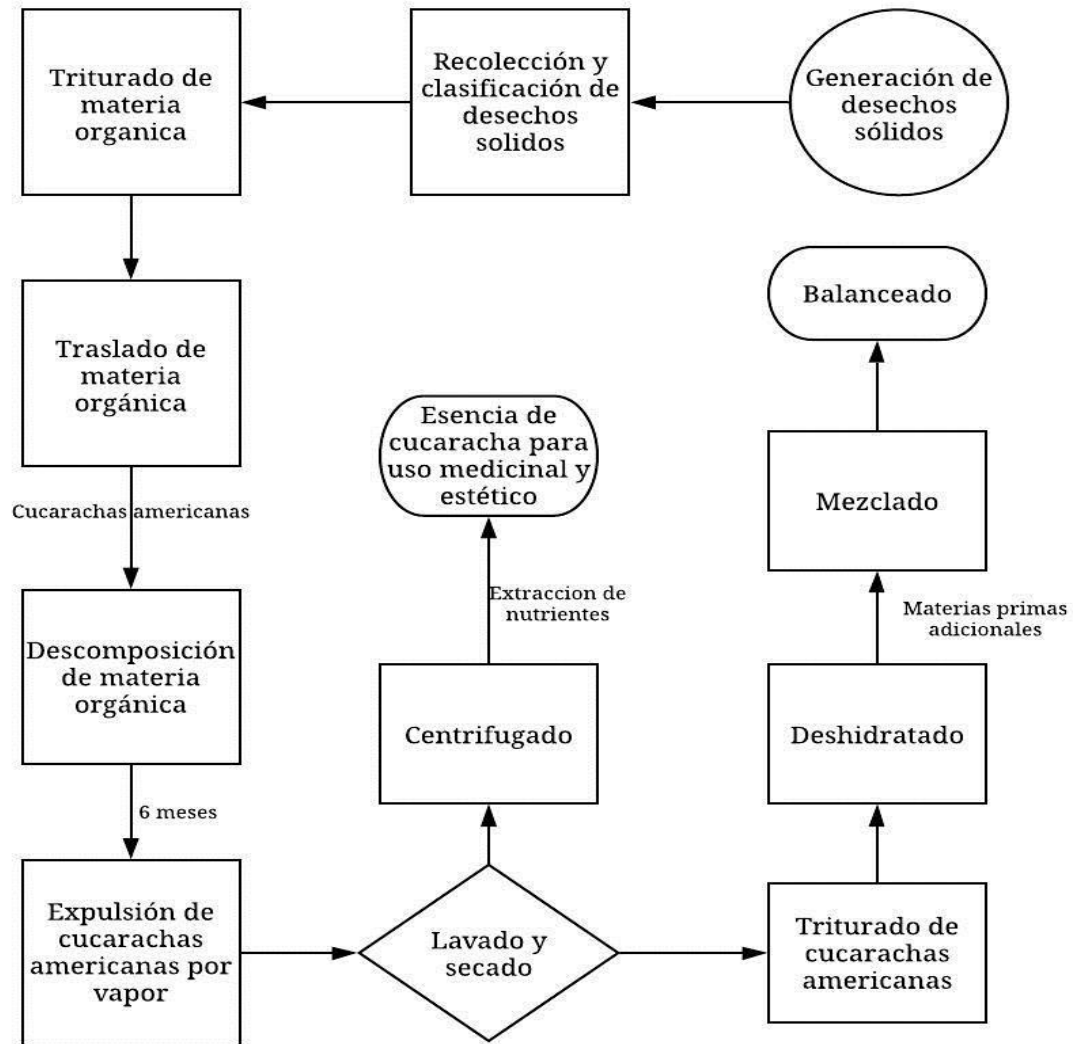


Ilustración 29: Flujograma del ciclo de descomposición de residuos sólidos y aprovechamiento de cucarachas.

Fuente: (Suen, Wo & Vorontsova, 2018).

4.3. TÉCNICAS DIRECTAS E INDIRECTAS PARA CAPTURAR CUCARACHAS *Periplaneta americana* (Lineaus 1758)

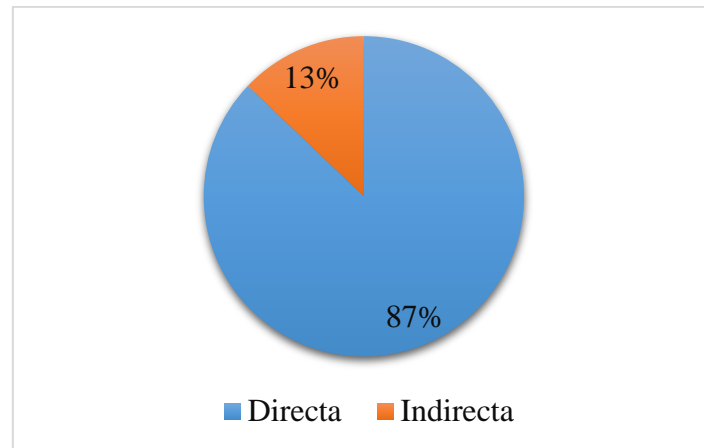


Gráfico 1: Eficiencia de captura.

En el Gráfico 1 se muestra la frecuencia relativa de la captura de cucarachas, evidenciándose que la técnica directa alcanzó el valor más alto (87%), mientras que para la captura indirecta; es decir con trampas y cebos registró una eficiencia del 13%. Esto se debe a que en la segunda existió fuga de individuos y con el pasar del tiempo evitan ingresar. Mientras que en la técnica directa en el primer intento se puede capturar bastantes individuos no ocurriendo así en el segundo intento ya que se activa la memoria de escape (Duarte et al., 2015) que hace que las cucarachas no capturadas no ocupen el mismo sitio al igual que los otros insectos.

4.4. GRADO DE DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS UTILIZANDO CUCARACHAS AMERICANAS *Periplaneta americana* (Lineaus 1758).

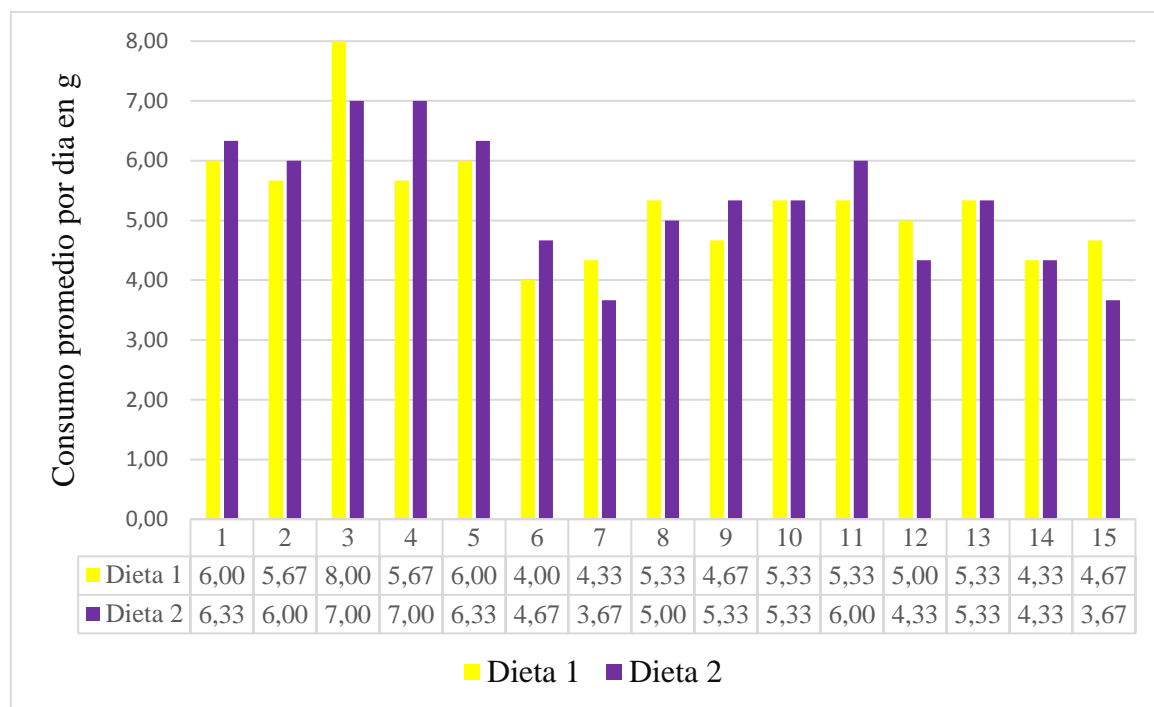


Gráfico 2: Consumo promedio por dieta y por día

En el Gráfico 2 se demuestra el promedio de consumo de cada dieta, se observa un consumo similar durante los 15 días de ensayo; los mayores consumos se registraron el tercer día con ocho y siete (g) para cada dieta respectivamente; por otro lado, el consumo más bajo se encontró en el sexto día, con 4 gramos en la dieta 1, y con 3.7 gramos en el séptimo y quinceavo día con la dieta 2.

En general se registra un consumo estable por dieta, sin embargo el tercer y cuarto día se observó un consumo alto (7g) en la dieta 2, que no se volvió a repetir ya que se estima fueron el resultado de la influencia de otros factores no estudiados.

Tabla 7: Consumo individual por día

Día	Número de individuos <i>Periplaneta americana</i>	Consumo promedio por día (g)	Capacidad de consumo individual por día (g)
1	35	6,17	0,18
2	35	5,83	0,17
3	35	7,50	0,22
4	35	6,33	0,18
5	35	6,17	0,18
6	35	4,33	0,13
7	35	4,00	0,12
8	35	5,17	0,15
9	35	5,00	0,14
10	35	5,33	0,15
11	35	5,67	0,16
12	35	4,67	0,14
13	35	5,33	0,15
14	35	4,33	0,13
15	35	4,17	0,12
Promedio	35	5,33	0,15

En la Tabla 7 el consumo promedio de residuos sólidos domésticos por cada individuo es 0,15 g que se obtuvo tras calcular el promedio de los 15 días de experimentación utilizando 35 individuos de *Periplaneta americana*; en el día tres hubo un mayor consumo por parte de los individuos con 0,22 g, mientras que en los días siete y quince respectivamente fueron los de menor consumo con 0,12 g. Según Vilca (2019) el consumo individual en el lapso de siete días fue de 0,052 g, valor inferior al encontrado en este estudio.

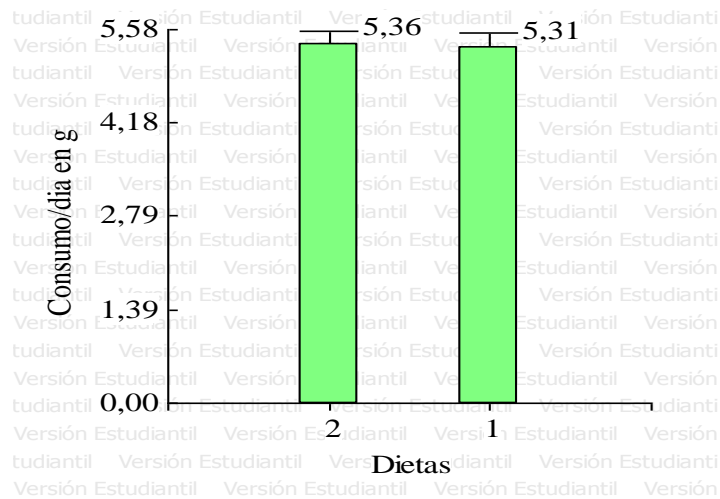


Gráfico 3: Comparación entre las medias de las dietas prueba de Tukey $p > 0,05$.

*Dieta 1: cascaras de papa, de zanahoria, de mango, de naranjilla y de plátano, arroz cocido, fresas, avena, brócoli, papel y cartón.

**Dieta 2: cascaras de papa, de zanahoria, de mango, de naranjilla y de plátano, arroz cocido, fresas, avena, brócoli.

En el Gráfico 3 mediante el analisis de la varianza ANOVA prueba de tukey no se registran diferencias significativas de consumo entre las dos dietas, en la dieta 1 el consumo medio es de 5,31gamos, mientras que en la dieta 2 es de 5,36; es decir, la diferencia entre ambas no es mayor a 0.05, esto debido a que el consumo medio registrado en similar en ambas dietas durante el periodo de la realizacion del experimento.

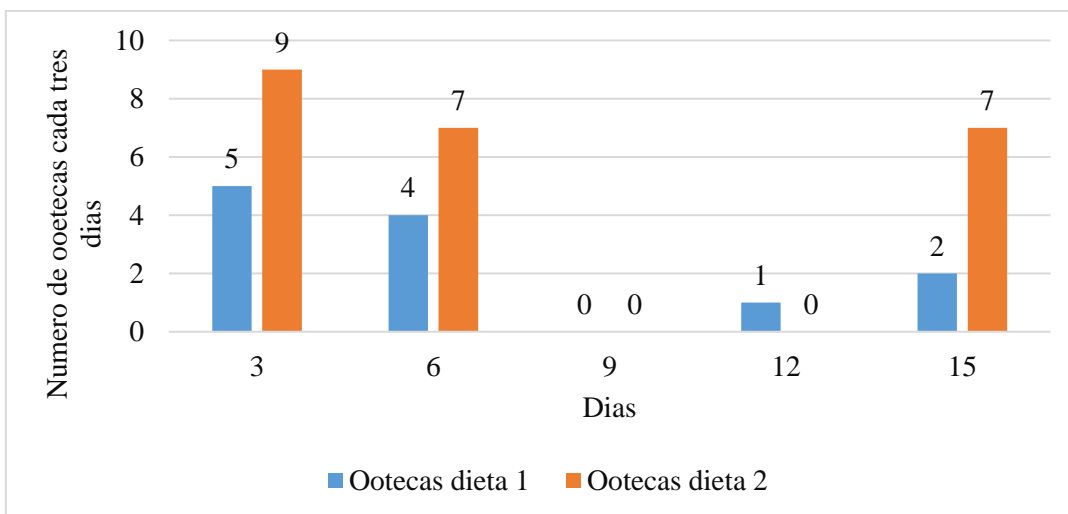


Gráfico 4: Número de ootecas por cada tres días

*Dieta 1: cascaras de papa, de zanahoria, de mango, de naranjilla y de plátano, arroz cocido, fresas, avena, brócoli, papel y cartón.

**Dieta 2: cascaras de papa, de zanahoria, de mango, de naranjilla y de plátano, arroz cocido, fresas, avena, brócoli.

En el Gráfico 4 se expone la producción de ootecas por cada dieta, destacando que en la dieta 2 se produjo un total de 22 ootecas que producirán entre 10 a 14 ninfas cada una, mientras que en la dieta dos se registraron un total de 12 ootecas. Esta diferencia se debe a que posiblemente a que al ser la dieta dos más nutritiva influye directamente en la reproducción de los insectos.

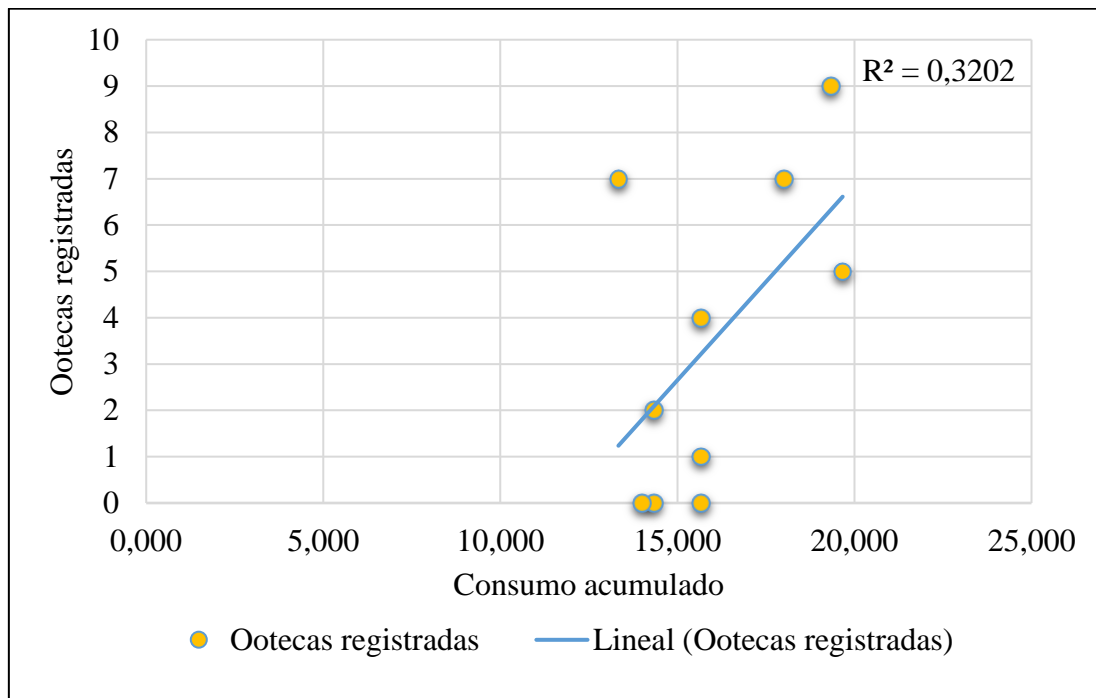


Gráfico 5: Relación entre consumo y ootecas.

En el

Gráfico 5 se observa el modelo de dispersión lineal en el cual se exponen los datos de consumo acumulado por cada tres días y las ootecas registradas, obteniéndose un valor de correlación $R=0.32$; es decir, la relación entre ambas variables es relativamente baja, esto debido a que el número de ootecas no depende directamente del consumo de alimento, depende de la capacidad reproductiva de los individuos y de las condiciones del lugar en el que habitan.

Tabla 8: Incremento de peso y mortalidad de cucarachas *Periplaneta americana*.

	Peso inicial de <i>Periplaneta americana</i> en gamos	Peso final de <i>Periplaneta americana</i> en gamos	Individuos muertos
M1	21	23	1
M2	20	19	1
M3	20	21	0
M4	21	22	0
M5	19	21	1
M6	24	25	0
Total	125	133	3

En la Tabla 8 se observa el peso inicial de las 35 cucarachas y el peso final, destacándose que de un peso total de 125 g (210 cucarachas) al final del ensayo incrementaron a 133 g (207) con una mortalidad total de 3 individuos. Este incremento de peso se debe a que el consumo del alimento permitió aumentar el peso de las cucarachas; mientras que la mortalidad se debe a factores no determinados.

4.5. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LAS HECES DE LAS CUCARACHAS *Periplaneta americana* (Lineaus 1758).



Ilustración 30: Heces de cucaracha americana.

En las propiedades físicas de las heces de cucarachas **Ilustración 30:** Heces de cucaracha americana. (Ilustración 30) se puede identificar que su color es café, de consistencia sólida y forma de polvo negro o grano de café recién molido, transcurridos los quince días de ensayo se obtuvieron 7 g de las mismas.

Tabla 9: Resultados analítico de laboratorio

Parámetro	Unidades	Resultados
Nitrógeno Total (N)	%p/p	2,19±0,06
Fosforo (P) Total	%p/p	1,37±0,13
Potasio (K)	%p/p	1,92±0,05

Fuente: (CENTROCESAL, 2019).

En la composición química analizada en el laboratorio se obtuvo que el nitrógeno total fue de 2,19 % p/p, el fosforo total 1,37 %p/p y el potasio 1,92 %p/p. los mismos que al comparar con los valores de las heces de la lombriz californiana (*Eisenia foetida*) reportados por Saavedra (2014): el 1,77 % p/p de N total; 1,52 %p/p de fosforo total y 1,35 %p/p de potasio, presentan una mayor concentración, que permitiría usarlo como fertilizante orgánico siempre y cuando se produzca en cantidades significativas.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La información de las condiciones ambientales y de manejo de las granjas productoras de cucarachas se encuentran protegidas o en reserva debido a que por ser una industria corporativa cuida la posible competencia. Sin embargo, las condiciones ambientales que necesitan las cucarachas pueden ser consideradas para proporcionar un ambiente adecuado para su desarrollo.
- De acuerdo a la investigación documental consultada, las fábricas chinas cierran todo el ciclo de producción, es decir desde la recolección de la materia orgánica, pasando por la reproducción y finalizando con la comercialización de los productos medicinales, cosméticos y alimentos balanceados.
- Siempre y cuando exista una infestación grande de insectos, la técnica más eficiente para capturar individuos de *Periplaneta americana* es la directa; caso contrario funcionaría bien la técnica indirecta con la utilización de trampas con cebo.
- En condiciones del estudio se presenta un bajo grado de descomposición en función del alimento consumido y las heces producidas, concluyéndose que esta técnica funciona más eficientemente para producir alimento balanceado y productos medicinales y cosméticos.
- Para tener un mayor volumen de descomposición de materia orgánica se necesita una mayor cantidad de cucarachas lo cual demanda un mayor espacio y un mejor sistema de manejo.
- Las heces de las cucarachas tienen un mayor poder fertilizante en comparación con las heces de las lombrices californianas, por tanto, se podría utilizar como fertilizante de cultivos.

5.2. RECOMENDACIONES

- Debido a que es un tema nuevo en Ecuador y que tiene un enorme potencial investigativo, se recomienda ampliar la investigación en el ámbito de las dietas, de la reproducción, grado de descomposición a mayor escala, toxicidad de los individuos, elaboración de alimento balanceado para especies menores, para medicina y cosméticos.

CAPÍTULO VI: BIBLIOGRAFÍA.

- Acurio, G., Rossin, A., Teixeira, P. F., & Zepeda, F. (1997). *Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe*. Inter-American Development Bank.
- Aguilar-Virgen, Q., Armijo, C., Taboada, P., & Aguilar, X. (2010). Potencial de recuperación de residuos sólidos domésticos dispuestos en un relleno sanitario. *Revista de ingeniería*, 32, 16-27.
- Alzate, L. (2012). *Degradación de celulosa en Desechos Orgánicos Domésticos en los Estratos Sociales 1 y 2 utilizando Aspergillus niger*. 11, 7.
- America Economía. (2018, octubre 3). *Granjas de cucarachas para degradar basura*. Asia | AméricaEconomía. <https://asialink.americaeconomia.com/economia-y-negocios-alimentos-sociedad-ciencia/granjas-de-cucarachas-para-degradar-basura>
- Avendaño, E. (2015). *Panorama actual de la situación mundial, nacional y distrital de los residuos sólidos: Análisis del caso Bogotá DC Programa Basura Cero*.
- Aye, & Widjaya. (2006). Environmental and economic analyses of waste disposal options for traditional markets in Indonesia. En *Waste Management* (pp. 1180-1191). www.sciencedirect.com
- BBC Mundo. (2018, abril 24). Para qué sirven los 6.000 millones de cucarachas que China cría cada año en gigantescas granjas. Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-43881299>.
- Bell, J. (1981). *The laboratory cockroach*. Gran Bretaña: Chapman and Hall.
- Bennett, G. W., Owens, J. M., & Corrigan, R. M. (1996). Guía científica de Truman para operaciones de control de plagas. En *Guía científica de Truman para operaciones de control de plagas*. Universidad de Purdue.

- Castillo, M. Z. B. (2016). *Desarrollo embrionario de la Cucaracha Americana (Periplaneta americana, L.)*.
https://www.academia.edu/28055993/Desarrollo_embionario_de_la_Cucaracha_Americana_Periplaneta_americana_L_
- Castro, G. (2018). *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos en el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Tisaleo*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Chapman, R. F. (1998). *The insects: Structure and function*. Cambridge university press.
- Coronado Zurita, J. D. (2015). *Caracterización de lixiviados generados en el botadero municipal del cantón La Maná, provincia de Cotopaxi, año 2014*. Quevedo: UTEQ.
- Curiosidades sobre las cucarachas. (2012, julio 17). *Tendenzias.com*.
<https://tendenzias.com/life/cucarachas/>
- Damas Buenrostro, G. (2012). *Aislamientos y efectividad de beauveria bassiana villemín para el control biológico de la cucaracha urbana Periplaneta americana L.* Universidad Autónoma de Nuevo León.
- De jorge, J. (2010, abril 13). Así eran las cucarachas hace 300 millones de años. *ABC*, 15.
- Department of Entomology. (2013a). *Cucarachas Americanas*. Department of Entomology (Penn State University). <https://ento.psu.edu/extension/factsheets/es/es-american-cockroaches>
- Department of Entomology. (2013b). *Cucarachas de Banda Marrón*. Department of Entomology (Penn State University). <https://ento.psu.edu/extension/factsheets/es/es-brown-banded-cockroaches>
- Department of Entomology. (2013c). *Cucarachas Orientales*. Department of Entomology (Penn State University). <https://ento.psu.edu/extension/factsheets/es/es-oriental-cockroaches>

- Duarte, J. P., Felchicher, F., Ribeiro, P. B., & Cárcamo, M. C. (2015). Survival and weight change among adult individuals of *Periplaneta americana* (Linnaeus, 1758)(Blattaria, Blattidae) subject to various stress conditions. *Revista Biotemas*, 28, 2.
- Faccioli, V. y L. Panozzo. 2010. Las cucarachas (Orden Blattaria). Museo provincial de ciencias naturales. Cartilla de difusión n° 17. Santa Fe, Argentina. [En línea]
<http://www.unl.edu.ar/santafe/museocn/cartillas/> Fecha de consulta [20-10-2019).
- Fernandez, R. (2016). *CUCARACHAPEDIA* » *Cucarachas*. *Enciclopedia Ilustrada*.
<http://www.cucarachapedia.com/>
- Flores, C. (2009). *La problemática de los desechos sólidos*. 25.
- Freckleton, W., & Wahlsten, D. (1968). Carbon dioxide-induced amnesia in the cockroach *Periplaneta americana*. *Psychonomic Science*, 12(5), 179-180.
- García, L. Y. G., & Fernández, L. Á. C. (2016). *Linnaeus*) *POR INGESTIÓN DEL HONGO* *Metarhizium anisopliae* (Clavicipitaceae,. 92.
- Gutiérrez, E. (2010). Cucarachas de América. *Cocuyo, Carta Informativa de los Zoólogos de Invertebrados de las Antillas*, 18(1), 4-10.
- Gutiérrez, A., & Betancur, A. (2003). *Valor biológico de las cucarachas en el compost*. 3.
- Harwood, R. F., & James, M. T. (1987). *Entomología médica y veterinaria*. Limusa.
- Hernández, V. (2014). *Estudios de caso control biológico en invernaderos. Liberación inoculativa: encarsia formosa para control de moscas blancas en hortalizas*. Retrieved Enero 10, 2016, from Universidad Autonoma de Guerrero:
<http://controlbiologicouagro.blogspot.com.co>

- Hernández-Rodríguez, S., Valdés-Perezgasga, M. T., Hernández, J. L., & Espinoza, G. (2017). *Cucarachas (Hexapoda: Blattodea) de Importancia Urbana en Viesca, Coahuila, México*. 6.
- Jacobs, S. B. 2007. Notas entomológicas. Traducido por Edgar Martínez y Elba Hernández. Universidad del Estado de Penssylvania. Colegio de Ciencias Agrícolas. Extensión cooperativa.
- Jaramillo, G. I., Cordoba, H., Armbrach, I., & Suarez, M. (1999). Biología de las cucarachas: Agentes sensibilizantes. *Rev. Asoc. Colomb. Alerg. Inmunol*, 8(1), 9-13.
- Kathryn, B. (2017). Cucaracha americana—Periplaneta americana (Linnaeus). 2000, *EENY-141*. http://entnemdept.ufl.edu/creatures/urban/roaches/american_cockroach.htm
- Kramer, R. D., Brenner, R. J., Mullen, G. R., & Durden, L. A. (2009). *Cockroaches (Blattaria)*, pp. 43–56. Academic London, United Kingdom.
- Luna, J. M. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín sociedad entomológica Aragonesa*, 37, 385-408.
- Luzuriaga, E. G. (2012). *Propuesta de un Plan de Cierre Técnico para el Relleno Sanitario del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Pastaza*. 146.
- Manahan, S. E. (2007). Introducción a la Química Ambiental. 1era. Edición, Editorial Reverté, SA, Universidad Autónoma de México. España.
- Mariño, E. (2011). Fósiles vivientes: Cucarachas. *CONABIO*.
- McGavin, G. C. (2000). *Insectos, arañas y otros artrópodos terrestres*.
- Novalbos, D. R., & Aznar, M. M. M. (2017). La resolución de una situación problemática de ecología para el desarrollo de la competencia científica en 1º de Bachillerato

Internacional. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, Extra*, 1407-1414.

Ogg, B., Ogg, C., Ferraro, D., & Jeff, D. (2006). *Manual Para el Control de Cucarachas*. 2006.

Pastaza, P. de O. T. (2017). *Plan de Desarrollo y ordenamiento territorial de la provincia de Pastaza al año 2025*.

Perez, L., & Hernández, S. (2012). *Identificación de cucarachas en el área urbana, zona noreste de Lerdo, Durango*.

Pesante, D.G. 1992. Ectoparásitos de animales de la finca. Capítulo III: Cucarachas (Blattaria). Departamento industria Pecuaria. Recinto Universitario de Mayagüez. Pp. 1-30.

Piper, G. L., & Antonelli, A. L. (2004). *Cockroaches: Identification, Biology, and Control* (Vol. 186). Washington State University Cooperative Extension, Oregon State University

Ponce, G., Cantú, P. C., Flores, A., Badii, M., Barragán, A., Zapata, R., & Fernández, I. (2005a). Cucarachas: Biología e importancia en salud pública. *RESPYN Revista de Salud Pública y Nutrición*, 6(3).

Revista de Salud Pública y Nutrición, 6(3).

<http://respyn.uanl.mx/index.php/respyn/article/view/152>

Ramírez, J. (1989a). *La cucaracha como vector de agentes patógenos*.

Ramírez, J. (1989b). *La cucaracha como vector de agentes patógenos*.

Ramos, S. (2019). *El mercado de la gestión de residuos en China*. ICEX España Exportación e Inversiones, E.P.E., M.P.

https://www.icex.es/icex/wcm/idc/groups/public/documents/documento/mde5/odiw/~edisp/doc2019820119.pdf?utm_source=RSS&utm_medium=ICEX.es&utm_content=03-05-

2019&utm_campaign=Estudio%20de%20mercado.%20El%20mercado%20de%20la%20gesti%C3%B3n%20de%20residuos%20en%20China%202019

Randall, C. (1998). *General Pest Management: A Guide for Commercial Applicators*. Michigan State University, 237.

Romero, P. L. M. (2008). *Los mesocosmos como herramienta para la valoración de efectos ecotoxicológicos de insecticidas sobre las comunidades plantónicas*

[[Http://purl.org/dc/dcmitype/Text](http://purl.org/dc/dcmitype/Text), Universidad Complutense de Madrid].

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=193788>

Rust, M., & Reiersen, D. (2007). *Cockroaches: Integrated pest management for home gardeners and landscape professionals*. UC Statewide IPM Program, University of California, Davis.

Saavedra, K. (2014). *Concentraciones de Eisenia foetida lombriz roja californiana y su efecto en la calidad de biol, en Zungarococha, distrito de San Juan Bautista-Loreto*.

Sáez, A., & Urdaneta, J. (2014a). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, 20(3), 121-135.

Sáez, A., & Urdaneta, J. A. (2014b). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Omnia*, 20(3), 121-135.

Smith, E., & Whitman, R. (1992). *NPCA field guide to structural pests*. NPCA.

Stephenson, G. A., & Solomon, K. R. (1993). *Pesticides and the Environment*. Department of Environmental Biology. University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada.

Steyskal, G. C., Murphy, W. L., & Hoover, E. M. (1986). *Insects and mites: Techniques for collection and preservation*. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service.

- Suen, T., & Woo, R. (2018, diciembre 10). *La mayor granja de cucarachas del mundo: Mira para qué sirve*. La Vanguardia.
<https://www.lavanguardia.com/natural/20181210/453474411614/jinan-china-granja-produccion-cucarachas-reciclaje-residuos-alimentacion.html>
- Triplehorn, C. A., & Johnson, N. F. (2005). *Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects*. 7. A edición. *Pacific Grove: Brooks/Cole Thomson Learning*.
- Varela, D., & Rubí, D. (2014). *Estudio del tipo de residuos sólidos domiciliarios generados en la ciudad de Tamshiyacu-Distrito de Fernando Lores-Región Loreto*.
- Vera, D. (2012). *Proyecciones de la Población de la República del Ecuador 2010-2050* [Informativo, Técnico]. INEC. https://www.ecuadorencifras.gob.ec//documentos/web-inec/Poblacion_y_Demografia/Proyecciones_Poblacionales/metodologia.pdf
- Villegas, H. (2017). Información Sobre Fiebre Amarilla. . . *Vol.*, 8(2), 42.
- Vorontsova, V. (2018, diciembre 19). *Cultivan 1.000 millones de cucarachas para que coman basura orgánica*. https://www.youtube.com/watch?v=Z__k-vGKnx0

CAPÍTULO VII: ANEXOS.



Fotografía 1: Mesocosmo.



Fotografía 2: Preparación de cada uno de los mesocosmos individuales.



Fotografía 3: Selección de individuos de Periplaneta americana.



Fotografía 4: Conteo de los individuos de Periplaneta americana.



Fotografía 5: Residuos sólidos domésticos.



Fotografía 6: Preparación de las dietas para cada mesocosmo.



Fotografía 7: Dietas para distribuirse a cada uno de los mesocosmos.



Fotografía 8: Dieta 1 constituida por residuos sólidos domésticos.



Fotografía 9: Dieta 2 constituida por residuos orgánicos domésticos.



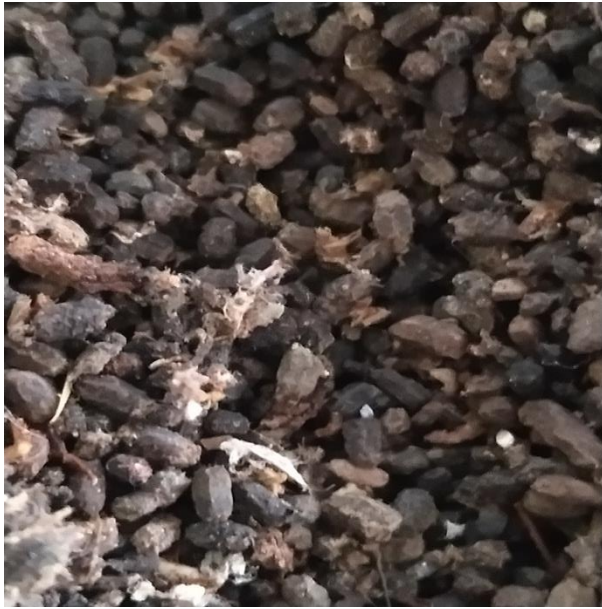
Fotografía 10: Limpieza de cada uno de los mesocosmos.



Fotografía 11: Peso de los individuos de Periplaneta americana de cada mesocosmo.



Fotografía 12: Peso de las heces producidas de los mesocosmos.



Fotografía 13: Heces de Periplaneta americana.



Fotografía 14: Preparación y tamizado de la muestra de laboratorio.



Fotografía 15: Peso de la muestra que se enviara al laboratorio CENTROCESAL.



Fotografía 16: Muestra enviada al laboratorio CENTROCESAL.



CENTROCESAL CIA. LTDA.

Laboratorio bioquímico, químico y microbiológico
 Av. America N31-232 y Av. Mariana de Jesus
 éfonos . 2230-342 / 2233-792 Fax ext 102 Cel. 0980-848872
 Contáctenos : info@centrocesal.com
 Visitenos www.centrocesal.com
 QUITO - ECUADOR

FORMULARIO DE RECEPCIÓN DE E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

SOLICITUD DE ANÁLISIS N° 33463 Fecha : 13 Diciembre 2019 Hora de Ingreso : 09.55:40

Cliente : LUIS IVAN ZAMBRANO

Contacto : LUIS IVAN ZAMBRANO

Telefono : 0995851879

Ruc : 1725079198

Email : thelucho88@gmail.com

Fecha de Toma de Muestra: NID Hora:

Por el Cliente Por el Laboratorio:

Dirección : 20 de Julio y Washington Mazón / PUYO

Términos / Condiciones: El cliente conoce y acepta los métodos analíticos a emplear y los costos por prestación de los servicios. Pasado 24 horas del ingreso de la muestra, NO se acepta la ANULACION de los análisis

N° Muestras	Cantidad de Muestras	Cant Adsc.	DESCRIPCION	CÓDIGO LOTE	TIPO ANÁLISIS
1	80G	<input checked="" type="checkbox"/>	HECES - CUCARACHA		NITROGENO TOTAL (N) FÓSFORO TOTAL (P2O5) POTASIO (K2O)

CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS:			ÁREA DE UBICACIÓN DE LA IS MUESTRA IS EN EL LABORATORIO :			
AMBIENTE <input checked="" type="checkbox"/>	REFRIGERACION <input type="checkbox"/>	CONGELACION <input type="checkbox"/>	Químico <input checked="" type="checkbox"/>	Microbiológico <input type="checkbox"/>	Estabidas <input type="checkbox"/>	Químico <input type="checkbox"/>
TIPO DE ENVASE <input type="checkbox"/>	RECIPIENTE <input type="checkbox"/>	MERIO <input type="checkbox"/>	VIDRIO <input type="checkbox"/>	CAJA <input type="checkbox"/>	Refrigerador #1 <input type="checkbox"/>	Refrigerador #2 <input type="checkbox"/>
	ESTERIL <input type="checkbox"/>	CLARO <input type="checkbox"/>	OSCURO <input type="checkbox"/>	PLASTICO <input type="checkbox"/>	TERMOICA <input type="checkbox"/>	Conselador <input type="checkbox"/>
						Aguaquel #2 <input type="checkbox"/>
						40°C - 75%HR <input type="checkbox"/>
						Adicionales <input type="checkbox"/>

OBSERVACIONES : VERIFIQUE QUE SUS DATOS SEAN LOS CORRECTOS PARA EL O LOS INFORMES, EN CASO DE CAMBIO SE GENERARA VALORES ADICIONALES	Documentos entregados por el cliente :
Resp A. AA; Resp C. ACA	Solicitud <input checked="" type="checkbox"/> Técnica <input type="checkbox"/>

Fecha de entrega del reporte : 2019-12-19	Nombre y firma del cliente:	Recibido por:
---	-----------------------------	---------------

Fref.POE.7.4.1 Rev 01 Anexo 1.

Fotografía 17: Ficha de ingreso de la muestra para el análisis en el laboratorio CENTROCESAL.



CENTRO DE SOLUCIONES ANALITICAS INTEGRALES
CENTROCESAL Cía. Ltda.
AREA QUÍMICA

INFORME DE ENSAYO No.: 33463-01-13-12-19-Q

Datos del Cliente

Cliente: ZAMBRANO LUIS IVAN
Representante: Luis Iván Zambrano
Dirección: 20 de Julio y Washington Mazón / PUYO
Teléfono: 0995851879

Datos del ítem de Ensayo

Identificación de la Muestra: HECES CUCARACHA
Descripción de la Muestra: Sólido heterogéneo polvo café
Contenido declarado: 60 g
Conservación de la Muestra: Ambiente
No. Lote o código: ND
Fecha de elaboración: ND
Fecha de caducidad: ND

Datos de Muestreo, Recepción y Análisis

Toma de muestra / Muestreo: Por el cliente
Los resultados se aplican a la muestra tal cual como se recibió
Fecha de muestreo: ND
Fecha de recepción: 2019-12-13
Fecha de ensayo: 2019-12-13/19
Fecha de reporte: 2019-12-19

Resultados analíticos: Pag.: 1 de 1

PARÁMETRO	MÉTODO	UNIDADES	RESULTADO
Nitrógeno Total (N)	POE 7.2.47 AOAC 955.04	%p/p	2,19 ± 0,06
Fósforo Total (P2O5)	POE: 7.2.41 AOAC 958.01	%p/p	1,37 ± 0,13
Potasio (K2O)	POE: 7.2.100 AOAC 965.09	%p/p	1,92 ± 0,05

AOAC: Oficial Method Analysis
POE: Procedimiento interno

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación No. SAE LEN 12-001

Ing. Francisco Alvarez
CENTROCESAL Cía. Ltda.



Q.F Andrea Cumba A.
CENTROCESAL Cía. Ltda.

RESPONSABLE DE ANALISIS

RESPONSABLE DE SUPERVISION

Notas:

- ND: No declara NA: No aplica
Los resultados reportados son válidos solo para las muestras analizadas de este reporte.
NOTA 1: Los ensayos son realizados a temperatura ambiente excepto donde se especifique. Las condiciones ambientales de temperatura y humedad no influyen en este análisis
NOTA 2: Muestras recibidas en el laboratorio e información de las mismas proporcionada por el cliente. CENTROCESAL Cía. Ltda, se responsabiliza únicamente de los análisis
NOTA 3: La declaración sobre la incertidumbre de medición, se puede solicitar al laboratorio y será información cuando el cliente lo requiera o cuando afecte a los límites de una especificación.
NOTA 4: El tiempo de permanencia de las muestras en el laboratorio corresponde a perecibles: 48 horas y no perecibles: 20 días desde la entrega del resultado.
NOTA 5: Todas las actividades son realizadas en las instalaciones del laboratorio excepto donde se especifique
NOTA 6: La declaración de conformidad está dada de acuerdo a la guía ISO 98-4
NOTA 7: Los datos suministrados por cliente y los requisitos de recepción de ítem de ensayo que afectan a la validez de los resultados serán declarados en observaciones
NOTA 8: Toda información que sea proporcionada por el cliente y que afecta a la validez resultados, es exclusiva responsabilidad de quienes las emiten y no representa responsabilidad para CENTROCESAL

f.ref.:POE:7.8.1 Rev.:02 Anexo 1

Este informe no podrá ser reproducido parcial o totalmente, sin la autorización escrita del Laboratorio

Av. América N31-232 y Av. Mariana de Jesús
Telfs: (593 2) 2230342 / 2233792 Fax: Ext. 102 Celular: 099649872
e-mail: info@centrocesal.com / www.centrocesal.com
QUITO - ECUADOR

Fotografía 18: Informe de resultados expedido por el laboratorio CENTROCESAL.