RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	**YORDAN HERNEY CALDERON SANGUINO** **JOSE FERNANDO VEGA RODRIGUEZ**
FACULTAD	**CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE**
PLAN DE ESTUDIOS	**INGENIERIA AMBIENTAL**
DIRECTOR	**M.Sc JOSE ARNOLDO GRANADILLO CUELLO**
TÍTULO DE LA TESIS	**DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE LA CUCARACHA RED RUNNER (*Shelfordella lateralis* Walker, 1868) PARA DEGRADAR LOS RESIDUOS SOLIDOS ORGANICOS ALIMENTARIOS PRODUCIDOS EN EL COMEDOR DE TROPA NO.2 DEL BATALLON DE INFANTERIA NO. 15 "GENERAL FRANCISCO DE PAULA SANTANDER" DE OCAÑA- NORTE DE SANTANDER**

RESUMEN

(70 palabras aproximadamente)

EL PRESENTE PROYECTO DE INVESTIGACION EVALUA LA POSIBILIDAD QUE PRESENTA LA ESPECIE *SHELFORDELLA LATERALIS* PARA SER UTILIZADA EN EL TRATAMIENTO O DEGRADACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS ORGANICOS ALIMENTARIOS GENERADOS EN EL COMEDOR DE TROPA NO.2; SIENDO EL PRINCIPAL OBJETIVO EL DETERMINAR LA CANTIDAD Y TIPO DE RESIDUOS QUE ESTA ESPECIE PUEDE DEGRADAR, LA EFICIENCIA Y VIABILIDAD DE ESTA POSIBLE ALTERNATIVA; ADEMAS, ESTABLECER ESTRATEGIAS PARA LOS PRODUCTOS GENERADOS POR EL PROYECTO.

CARACTERISTICAS

PÁGINAS: 149	PLANOS: 0	ILUSTRACIONES: 23	CD-ROM: 1

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LA CUCARACHA RED RUNNER (*Shelfordella lateralis* Walker, 1868) PARA DEGRADAR LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS ALIMENTARIOS PRODUCIDOS EN EL COMEDOR DE TROPA NO.2 DEL BATALLÓN DE INFANTERÍA NO. 15 "GENERAL FRANCISCO DE PAULA SANTANDER" DE OCAÑA- NORTE DE SANTANDER

AUTORES:
YORDAN HERNEY CALDERÓN SANGUINO
JOSÉ FERNANDO VEGA RODRÍGUEZ

Director.

JOSÉ ARNOLDO GRANADILLO CUELLO

Biólogo y Magíster en práctica pedagógica

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero ambiental

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE

INGENIERÍA AMBIENTAL

Ocaña, Colombia Marzo de 2021

Índice

Introducción..... x

Capítulo 1. Degradación los residuos sólidos orgánicos alimentarios mediante la utilización de la *Shelfordella lateralis* Walker, 1868 1

1.1 Planteamiento del problema 1

1.2 Formulación del problema 5

1.3 Objetivos 5

1.3.1 Objetivo general 5

1.3.2 Objetivos específicos 6

1.4 Justificación 7

1.5 Delimitaciones 9

1.5.1 Delimitación Operativa. 9

1.5.2 Delimitación Conceptual. 9

1.5.3 Delimitación Geográfica. 11

1.5.4 Delimitación temporal. 12

Capítulo 2. Marco referencial 13

2.1 Antecedentes 13

2.1.1 Nivel Nacional 13

2.1.2 Nivel Internacional 17

2.2 Marco Histórico 21

2.3 Marco Conceptual 24

2.3.1 residuos sólidos orgánicos alimentarios. 24

2.3.2 gestión integral de los residuos sólidos. 27

2.3.3 *Shelfordella lateralis* Walker, 1868 29

2.4 Marco Teórico 34

2.4.1 Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos. 34

2.4.2 Factores que intervienen en la descomposición de la materia orgánica. 35

2.4.3 Cría de *Shelfordella lateralis* 39

2.5 Marco Legal 41

Capítulo 3. Metodología 47
3.1 Tipo y enfoque de investigación 47
3.1.1 Alcance y diseño de la investigación. 47
3.2 Población y muestra 48
3.2.1 Población. 48
3.2.2 Muestra. 51
3.3 Diseño de instrumentos de recolección de la información y técnicas de análisis de datos. 51
3.3.1 Recolección de la información. 51
3.4 Análisis de información 57
3.4.1 Determinación capacidad de degradación de la Shelfordella lateralis Walker, 1868 para degradar los diferentes tipos de residuos sólidos orgánicos alimentarios. 57

Capítulo 4. Presentación de resultados 58
4.1 Periodo de adaptación de los especímenes de S. lateralis 58
4.1.1 Observaciones durante el periodo de adaptación. 59
4.2 Preparación de residuos sólidos orgánicos alimentarios 63
4.3 Resultados fase experimental 67
4. 3.1 resultados tratamiento 1 (carbohidratos). 68
4.3.2 resultados tratamiento 2 (proteínas). 69
4.3.3 resultados tratamiento 3 (Frutas y Verduras). 70
4.3.4 resultados tratamiento 4 (Mezcla aleatoria). 71
4.3.5 Estadísticas descriptivas. 72
4.3.6 Observaciones durante la fase experimental. 73
4.3.7 Condiciones ambientales (Temperatura ambiental y humedad relativa). 75
4.3.8 Registro de muertes. 77
4.3.9 Productos Generados por el sistema biológico de degradación. 80
4.4 comparación de la degradación de los tratamientos 87
4.5 Estrategias para el aprovechamiento de los productos generados por el sistema de degradación. 90
4.5.1 Uso de cucarachas en alimentación animal. 91
4.5.2 Uso de cucarachas en alimentación humana. 93
4.5.3 Utilización de heces de cucarachas como fertilizante. 95
4.5.4 Utilización de residuos sólidos orgánicos alimentarios no degradados. 96

Capítulo 5. Análisis de resultados 99

5.1 Temperatura ambiental, humedad relativa, humedad del residuo y su influencia en la degradación de los residuos dispuestos 99

5.2 Preparación del residuo 101

5.3 Comparación de tratamientos 102

5.4 Producción de excretas y residuos no degradados 103

5.5 Ensayo de reutilización de residuos 105

5.6 Producción de gases y Olores Ofensivos 105

Capítulo 6. Conclusiones 106

Capítulo 7. Discusiones 108

Capítulo 8. Recom6438(m)13.0710li.....6.....10li.....6.....10li del r.....6016(.....

Lista de tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la cucaracha Shelfordella lateralis Walker, 1868. 29
Tabla 2. Resultados tratamiento 1 (residuos ricos en carbohidratos) 68
Tabla 3. Resultados Tratamiento 2 (residuos ricos en Proteínas) 69
Tabla 4. Resultados Tratamiento 3 (residuos de Frutas y Verduras) 70
Tabla 5. Resultados Tratamiento 4 (Mezcla Aleatoria de residuos) 71
Tabla 6. Degradación según cada repetición de cada tratamiento 72
Tabla 7. Estadísticas descriptivas para cada tratamiento 72
Tabla 8. Condiciones de temperatura ambiental y humedad relativa durante la fase experimental 75
Tabla 9. Registro de muertes durante la fase experimental 78
Tabla 10. Registro de excretas 80
Tabla 11. Análisis de Varianza para la producción de excretas 82
Tabla 12. Prueba Tukey para la producción de excretas 83
Tabla 13. Residuos sólidos orgánicos alimentarios degradados y no degradados 83
Tabla 14. Residuos sólidos orgánicos alimentarios no degradados 85
Tabla 15. Análisis de Varianza para residuos no degradados 86
Tabla 16. Prueba tukey para residuos sólidos orgánicos alimentarios no degradados 86
Tabla 17. Comparación de la degradación de los diferentes tipos de residuos sólidos orgánicos alimentarios 87
Tabla 18. Análisis de Varianza de la degradación de los tratamientos. 89
Tabla 19. Prueba tukey para los tratamientos realizados 89
Tabla 20. Resultados Ensayo de reutilización de residuos 98
Tabla 21. Comparación de variables de cada tratamiento 104

Lista de figuras

Figura 1. Instalaciones del comedor de tropa No.2 del batallón de infantería No. 15 "General francisco de paula Santander" de Ocaña Norte de Santander. 12
Figura 2. Ejemplares de *Shelfordella lateralis* Walker, 1868. 31
Figura 3. Ooteca de *Shelfordella lateralis* Walker, 1868. 32
Figura 4. Muda de un ejemplar *Shelfordella lateralis* Walker, 1868. 33
Figura 5. Cocina y área de consumo del comedor de tropa No.2. 48
Figura 6. Contenedores usados para la recolección de residuos sólidos orgánicos alimentarios del comedor de tropa No.2.. 50
Figura 7. Menú del comedor de tropa No.2. 53
Figura 8.Clasificacion y separación de individuos de *S. lateralis*. 58
Figura 9. Registro de muertes de *S. lateralis* durante el periodo de adpatacion.. 59
Figura 10. Ejemplares de *S. lateralis* 62
Figura 11. Montaje experimental. 63
Figura 12. Residuos sólidos orgánicos alimentarios recolectados.. 64
Figura 13. Procesamiento de residuos sólidos orgánicos alimentarios 65
Figura 14. Preparación de los residuos de cada tratamiento.. 66
Figura 15. Grafica de Dispersión (Degradación vs temperatura).. 76
Figura 16. Grafica de Dispersión (Degradación vs Humedad Relativa) 77
Figura 17. Ejemplares de *S. lateralis* muertos.. 78
Figura 18. Muertes por tratamiento. 79
Figura 19. Excrementos de *S. lateralis*.. 80
Figura 20. Grafica de dispersión de Degradación vs Excretas. 81
Figura 21. Restos de residuos sólidos orgánicos alimentarios no degradados. 84
Figura 22. Degradación de cada tratamiento durante cada repetición.. 88
Figura 23. Adecuación de los residuos sólidos orgánicos alimentarios no degradados y respuesta de los individuos de *S. lateralis* 97

Introducción

El despilfarro (pérdida y desperdicio) de alimentos es el desecho de alimentos o productos comestibles debido a que estos son despojados de su capacidad de ser consumidos por el ser humano o bien se convierten en sobras, esto puede ocurrir durante la producción, procesamiento, transporte, distribución y consumo de comida, como es el caso de las sobras dejadas en los platos o los alimentos perdidos por magulladuras ocasionadas por mal transporte o almacenamiento así como los alimentos que caducan antes de que sean consumidos; de esta manera, este despilfarro se convierte en residuos orgánicos de alimentos, los cuales están incrementando su cantidad principalmente al aumento poblacional y el mal hábito de consumo que, con el paso del tiempo, esto se ha convirtiendo en un tema de gran importancia debido al impacto ambiental, social y económico que esto genera (FAO, 2015).

La mayoría del despilfarro de alimentos termina dispuesto en los botaderos y rellenos sanitarios y su descomposición genera emisiones de GEI (aportando a la huella de carbono y al cambio climático) además de agotar de manera más rápida el espacio disponible en el relleno y malgastar los recursos gastados en producir el alimento (ya que estos no son aprovechados). Debido a esto, se hace necesario la búsqueda, generación e implementación de alternativas para el tratamiento y aprovechamiento del despilfarro (pérdida y desperdicio) de alimentos, con el fin de reducir los impactos adversos al medio ambiente y minimizar la mala disposición de residuos, siendo esta investigación una alternativa a estudiar y valorar con la cual se analiza la posibilidad de degradar y aprovechar una gran cantidad de residuos orgánicos alimentarios (específicamente sólidos).

En la presente investigación se evalúa la posibilidad que presenta la cucaracha Red Runner (*Shelfordella lateralis* Walker, 1868) para ser utilizada en el tratamiento o degradación de estos residuos debido a su capacidad de ingerir materia en descomposición, su gran adaptabilidad y capacidad de reproducción; siendo el principal objetivo el determinar la cantidad y tipo de residuos que esta especie puede degradar, la eficiencia y viabilidad de esta posible alternativa, así como establecer estrategias para la integración al ciclo económico de los productos y/o residuos del proyecto

Capítulo 1. Degradación los residuos sólidos orgánicos alimentarios mediante la utilización de la *Shelfordella lateralis* Walker, 1868

1.1 Planteamiento del problema

Cerca de 1/3 de los alimentos para el consumo humano que se producen en el mundo se pierden o se desperdician cada año según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2015), lo que representa 1,3 billones de toneladas de residuos, de los cuales gran parte no son aprovechados y terminan en vertederos (García, 2016).

Los estudios sobre las pérdidas y el desperdicio de alimentos concluyen que la mayor responsabilidad de generación se encuentra en el consumidor final, de hecho se estima que más del 40 % de las pérdidas de alimentos en los países industrializados o desarrollados se produce en la venta minorista y el consumo. El consumidor desperdicia de manera desmesurada alimentos que todavía son adecuados para el consumo humano y terminan en la basura de los hogares; en segunda medida, varias pérdidas y desperdicios se generan en la etapa de la comercialización minorista al momento de transportar y vender los alimentos producidos; debido a esto, cuando se pierde o desperdicia algún alimento, no solo se disminuye su costo final, sino todos los factores que conllevaron para producirlo. Esto incluye agua, la energía y el trabajo (Alfonso, 2016). Entre los alimentos más desperdiciados y desechados a escala mundial se encuentran encabezando la lista las frutas, hortalizas y verduras (cerca de un 45 % de lo producido anualmente se pierde o desperdicia),

posteriormente tenemos el pescado (35 %), cereales (30%), legumbres (22%), carne bovina y lácteos (20%). Estas pérdidas y desperdicios ocurren a lo largo de toda la cadena (desde la producción hasta el eslabón final o consumidor) y en los países de bajos ingresos, más del 40 % de las pérdidas de alimentos se produce en las etapas de pos-cosecha y procesamiento, estas pérdidas se presentan debido a infraestructuras, almacenamiento o conservación poco eficientes (inocuidad en riesgo), magulladuras en alimentos, descarte por mala apariencia, falta de recursos para evitar pérdidas en la producción o simplemente caducación por negligencia. No solo se pierden y desperdician alimentos si no la energía que conlleva producirlos, se estima que la energía consumida en el desperdicio y pérdida llegaría al 10 % del total de la energía consumida en la producción mundial de alimentos, esto según el Comité de Seguridad Alimentaria Mundial (HLPE, 2014).

Sin embargo, el problema no termina ahí, ya que no solo se están perdiendo recursos naturales; el desaprovechamiento que representa el desperdicio y la pérdida de los alimentos está afectando el medio ambiente y esto tiene consecuencias para el clima, el uso del agua y el suelo y la biodiversidad; debido a que, la agricultura usa el 70 % del agua dulce que se retira en la tierra para producir alimentos, una vez se pierde o desperdicia un alimento, también se desperdicia y malgasta el agua utilizada durante la producción, los nutrientes del suelo que son absorbidos para el crecimiento de los cultivos, los recursos hídricos utilizados para la producción de carnes y derivados también se perderían. Bajo este contexto, los cereales, la fruta y la carne son los productos que más contribuyen a la huella de agua azul del despilfarro de alimentos, huella que sigue en aumento junto con el despilfarro de alimentos debido al crecimiento poblacional (FAO, 2013).

Los alimentos descartados ya sea por magulladuras, mala apariencia, caducación, etc.., son vertidos en un relleno, botaderos o escombreras donde se descomponen de forma anaeróbica y liberan metano, un gas que tiene un poder de retención térmica 25 veces superior al del dióxido de carbono (CO_2); esto ayuda al calentamiento global y al cambio climático, lo cual afecta a toda la vida del planeta (debido a fenómenos meteorológicos como huracanes, sequías, inundaciones que ponen en peligro el mundo como lo conocemos) (FAO, 2013).

En Colombia el panorama no parece mejorar, la pérdida y desperdicio de alimentos asciende al 34% del total de comida disponible en el país. Es decir, de las 28,5 millones de toneladas de alimentos que producen al año, se desperdician o se pierden 9,76 millones de toneladas, así mismo, dentro de este porcentaje el 36% corresponde a desperdicios que se generan en las etapas de distribución, comercialización y consumo de los hogares. Esta cantidad de residuos de origen orgánico no es tratada o aprovechada, sino que es llevada directamente al relleno sanitario, lo que implicaría el aumento de gases de efecto invernadero debido a que la descomposición de estos residuos produce una mezcla de gases conocida como biogás compuesta principalmente por metano, dióxido de carbono, vapor de agua e hidrógeno (Consejo Nacional de Política Económica y social [CONPES], 2016).

Según el informe del Departamento Nacional de Planeación (Departamento Nacional de Planeación , 2016) en Colombia, por cada 3 toneladas de alimentos producidas en el país, una será desechada debido a las pérdidas en cada eslabón de la cadena y al igual que a nivel internacional, las frutas, hortalizas y verduras encabezan la lista de perdidas (58 %), pues por

cada 10.434.327 toneladas disponibles al año, se pierden o desperdician 6.081.134 toneladas, posteriormente tenemos las Raíces y tubérculos (49%), los cárnicos (23%) , pescado (15 %), lácteos (13%), legumbres (12%) y cereales (8%). Dentro de este ámbito es de destacar que la región centro-oriental (compuesta por Cundinamarca, Santander, Norte de Santander y Boyacá) es la que mayor presenta pérdidas y desperdicios a nivel nacional, siendo un 27,7 % de pérdidas equivalente a 1.725.095 toneladas de comida que terminan en la basura, mientras que los desperdicios tienen un valor de 48,3 %, valores que no pueden ser ignorados y que representan un problema para la región.

Actualmente, no existen datos disponibles sobre la cantidad de alimentos perdidos y desperdiciados (que se convierten en residuos sólidos orgánicos alimentarios) en Norte de Santander; sin embargo, al pertenecer a la región centro-oriental, es seguro suponer que estas cantidades tendrían valores considerablemente altos dentro del ámbito nacional, lo cual tiene consecuencias directas al medio ambiente debido al manejo inadecuado de este tipo de residuos.

El manejo inadecuado de estos residuos de origen orgánico impide el aprovechamiento de éstos y representa una problemática tanto ambiental como sanitaria, solo una pequeña parte de los residuos son tratados o aprovechados con técnicas convencionales, como el compostaje; los residuos no tratados generan lixiviados, olores, propagación de vectores y agotan la vida útil de los rellenos.

Ante esta problemática, es necesario investigar técnicas y/o métodos amigables con el medio ambiente y económicamente viables para el tratamiento y aprovechamiento de estos residuos con el fin de mitigar esta problemática, para esto se plantea la posibilidad de estudiar la utilización la cucaracha red runner (*Shelfordella lateralis* Walker, 1868) para la degradación y aprovechamiento de dichos residuos.

1.2 Formulación del problema

Para el estudio y valoración de la posibilidad de utilizar la cucaracha Red Runner (*Shelfordella lateralis* Walker, 1868) como un sistema vivo que pueda degradar y aprovechar de manera eficaz los residuos sólidos orgánicos alimentarios que provocan las distintas problemáticas mencionadas, se plantea la pregunta: ¿Cuál es la capacidad de la Cucaracha Red Runner (*Shelfordella lateralis* Walker, 1868), para degradar los residuos sólidos

comedor de tropa No.2 del batallón de infantería No. 15 "General Francisco de Paula Santander" de Ocaña Norte de Santander.

1.3.2 Objetivos específicos

- Diseñar el sistema para la determinación de la capacidad de la cucaracha Red Runner (*Shelfordella lateralis* Walker, 1868) para degradar los residuos sólidos orgánicos alimentarios producidos en el comedor de tropa No.2 del batallón de infantería No. 15 "General Francisco de Paula Santander" de Ocaña Norte de Santander.

- Comparar la degradación de los diferentes tipos de residuos sólidos orgánicos alimentarios, por medio de la implementación de un sistema de degradación con base en la actividad de la *Shelfordella lateralis* Walker, 1868.

- Determinar la eficiencia del sistema de degradación con base en la actividad de la *Shelfordella lateralis* Walker, 1868, a través de los datos obtenidos.

- Plantear estrategias para el aprovechamiento de los residuos generados por el sistema de degradación.

1.4 Justificación

Ante la problemática que representa el desaprovechamiento y el vertimiento de los residuos sólidos orgánicos alimentarios que se generan y acumulan en el tiempo, y siendo Norte de Santander parte de la región que más pérdida y desperdicio de alimentos aporta al país, se hace evidente la necesidad implementar acciones para un adecuado manejo de estos residuos. Colombia como país debe apuntar a una eficiente gestión integral de residuos sólidos que permita el manejo y aprovechamiento adecuado y eficaz de los residuos sólidos orgánicos alimentarios. No podemos permitir que todos los recursos, energía y trabajo de los alimentos producidos se desperdicien ni mucho menos seguir con una economía lineal que no tiene en cuenta los residuos; se necesitan alternativas que traten a estos residuos como un recurso o materia prima que puede generar un valor agregado. Aquí es donde los profesionales con conocimientos en gestión ambiental juegan un papel importante en la formulación de alternativas que puedan garantizar la reducción y aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos alimentarios.

Se plantea el proyecto con el fin de valorar la posibilidad de aplicar esta alternativa y su papel en la reducción de dichos residuos, la mitigación de las consecuencias que estos traen al medio ambiente (aumento de gases liberados de efecto invernadero en rellenos sanitarios, pérdidas de energía y recursos, etc...) y la posibilidad de obtener un valor agregado o materia prima que pueda ser transformada y vuelva al ciclo económico (recuperándose gran parte de los recursos que se perdieron en el desecho de los alimentos).

Teniendo en cuenta que el 29% de los rellenos sanitarios del país caducarán su vida útil en 5 años por la cantidad de residuos sólidos que son depositados (Gómez, 2018); el proyecto representaría una posibilidad de alargar la vida útil de los rellenos sanitarios, por lo que a través de esta investigación se podría beneficiar toda la comunidad en general debido a que se busca ofrecer una alternativa más que pueda equiparar los mismos o incluso mayores beneficios respecto a otras como el compostaje o los biodigestores; se plantea un sistema de degradación que utiliza sistemas biológicos como lo es la especie *Shelfordella lateralis* Walker, 1868 (cucaracha red runner), aprovechando su facilidad de conseguir y desarrollar.

El comedor de tropa No.2 del batallón de infantería No. 15 "General Francisco de Paula Santander" de Ocaña Norte de Santander hace parte de la agencia logística de las Fuerzas Militares que, en cumplimiento de su misión institucional satisface sus necesidades logísticas a través del abastecimiento de estancias de alimentación del personal de soldados del Ejército Nacional. Por lo tanto, este suministro de alimentos se realiza bajo condiciones de cantidad y diversidad de alimentos de tal manera que puede satisfacer la demanda alimenticia de todos los soldados del Batallón de Ocaña, bajo criterios nutricionales correctos y balanceados; es por esto, que los residuos sólidos orgánicos alimentarios producidos en este lugar son ideales para ser aprovechados por el montaje experimental dada la variedad de alimentos ofrecidos, así como la cantidad de residuos producidos a partir de estos para la obtención de muestras representativas de residuos sólidos orgánicos alimentarios según la metodología propuesta.

El empleo de este sistema biológico para la degradación de residuos sólidos orgánicos alimentarios que son generados por distintas actividades logra resultar útil y eficiente, púes al

momento de construir una granja de insectos ocuparía menos m^2 de espacio (miles de estos insectos pueden ocupar un espacio relativamente pequeño), la emisión de gases de efecto invernadero que puedan producir los insectos sería muy bajo, la reproducción en óptimas condiciones de los insectos es creciente, no necesitan del recurso hídrico ya que estos consiguen la hidratación que requieren en residuos o alimentos compuestos con un alto porcentaje de agua y por último sus heces resultan tener una alta biodegrabilidad y estos son ricos en Nitrógeno, por lo cual se pueden utilizar como abono orgánico (Proteinsecta, 2020).

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Delimitación Operativa. Para el desarrollo de la investigación se cuenta con el apoyo de nuestro director el docente de la UFPSO José Arnoldo Granadillo Cuello en lo relacionado con el diseño experimental. Para evaluar la degradación de los residuos sólidos alimentarios se tendrán en cuenta parámetros de la cantidad de residuos degradados por unidad de tiempo, esto a través de la realización de varios cultivos simultáneos de la especie bajo mismas condiciones ambientales, con el fin de disminuir el margen de error del parámetro; también se determinará el tipo de residuos alimentarios que son degradados de manera más rápida por las cucarachas; adicionalmente, se determinará la eficiencia de la degradación a través de los datos obtenidos y se plantearán diversas estrategias de aprovechamiento de los productos y residuos generados por el proyecto.

1.5.2 Delimitación Conceptual. Podemos entender los residuos sólidos orgánicos alimentarios como la sumatoria tanto de las pérdidas como de los desperdicios de los

alimentos sólidos, siendo los desperdicios todas aquellas partes comestibles de los productos alimenticios que no son consumidos directamente por los humanos. Se puede decir que el desperdicio es producido por el comportamiento, los hábitos de compra, consumo y la manipulación de alimentos por parte del consumidor final y los minoristas; por lo usual su generación es inevitable ya que su consumo no se da normalmente, como es el caso de la piel de frutas, piel de pollo y las raciones sobrantes de un plato, alimentos descartados porque su fecha de vencimiento es próxima y los casos de productos a la venta que se han deteriorado por causas naturales (como el caso de los vegetales irregulares o de apariencia poco atractiva). Mientras que las pérdidas de alimentos son todas aquellas masas de productos comestibles y hechos para consumo humano que fueron desechados durante las etapas de producción, procesamiento, distribución o consumo, ya sea por razones culturales o de mal manejo, estas pérdidas son posiblemente evitables; un buen ejemplo de esto son aquellos cultivos que fueron dañados por plagas, mal almacenamiento, desechos de cáscara y pulpa luego de que la fruta sea exprimida (Barros, 2017).

Este tipo de residuos sólidos, pertenecen a los residuos orgánicos, por lo que tienen la capacidad de degradarse, es decir, sufrir una transformación en formas de materia más simples. Este proceso forma parte de las dinámicas de los biomas y permite el reciclaje de nutrientes y es realizado tanto por las condiciones ambientales (calor, humedad, etc.) como por organismos vivos (llamados descomponedores), esto permite el aprovechamiento del residuo dado a que se reduce el impacto o polución que causan en el medio ambiente y pueden convertirse residuos antes considerados pocos útiles en materiales de buen valor (como abonos o compost por ejemplo) (Coto, 2001).

Los organismos descomponedores son conocidos por su alimentación basada en materia muerta, en descomposición o en desechos procedentes de organismos productores o consumidores, entre la entomofauna que esta en este grupo se caracterizan las cucarachas (Galante & Angeles, 1997). Estos organismos se conocen por su alta resistencia, adaptación, facilidad de reproducción, tienen una dieta omnívora ya que se alimentan desde residuos ricos en almidón y azúcares hasta sus parientes muertos, sangre, carne, excrementos e incluso uñas (Ponce et al., 2005).

1.5.3 Delimitación Geográfica. Para el desarrollo del montaje experimental del presente trabajo, resulta necesario la utilización de los residuos sólidos orgánicos alimentarios producidos en una fuente que genere los diversos tipos de residuos propuestos en la metodología de estudio; es por esto, que el comedor de tropa No.2 del batallón de infantería No. 15 "General Francisco de Paula Santander" en el municipio de Ocaña, Norte de Santander, es un lugar idóneo debido a su facilidad de obtención, recolección y caracterización. Este se encuentra en coordenadas latitud: 8°13'11.08"N; longitud: 73°19'26.01"O.

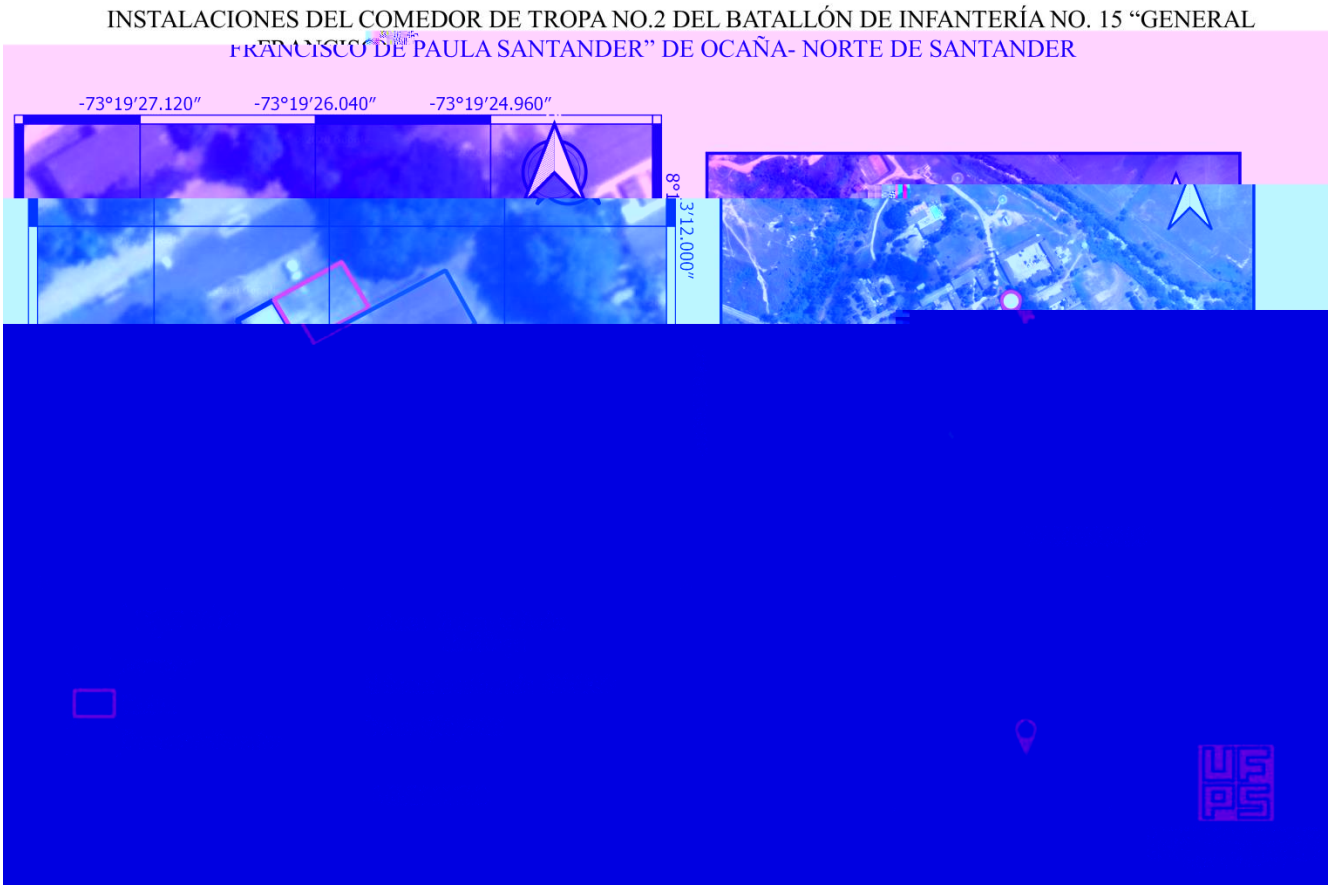


Figura 1. Instalaciones del comedor de tropa No.2 del batallón de infantería No. 15 "General Francisco de Paula Santander" de Ocaña- Norte de Santander. Fuente: Elaboración en ArcGIS.

1.5.4 Delimitación temporal. El proyecto tendrá una duración de 5 meses, con el fin de realizar todas las actividades propuestas.

Capítulo 2. Marco referencial

2.1 Antecedentes

A continuación, se presentan estudios originales de tesis y artículos científicos de diversos autores de nivel nacional e internacional que tienen relación o aproximación con la temática del proyecto y aspectos pertinentes para el desarrollo de esta investigación, debido a que, la temática es innovadora y a nivel nacional no se encuentra ninguna información solo se encontró aproximaciones de las variables del proyecto. Además, cabe resaltar que se tratan de investigaciones sobre la *Periplaneta americana*, dada su información más extensa que la de *Shelfordella lateralis* Walker, 1868, que son menos conocidas (Hadjiconstantis, 2020); pero estas cumplen funciones similares debido a que ambas se han considerado especies peri-domésticas (Que vive en los alrededores de las viviendas humanas).

2.1.1 Nivel Nacional

Anualmente en Colombia se pierden y desperdician 9,76 millones de toneladas de alimentos para el consumo humano con esta pérdida se podría alimentar más de 8 millones de personas al año, lo que equivale a toda la población de Bogotá, de igual manera equivale alimentar durante 8 años toda la población de la Guajira; pero el problema no corresponde a un único actor o un alimento especifico, por lo que la solución le corresponde a los actores involucrados en el tema, para considerar que el fin de la problemática es el logro de sistemas

alimentarios sostenibles, desde el desarrollo productivo nacional que genere una producción de alimentos eficiente y sostenible, hasta lograr unos buenos hábitos de consumo y dieta de los ciudadanos (Gaviria, 2016).

La academia, los centros de investigación, las corporaciones autónomas regionales, algunas Organizaciones No Gubernamentales y dependencias ambientales municipales han venido construyendo conocimiento en torno al aprovechamiento, comercialización y utilización de residuos sólidos orgánicos urbanos en Colombia, en aras de contribuir a la racionalización de la gestión integral de estos desechos en el país. Sin embargo, porque dicha información se encuentra atomizada y dispersa, no es fácil acceder a ella, razón por la cual poco aporta a la gestión integral de los residuos sólidos. Debido a esto, el aprovechamiento de los residuos orgánicos urbanos no se puede seguir viendo como un proceso aislado, sino que debe ser integrado con las empresas prestadoras del servicio público de aseo que de igual manera genera una cultura y convicción del usuario con relación al ambiente; una manera de recompensar esta convicción es a través de una compensación por parte de los operadores, a los entes o personas que contribuyan con el mejoramiento del ambiente aumentando directamente la vida útil de los rellenos sanitarios; pero lo decepcionante es que en la actualidad estos intensivos económicos, tributarios o compensaciones no se han realizado debido a la debilidad institucional, falta de integración entre los actores involucrados e incipiente legislación en materia de incentivos en cabeza del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (Henao, 2008).

La intención de construir alternativas de aprovechamiento para el tratamiento de residuos orgánicos generados en casi toda la cadena alimentaria, como los residuos generados en los diferentes sectores de alimentos y bebidas, agroindustria, comedores escolares, restaurantes y hogares, son beneficiosos para la sostenibilidad y sustentabilidad del medio ambiente al disminuir la cantidad de residuos que van a parar en muchos casos rellenos sanitarios provocando factores como la lixiviación y la producción de gases de efecto invernadero producto de la descomposición de estos residuos y, por ende obtienen mejores y reducidos costos de valores agregados (Gómez, 2018).

Para las cucarachas el compost es un medio importante para su proceso de supervivencia y reproducción, además son excelentes indicadores biológicos de las condiciones que este medio posee como la cantidad de humedad y luz; bajo sus propias condiciones contribuye en los procesos de transformación de la materia orgánica en abono ya que trituran el material vegetal para que otros organismos realicen los debidos procesos de transformación (Betancur, 2003).

Entre las cucarachas más representativas se encuentra la *Periplaneta americana*, la cual se encuentra dentro del grupo de animales más exitosos debido a que resisten fácilmente a las variaciones del medio ambiente en el que están y se adaptan con facilidad a vivir junto con los humanos, pero cabe resaltar que es una especie peri-domestica, es decir, puede vivir con o sin la ayuda directa de las actividades humanas (Guerreo & Cadena, 2016)**.**

Se elaboró la propuesta de un programa para el manejo de los residuos sólidos en La Plaza de Mercado CERETE-CÓRDOBA, por medio de la gestión ambiental se establece la solución y alternativas que se pueden producir para mejorar las condiciones ambientales de la plaza de mercado; a través de la actuación correctiva del manejo de los residuos sólidos; la cual va a influir en el marco general , del estado ambiental del municipio de Cereté; permitiendo llevar al municipio como una ciudad limpia y con manejo integral de sus residuos sólidos; tanto de carácter doméstico como el comercial (Rivera, 2009).

A nivel nacional, se evidencia que en Colombia la pérdida y el desperdicio de alimentos es significativo y que la legislación que regula el correcto manejo y aprovechamiento de los residuos resultantes del desperdicio y pérdida de alimentos no es aplicada por todas las fuentes generadoras dentro del país, pues la vida útil de los rellenos sanitarios es cada vez menor de lo propuesto por las empresas de servicio público. Pero, cabe resaltar que el país colombiano es consciente de esta problemática y que genera a través del desarrollo de programas, actores involucrados y la institucionalidad un sentido de gestión de residuos, donde se puedan obtener ingresos por tener un modelo ambientalista y de sentido propio en los sitios que generan estos tipos de residuos así como el correcto manejo y disposición que le hacen a los residuos.

2.1.2 Nivel Internacional

La *P. americana* se caracteriza por alimentarse hasta la saciedad provocando defecación y el hábito de regurgitación simultáneamente; los alimentos lo obtienen de los hogares y sus alrededores ya que es catalogada como domiciliar y peridomiciliar; debido a que son fáciles de conseguir por su necesidad de alimentación, son de importancia económica en algunos países como China y Japón que las incluyen en su dieta alimenticia, en la medicina, utilizan sus restos para fabricar platos y reducción de las basuras generadas en su país (Elizondo, 2014).

La remota interrelación de la cucaracha con el ser humano puede ser beneficiosa porque genera unos ingresos económicos debido a que su cultivo y mantenimiento resulta práctico y barato, el cual puede servir esta estrategia comercialmente como fuente de alimento para mascotas (anfibios, reptiles e insectos), generando alternativas de aprovechamiento de esta especie y su reducción invasora con los diversos métodos de control y captura de la misma (Pedraza, 2011).

Las cucarachas en especial la *P. americana,* por ser la más común en el medio urbano son de importancia tanto en la higiene de los alimentos como en la salud del hombre, por lo tanto, esta investigación determinó por medio de trampas, cultivos y ayuda por parte del olfatómetro que esta especie les atrajo más el plátano procesado, refrescos, chorizos y miel de abeja; el queso fue el menos apetecido por lo que se determina que es atraída por casi cualquiera de los alimentos que el hombre consume (Arizpe, Torrez, & Fernandez, 2015).

La salud de las personas puede verse afectada por la mala disposición de los residuos orgánicos generados en diferentes fuentes y la falta de manejo como un debido aprovechamiento de los mismos produciendo una proliferación de vectores tales como ratas (*Rattus*), moscas (*Musca domestica*) y cucarachas (*P. americana*); estas últimas pueden generar consecuencias negativas como enfermedades infectocontagiosas y benéficas como degradación de la materia orgánica y la de servir de alimento a especies superiores (Novales, 2018).

El objetivo general de la investigación fue determinar la eficiencia de un sistema a través de la reducción de residuos orgánicos mediante el empleo de la *P. americana*, donde el empleo de 150 cucarachas (*P. americana*) degradaron 6.706 kg de residuos orgánicos del distrito de Pucusana, demostrando que resulta ser un proceso eficaz, viable, rentable y a la vez sostenible (Arcela, 2019).

La utilización de harina de ninfas proveniente de la cucaracha *P. americana* para alimentar juveniles de carpa japonesa *Carassius auratus* es el enfoque principal de esta investigación, donde se demostró el uso potencial de la especie americana transformándola en harina para alimento de la especie acuática, debido a que contiene una importante fuente nutricional y energética de proteínas y lípidos que sirve de alimento para la carpa dorada, con esto se determina su ventajosa viabilidad y su costo económico debido a que es más barata que la harina de pescado y que otros ingredientes utilizados tradicionalmente como fuente de proteína en la nutrición acuícola (Moreno, 2008).

Las ciudades chinas en expansión están generando más desperdicio de alimentos de los que pueden depositar en rellenos sanitarios o lugares de disposición final y la solución en su tiempo era la prohibición nacional que tienen en la actualidad que consiste en usar estos residuos orgánicos como alimento para cerdo; pero esta solución ya no es productiva debido a los brotes de peste porcina africana que género. Para esto, se fortaleció el proyecto de degradación de residuos orgánicos a través de las cucarachas, donde afueras de Jinan, China (Reuters) mil millones de cucarachas se alimentan con 50 toneladas de desechos de cocina al día, el peso equivalente a 7 elefantes adultos. Con esto según Li Hongyi "Es como convertir la basura en recursos"(Suen, 2018).

Cuando las cucarachas mueren, sus cuerpos se pulverizan y se convierten en alimento. ¡Es el maravilloso círculo de la vida! Li Yanrong contiene una instalación de 300 millones de cucarachas americanas, estas degradan 15 toneladas de desperdicios de comida todos los días que dejan las cocinas del distrito; debido a esto elogia la capacidad biológica que estas poseen y determina los costos que futuramente pueden dejar estimados en 8 millones de libras; cuando estas cucarachas mueran serán pulverizadas y utilizadas como proteínas adicionales para la alimentación animal; como Li una compañía llamada Good Doctor estaría repleta de 3600 millones de cucarachas americanas, además es el único centro con laboratorio certificado donde contienen estas especies vírgenes porque se utilizarán futuramente para consumo humano por sus propiedades proteicas (Castrodale, 2018).

Los Adams tienen un granero en Florida que se ha convertido en un emporio para el cultivo de cucarachas, su objetivo era satisfacer la demanda a través de la producción de alimentos proteicos para propietarios de reptiles que compraban los insectos vivos para la dieta de sus mascotas, así que experimentaron la crianza de cucarachas y la dieron de comer a sus propios animales durante 2 años antes de comenzar a venderlas, arrojando buenos resultados; esta actividad lucrativa ha generado buenos ingresos debido a que sus tarifas son de un paquete pequeño de 35 cucarachas a $25 (Winkie, 2019).

La *Shelfordella lateralis* Walker, 1868 es una de las especies con mayor disponibilidad para compra en Internet debido a su uso como alimento vivo para diferentes tipos de animales tales como pájaros, reptiles y anfibios; la cría de esta especie no es un reto debido a que se mantienen fácilmente en el laboratorio por su incapacidad de subir por superficies lisas, su reproducción en grandes cantidades y su facilidad de manejo.

A nivel internacional**,** se evidencia la generación de pérdidas y desperdicios de alimentos en altas cantidades, según su cultura ciudadana y la legislación que los regula; pero un punto importante a tener en cuenta es que están innovando e incursionando en estudios donde se pueda ejercer e implementar una gestión ambiental en estos residuos alimenticios que no son aprovechados y que son enviados directamente al relleno sanitario, pues la opción de disminuir estas altas cantidades a través de la degradación y alimentación en los diferentes sistemas anteriormente mencionados, genera una prolongación en la vida útil de los rellenos sanitarios y por ende una disminución de pagar altos precios por la cantidad de residuos que generamos y se disponen en estos sitios.

2.2 Marco Histórico

Para respaldar la información que contiene este marco se obtuvieron datos, análisis y reflexiones de artículos investigativos, tesis, proyectos de grado e investigaciones virtuales; que permiten demostrar que las variables del proyecto tienen un gran valor de importancia ya que se encuentran registradas desde hace muchos años atrás.

Desde los días de las sociedades antiguas, los seres humanos y los animales han utilizado los recursos de la tierra para la supervivencia y la evacuación de residuos (Gallardo, 2002). En tiempos pasados la evacuación y disposición final de estos no indicaban problemas significativos, ya que las extensiones de terreno disponible permitían la asimilación y recepción de los residuos.

La problemática de los residuos se presenta cuando el hombre se asienta y comienza a formar ciudades; debido a que, al momento de expandir su territorio conjunto al crecimiento poblacional, genera un aumento de residuos sólidos asociados a la actividad de cultura consumista (Novales, 2018). A esto, se registra la época medieval ya que, para poder organizarse, tener una estructura social y poder explotar los recursos naturales para desarrollarse, tomaban medidas para deshacerse de una de sus problemáticas habituales que eran los residuos orgánicos mediante la costumbre de lanzar los restos de comida a las calles generando la procreación de ratas, que provoco directamente el aumento de pulgas que fueron

las responsables de la propagación de la plaga bubónica. Ante estas problemáticas se sumaba la falta de formulación de un plan para la gestión de residuos sólidos, que conllevo a generar enfermedades como la epidemia, la plaga, la muerte negra que dejo como consecuencia altos índices de mortalidad en la población europea el siglo XIV. En el siglo XIX se empezaron a crear y conformar las medidas de control de la salud pública que llegaron a tener una consideración vital para los funcionarios públicos, quienes determinaron a través de la observación y experimentación que los residuos de comidas debían ser recolectados y evacuados de una manera adecuada. Esta técnica permitió el control racional de los impactos producidos por los residuos, sin que se ponga en alto riesgo el medio ambiente y la salud pública (Gallardo, 2002).

Las cucarachas hacen parte del grupo mejor conocidos de insectos y de los más antiguos; debido a que tienen la característica de adaptarse a una gran variedad de hábitats. 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 (Ponce, 2005). Un estudio de dichos restos demostró que en cuanto a sus características estructurales como la forma y partes del cuerpo, venación de las alas y aparato bucal han logrado permanecer casi inalterablemente a lo largo del tiempo hasta la actualidad, lo que permite analizar que estas presentan una eficiencia funcional por lo que son también denominadas "fósiles vivientes", permitiendo que estos sean testigos inmutables de gran parte de la historia del planeta (Pedraza, 2011). El fósil completo más grande de una cucaracha, vivió hace 55 millones de años antes de los dinosaurios, en una zona pantanosa de Ohio y es

totalmente parecida, aunque más grande que las formas modernas de que viven en los antrópicos, el cual un fósil de una cucaracha que encontraron los geólogos en una mina de carbón en el noroeste de Ohio *Arthropleura pustulatus* mide 8,9 cm en comparación al fósil de la cucaracha americana moderna que llega a medir 3,8 cm de largo (López, 2016). Se han descrito cerca de 4000 especies de cucarachas en el mundo de las cuales cerca del 1% (20-30 especies) se relacionan con invasiones de estas en los hogares, siendo la gran mayoría silvestres o selváticas (Elizondo, 2014). En cuanto la *Shelfordella lateralis* Walker, 1868 es esencialmente desértica originada en el norte de África desde Libia hacia el este y así hasta Asia central. Esta ampliamente distribuido en Asia central, incluyendo Irán, Afganistán, Irak y probablemente otros países de Asia central que formaron parte de la Unión Soviética. En otros países se han informado la presencia como Egipto, Arabia Saudita, Sudán, Israel y Libia. No parece estar presente frecuentemente en otros lugares del mundo, excepto que se introdujo en California, EE. UU., afines de la década de 1970, desde entonces también se ha informado la presencia en Texas y Arizona; y de esta manera se ha distribuido a otros países a través del comercio y la economía por medio de transporte terrestre y marino (Kim & Rust, 2013).

Es de suma importancia que las variables del proyecto contengan evidencias y registros históricos, pues demuestra que la problemática del manejo de los residuos siempre han estado presente directamente a través del desarrollo del hombre, debido a la necesidad de obtención de alimentos para sobrevivir; igual que la presencia de las cucarachas que se han alimentado de los nutrientes que les provee la naturaleza al igual que de los restos de alimentos que deja el hombre desde la época de las cavernas hasta las actuales ciudades modernas. Lo que

permite que el proyecto brinde a través de un sistema de degradación una solución y a la vez una colaboración entre las dos variables para que fusionadas aporten una gestión ambiental a la problemática que se tiene por la inadecuada disposición o falta de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos alimentarios y desmentir la errónea idea de que las cucarachas solo proporcionan enfermedades y representan suciedad en los hogares o donde estas habitan.

2.3 Marco Conceptual

2.3.1 residuos sólidos orgánicos alimentarios.

Los residuos sólidos son cualquier material u objeto resultante del consumo de un bien o de la realización de alguna actividad doméstica, comercial institucional, etc... Los residuos presentan poco o ningún valor para quien los genera por lo que son rechazados y desechados, sin embargo, estos son susceptibles a ser transformados y aprovechados adquiriendo así un valor económico y volviendo a la cadena económico-productiva. El manejo y aprovechamiento de estos residuos es de gran importancia dado los impactos que estos generan al medio ambiente y la salud, siendo la contaminación del agua, suelo y aire así como la proliferación de vectores y por ende enfermedades (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

En Colombia los residuos sólidos que no tienen características de peligrosidad (corrosivo, toxico, explosivo, etc.) se pueden clasificar en varias categorías ya sea según su composición (orgánico o inorgánico), fuente productora (domestico, comercial, industrial,

institucional, de servicios), posibilidad de aprovechamiento (aprovechable o no aprovechable) o de servicio público de asea (ordinario y especial), dentro de este ámbito los residuos sólidos de alimentos se encuentran como residuos orgánicos que se pueden generar en varias fuentes (domesticas, institucionales, comerciales, etc.), estos residuos tienen una alta posibilidad de aprovechamiento (Ochoa , 2018)

Dentro de las diversas actividades que generan los residuos sólidos orgánicos alimentarios, tenemos la producción, distribución y consumo de los alimentos en las cuales tenemos tanto las pérdidas como los desperdicios de alimentos los forman los residuos sólidos alimentarios, estos se generan ya sea por razones culturales, éticas o simplemente accidentales (Barros, 2017).

No existe una clasificacion definida que permita identificar de residuos sólidos alimentarios según algun tipo de caracteristica, sin embargo si existen varias clasificaciones de alimentos las cuales varian según el origen o composición de los mismos, por lo que se podría utilizar la clasificación realizada por Belen y Pedron (2016) dado a que se catalogan diversos grupos de aimentos según la sustancia principal que lo componen, entre estos tenemos:

Cereales, patatas y azúcares: este grupo presenta un alto contenido en carbohidratos y almidones (carbohidratos complejos), proporcionan energía de manera inmediata y son fáciles de absorber, sus niveles de proteínas y grasas tienden a ser bajos y son muy consumidos durante el desayuno. Entre los cereales tenemos el arroz, maíz, trigo, avena, cebada, centeno,

mijo y sorgo, así como los productos elaborados a partir de estos (panes, harinas, pastas y bollería). Las patatas contienen principalmente almidón y su consumo cocido y frío hace que parte del almidón sea resistente a la digestión, finalmente los azúcares están conformados por la sacarosa, la fructosa, la lactosa y la maltosa formando así parte de productos como golosinas y postres.

Alimentos grasos y aceites: en su contenido predominan mayoritariamente los lípidos, por lo que poseen un gran contenido calorífico. En este grupo tenemos las grasas de origen animal y las de origen vegetal, entre las de origen animal destaca la manteca de cerdo, cordero y el sebo de ganado vacuno mientras que en las de origen vegetal tenemos la margarina, la manteca de coco y los chocolates (por estar hechos de manteca de cacao).

Carnes, huevos, pescados, legumbres y frutos secos: Estos alimentos contienen principalmente proteínas, las carnes y embutidos además contienen minerales; sin embargo, los huevos tienen una digestión más rápida, entre las legumbres tenemos los guisantes, garbanzos, habas, lentejas, frijoles y soja. En los frutos secos predomina el maní, los piñones, las nueces y las almendras.

Leche y derivados: Predominan las proteínas (principalmente la lactosa), en este grupo entran quesos y yogures.

Verduras y hortalizas: Aportan principalmente vitaminas, minerales, fibras y agua, el agua puede estar en una proporción alta (80%-90%) por lo que son alimentos poco calóricos,

mientras el contenido en proteínas y grasas también es bajo. En este grupo tenemos las Zanahorias, los pimientos y las coles principalmente.

Frutas y derivados: Contienen principalmente agua, azúcares, vitaminas, minerales y fibra, al igual que con las verduras y hortalizas, su contenido de agua es alto (hasta 85%) y su aporte calórico es bajo, sus principales azúcares son glucosa, fructosa y sacarosa. En sus derivados tenemos principalmente las mermeladas.

2.3.2 gestión integral de los residuos sólidos.

Según la política Nacional para la gestión de residuos sólidos en Colombia, la gestión integral de residuos puede ser entendida como la disciplina dedicada control de la generación, almacenamiento, recolección, transferencia y transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de residuos sólidos de forma compatible con el medio ambiente y la salud pública y siguiendo las siguientes etapas:

Reducción en el origen: Ocupa el primer lugar y es la más eficaz para reducir la cantidad y toxicidad de residuos, así como los costos que conlleva el tratamiento, aprovechamiento e impactos de los residuos.

Aprovechamiento y valorización: Es la separación y preparación de los residuos para la reutilización, el reprocesamiento y la transformación en nuevos productos, así como la recuperación a través de la conversión (composta, biogás, calor, etc.). Esta es una etapa muy

importante para ayudar a conservar y reducir la demanda de recursos naturales, disminuir el consumo de energía, preservar los sitios de disposición final y reducir la contaminación ambiental, también es de tener en cuenta que el aprovechamiento tiene un beneficio o potencial económico, dando como resultado una valorización.

Tratamiento y transformación: La transformación de residuos implica su alteración física, química o biológica con el fin de convertirlos en sustancias más simples, reducir su peligrosidad la eficacia del sistema de gestión de residuos.

El tratamiento y transformación de los residuos que no pueden ser aprovechados permite o facilita su disposición final, evitando así peligros al medio ambiente debido a las características peligrosas de algunos residuos.

Disposición final controlada: Es el aislamiento de todos aquellos residuos que no puedan ser aprovechados o que presenten características peligrosas, para así evitar contaminación al medio ambiente o problemas de salud pública.

La gestión de residuos sólidos debe de realizarse de una forma eficaz y ordenada, teniendo en cuenta todos los aportes tecnológicos, la economía de las soluciones, los aspectos sociales y ambientales comprendiéndolos de forma clara.

2.3.3 *Shelfordella lateralis* Walker, 1868.

La cucaracha, cuyo nombre denomina del latín *cocus* que significa grano o semilla; y *acha* del italiano que significa bajo o despreciable, es uno de los insectos más antiguos que se conocen. Las cucarachas pertenecen al superorden Dictyoptera de las raíces griegas *dictyon* = red; *pteron* = ala; y dentro de este, se encuentran en el orden Blattodea o Blattaria, que en latín significa insecto *lucifogo*, que huye de la luz; dentro de este orden abarca la familia Blattidae el cual es característico por infestar en ambientes domésticos; y por ende se encuentra la *Shelfordella lateralis ,* la cual es una de las especies menos conocidas de cucarachas sinantrópicas la cual se ha distribuido a través de medios antropogénicos por lugares del mundo que estratégicamente les permita realizar sus funciones biológicas y adaptabilidad climática. Son una de las especies predominantes en los hogares y sus alrededores (Elizondo, 2014). A continuación, en la Tabla 1, se presenta la clasificación taxonómica de la especie *Shelfordella lateralis* Walker, 1868.

Tabla 1

Clasificación taxonómica de la cucaracha Shelfordella lateralis Walker, 1868.

Reino	**Animal**
Filum	Artrópodo
Subfilum	Hexápodo
Clase	Insecta
Subclase	Pterygota – Insecto alado
Infraclase	Neoptera – Insecto con alas plegadas
Orden	Dyctioptera
Suborden	Blattaria
Superfamilia	Blattoidea
Familia	Blattidae

Subfamilia	Blattinae
Género	*Shelfordella* Adelung 1910
Especie	*Shelfordella lateralis* Walker, 1868

Nota: Clasificación taxonómica de la cucaracha *Shelfordella lateralis*. UniProt (2020) Recuperado de: https://www.uniprot.org/taxonomy/36981

La información exacta en cuanto biología, ciclo de vida y ecología es limitada; pero se observa que cumplen un mismo patrón de ciclo de vida similar que las demás cucarachas como por ejemplo la especie *Periplaneta americana* Linnaeus 1758 , dado su similaridad (Cochran, 1999).

Esta especie recibe diversos nombres Científicos, taxonómicos, común, siendo algunos sinónimos: *Shelfordella lateralis* (Walker, 1868), cucaracha Turquestán, *Blatta lateralis, Periplaneta lateralis*, *Periplaneta tartara, Shelfordella taratara* (Saussure, 1874) (UniProt, 2020).

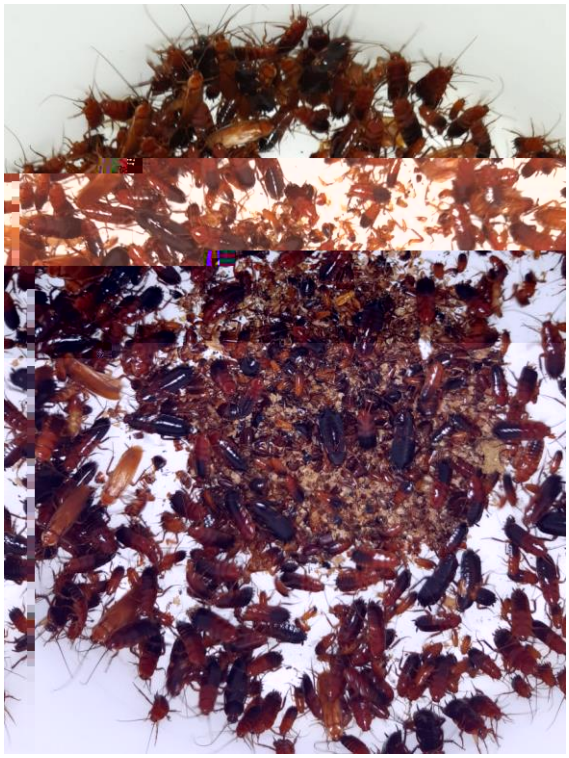


Figura 2. Ejemplares de *Shelfordella lateralis* Walker, 1868. Fuente: Autores del proyecto.

La cucaracha de la especie *S. lateralis*, es una de las cucarachas peridomésticas que llegan a medir en promedio 3 cm de longitud (Kim & Rust, 2013). En cuanto al ciclo de vida la especie pertenece al grupo de insectos por lo que presenta una metamorfosis incompleta o hemimetábola, es decir, del huevo nace la larva llamada ninfa idéntica al insecto adulto (Guerreo & Cadena, 2016). La especie contiene tres etapas durante el ciclo de vida: El huevo o capsula, un numero variable de ninfas y la fase adulta. La capsula de huevos de la *S. lateralis* denominada Ooteca posee un color rojizo a café. Los huevos de las cucarachas están alineados verticalmente de dos en dos dentro de la Ooteca, las cuales se encuentran cubiertas por secreciones de las glándulas accesorias para que finalmente sea expulsada hacia el exterior; la hembra de la especie *S. lateralis* produce hasta 25 Ootecas, las cuales tienen un

promedio de 16 a 17 huevos por Ooteca y una tasa de eclosión de al menos el 80 %, por un periodo de incubación promedio de 44 días, estas son puestas en lugares cálidos cerca donde halla comida.



Figura 3. Ooteca *de Shelfordella lateralis* Walker, 1868. Fuente: Autores del proyecto.

Una vez nacen, las ninfas crecerán y se volverán totalmente adultas en un promedio de 222 y 224 días (bajo condiciones óptimas de temperatura), siendo este un tiempo relativamente corto respeto a otras especies, dándole una ventaja a esta especie. En general su esperanza de vida puede ser de 612 días a dos años aproximadamente (Kim & Rust, 2013).

Estas especies peridomésticas, inician su ciclo de vida como ninfas, las cuales deben crecer o desarrollarse hasta alcanzar la edad o estadio adulto, esto a través de las mudas de su exoesqueleto, llegando a mudar su exoesqueleto entre 6 a 14 veces (Talgi, 2016). Este exoesqueleto contiene una importante sustancia que es denominada quitina la cual se encuentra distribuida ampliamente en la naturaleza; después de la celulosa es el polímero natural más abundante, en este caso su fuente principal se encuentra ubicada en el

exoesqueleto de las cucarachas y las alas de la misma con el fin de brindarles soporte y rigidez (Méndez, 2017).



Figura 4. Muda de un ejemplar *Shelfordella lateralis* Walker, 1868. Fuente: Autores del proyecto

En cuanto la alimentación de la cucaracha, es una de las especies más omnívoras y carroñeras, debido a que son capaces de alimentarse de todo lo que encuentren y prefieren alimentos dulces, ya sea zanahoria, manzana, naranja, lechuga (no romana), alimento para gato, can, pez, cereales y ciertas plantas; actividades como el canibalismo y depredación es común entre ellas mimas para poder sobrevivir cuando no tienen disponible el alimento; pero sobre todo prefieren la materia orgánica en descomposición por el alto contenido de almidón y grasas. El éxito de su alimentación católica, es decir, que pueden comer de todo se debe a que su tubo digestivo contiene simbiontes muy diversos, bacterias digestivas que le ayudan a

la degradación de los alimentos lo que les permite comer en grandes cantidades y al mismo tiempo defecar y regurgitar para equilibrar su dieta alimenticia (Pedraza, 2011).

2.4 Marco Teórico

2.4.1 Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos.

El aprovechamiento tiene el objetivo económico de valorizar el residuo para obtener un producto utilizable con valor comercial que pueda entrar al ciclo económico. La maximización del aprovechamiento de los residuos trae consigo la minimización de las basuras. El aprovechamiento debe realizarse siempre y cuando sea económica, técnica y ambientalmente viable (Jaramillo & Zapata, 2008).

El aprovechamiento es resultado de procesos de tratamiento, reciclaje, producción de bioabono, energía, calor, biogás, reutilización de material y demás procesos relacionados (Jaramillo & Zapata, 2008).

Algunos tipos de aprovechamiento para los residuos sólidos orgánicos son (Jaramillo & Zapata, 2008):

Alimentación animal: Es la más común en las zonas rurales, se separan la fracción orgánica de los residuos sólidos para la alimentación de animales, en su mayoría ganado y cerdos. Sin embargo posee un gran problema: Los residuos orgánicos tienen un alto contenido

en humedad lo que implica dificultades para el almacenamiento, el consumo debe ser rápido con el fin de evitar problemas de fermentación o descomposición del mismo, por ello su incorporación en la alimentación animal requiere una correcta planificación sobre la cantidad que se dispondrá y el tiempo.

Compostaje: Es la descomposición de la materia orgánica a través de diferentes microorganismos bajo condiciones favorables, todo esto para obtener un compuesto estable que funciona de abono en la agricultura, es uno de los métodos más empleados.

Lombricultivo: Es la cría de lombrices en cautiverio, las cuales reciclan todo tipo de materia orgánica generando humus (producto muy útil en la agricultura) y carne de lombriz.

Biocombustibles: es cualquier tipo de combustible obtenido a través de la biomasa obteniéndose productos como metano, biopellets, etc., no es un método muy utilizado debido a que ha sido agregado recientemente, sin embargo genera un alto aprovechamiento de los residuos orgánicos.

2.4.2 Factores que intervienen en la descomposición de la materia orgánica.

La descomposición o degradación de la materia orgánica es un proceso que se da de manera natural en la naturaleza y consiste en la separación de un material en los elementos que lo conforman, esto debido a diversos agentes o factores que a su vez intervienen en la

velocidad de descomposición los cuales son los organismos, el entorno físico (oxígeno, humedad y temperatura) y la calidad de la materia orgánica a descomponer (FAO, 2017).

2.4.1.1 Organismos.

En este factor se encuentran los organismos saprófagos, los cuales se alimentan de sustancias en proceso de descomposición y permiten reincorporarla nuevamente al ecosistema, entre este grupo tenemos los detritívoros los cuales minimizan la materia orgánica a través de la ingesta de la misma, entre estos organismos tenemos lombrices, escarabajos de tierra, cochinillas y cucarachas los cuales posibilitan la degradación de sustancias que otros no pueden como es el caso del pelo, plumas, uñas y otros materiales. Estos organismos junto con los microorganismos descomponedores permiten el paso de energía y el reciclaje de los restos de plantas y animales. Por lo que entre más organismos de este tipo existen en un ambiente, la descomposición o desintegración de dicho material se realizara más rápido (Valverde, Meave, Carabias, & Cano, 2005).

2.4.1.2 Entorno físico (oxígeno, humedad y temperatura).

Las condiciones ambientales que presenta el entorno físico pueden dificultar o facilitar el crecimiento de los organismos biológicos que se encargan de la descomposición o degradación, empezando por el nivel de oxígeno disponible el cual es esencial para el crecimiento de microorganismos y su desarrollo, así como para causar la oxidación de los alimentos, una buena aireación facilita y acelera el proceso de descomposición y crea

condiciones óptimas para los descomponedores o saprófagos. (Prescal, 2004). Si no existe una buena aireación, los microorganismos aerobios y otros organismos biológicos más grandes son reemplazados por microorganismos anaerobios los cuales realizan una descomposición mucho más lenta (Bueno, Diaz, & Cabrera, 2008).

La presencia de agua (humedad) es indispensable para la realización de la actividad biológica debido a las necesidades fisiológicas de los seres vivos , una humedad relativa por debajo del 30% retrasa o detienen la actividad biológica debido a la deshidratación, por lo que la humedad debe estar entre un 50-70% (Bueno, Diaz, & Cabrera, 2008).

La humedad y la temperatura están estrechamente relacionados, a temperaturas bajas la humedad tiende a aumentar y viceversa siendo factores dependientes, la temperatura óptima para trabajar depende del tipo de organismo con el que se esté trabajando pero de manera general la descomposición de los alimentos es más probable o inicia a partir de temperaturas mayores a 5 °C y menores a 68 °C (Prescal, 2004).

2.4.1.3 Calidad de la materia orgánica a descomponer.

No todos los sustratos son iguales, presentan diferencias en su composición que afectan directamente la descomposición o degradación así como algunas sustancias como conservantes que pueden retardar la degradación (Prescal, 2004), entre algunas de las características importantes a resaltar del sustrato tenemos:

2.4.1.4 Tamaño de partícula.

El desmenuzamiento de la materia facilita y optimiza el proceso de descomposición ya que permite una ingesta y ataque más rápido (Bueno, Diaz, & Cabrera, 2008).

2.4.1.5 Disponibilidad de nutrientes.

Se refiere a la concentración de nutrientes indispensables para el desarrollo de los organismos que contiene la materia o sustrato a degradar, por lo general estos nutrientes son el carbono, nitrógeno y fosforo (macronutrientes). Si el organismo encargado de la descomposición puede obtenerlos fácilmente del sustrato, podrá crecer más rápido, reproducirse y por ende se degradará más rápido el sustrato. (Bueno, Diaz, & Cabrera, 2008).

2.4.1.6 PH.

El pH actúa como un condicionante selectivo para los organismos y microorganismos e incluso para la sustancia a degradar, el valor óptimo comprende entre 5,5 y 8,0. Además, es de tener en cuenta que un pH mayor que 7,5 favorecen la pérdida de nitrógeno por la volatilización del amoniaco (Tortosa, 2013).

2.4.3 Cría de *Shelfordella lateralis*.

Debido las características adaptativas de esta especie, su cría y mantenimiento para diversos fines (principalmente como alimento vivo) es muy fácil, sin embargo, deben cumplirse ciertas condiciones para que esta se desarrolle de manera idónea, las cuales expone De Blas, 2014 :

- Su cría no requiere luz, siendo que estos seres son lucífugos (huyen de la luz), por lo que se debe adoptar logares con ausencia de luz para la comodidad de estos individuos.

- La temperatura de cría ha de ser de 28 º C y la humedad no inferior al 60 %, sin embargo, se conoce que pueden resistir temperaturas más bajas (20-29 º C).

- Su alojamiento puede ser ya sea en recipientes de madera o de cristal, sin embargo, los de madera deben ser desinfectados con más frecuencias y deben contar con al menos una pared de cristal para saber que está pasando en cada momento.

- El alojamiento debe contar con buena ventilación, esto a través de rendijas finas y resistentes que eviten el escape.

- En caso de ser necesario se debe instalar una bombilla de 40 w pintada de negro para mantener la temperatura, también es recomendable el uso de un termómetro.

- Como refugios pueden emplearse cartones de huevo, para que los organismos puedan descansar y depositar sus Ootecas.

- Para la distribución de alimentos no se necesita de un recipiente en particular.

- Aunque este tipo de insectos son muy resistentes, pueden ser sensibles a excesos de humedad y la aparición del moho, por lo que debe controlarse este exceso y en caso de la aparición de mohos, deben retirarse los insectos y lavar el recipiente sin usar químicos como la lejía para evitar las afectaciones.

- Las frutas y verduras son insustituibles, pero deben lavarse muy bien para evitar residuos de insecticidas (también es recomendable pelarlas).

- Las cucarachas en general consumen todo tipo de alimentos sin problemas, pero su alimentación debe ser variada para que puedan obtener todo tipo de nutrientes.

Las cucarachas viven muy bien en comunidad, pero si el alimento escasea, los individuos más grandes cazaran y devoraran a los más pequeños para alimentarse, siendo esto incluso una opción para controlar el exceso de población, también resulta de vital importancia detener cualquier fuga dado a que pueden convertirse en una gran plaga en los hogares por lo que algunos utilizan vaselina en las paredes del recipiente o terrario para evitar que los individuos trepen y escapen (De Blas, 2014).

Debido a sus hábitos sucios como posarse en lugares como alcantarillas, desagües y depósitos de basura, así como comer incluso heces de animales, las cucarachas adquieren una gran cantidad de microorganismos patógenos para el hombre, sin embargo este problema se reduce drásticamente con la cautividad de los individuos, evitando así contacto con dichos lugares donde puedan adquirir microorganismos patógenos (De Blas, 2014).

Datos como la cría de este tipo de insectos así como los factores que afectan o influyen en la descomposición de los alimentos son importantes en la medida de que afectan el cómo va a desarrollarse una metodología o modelo que utilice estos seres como sistemas vivos de degradación, pues el tipo de residuo dispuesto y las condiciones ambientales a las cuales se vean expuestos afectan directamente el desarrollo, crecimiento, actividad y reproducción de las cucarachas lo que afecta directamente su actividad en la degradación de los restudios y su eficiencia en este rol.

2.5 Marco Legal

A continuación, se presenta la revisión legal que tiene relación con las variables del presente trabajo, se destaca que el país colombiano tiene amplia normatividad acerca de los residuos orgánicos, caso opuesto específicamente en cuanto las cucarachas, siendo que su información es muy limitada, existiendo solo información relacionada con la salud y la propagación de residuos.

Constitución Política de 1991, Art. 49. Se garantiza el saneamiento ambiental como un servicio público a cargo del estado con principios de universalidad, eficiencia y solidaridad.

Constitución Política de 1991, Capitulo III. Por el cual se reglamenta el derecho al ambiente sano y participación comunitaria; base para la implementación de un programa de minimización de residuos.

Documento CONPES 3874 de 2016. Política nacional para la gestión integral de residuos sólidos; busca aportar al desarrollo sostenible y a la adaptación y mitigación del cambio climático, y plantea la base inicial para avanzar hacia la economía circular desde la gestión integral de residuos sólidos, que los residuos y el uso de recursos se reduzcan al mínimo, y que los recursos se conserven dentro de la economía cuando un producto ha llegado al final de su vida útil, con el fin de volverlos a utilizar repetidamente y seguir creando valor.

Decreto 1608 de julio 31 de 1978. Por el cual se reglamenta el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente y la Ley 23 de 1973 en materia de fauna silvestre. Establece que La fauna silvestre será objeto de investigación con el fin de ampliar y profundizar los conocimientos sobre las especies conocidas y sobre las que se descubran, así como de las aplicaciones científicas, económicas o industriales a que puedan destinarse los ejemplares de una especie y sus productos en beneficio de la población colombiana

Ley 99 de 1993. Por el cual responsabiliza a todos y cada uno de los actores del desarrollo de la tarea de conservar y aprovechar de manera racional los recursos naturales y el ambiente.

Ley 9 de 1979. Código sanitario. Su objetivo principal corresponde a la conservación de la salud y el bienestar humano; además unos de sus enfoques corresponden a la evaluación y estudios con respecto a la generación de residuos sólidos.

Ley 301 de 2018. Ley anti desperdicios contra el hambre en Colombia. Por medio de la cual se crea la política para prevenir la perdida y el desperdicio de alimentos y se dictan otras disposiciones, estableciendo medidas como el desarrollo sostenible desde la inclusión social, la sostenibilidad ambiental y desarrollo económico.

Decreto 1505 de 2003. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo territorial, contiene la relación en cuanto los planes de gestión integral de residuos sólidos con la definición de aprovechamiento y la garantía de la participación de los Recicladores.

Decreto 838 de 2005. El cual modifica el decreto 1713 de 2002 Trata sobre la disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.

Decreto 2820 de 2010. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo territorial. Licencias ambientales. El artículo 9, numeral 12, establece que la construcción y operación de

plantas cuyo objeto sea el aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos biodegradables mayores o iguales a 20.000 toneladas/año, requieren de licencia ambiental.

Decreto 596 de 2016, por el cual se modifica y adiciona el esquema de la actividad de aprovechamiento del servicio público de aseo y el régimen transitorio para la formalización de los recicladores de oficio, con el fin de incrementar las tasas de aprovechamiento para el mejoramiento del servicio público de aseo.

Decreto 2412 de 2018. Reglamenta lo referente al incentivo al aprovechamiento de residuos sólidos.

Resolución 1096 de 2000. Ministerio de Desarrollo Económico (RAS). En el titulo F de la sección II, presenta las definiciones, criterios e identificación de residuos urbanos, su almacenamiento, recolección, transporte y aprovechamiento. En el titulo J, se dan los criterios y especificaciones para los proyectos de aprovechamiento a nivel rural.

Resolución 1023 de 2005. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo territorial, por la cual se adoptan las guías ambientales como instrumento de autogestión y autorregulación.

Reglamento (CE) No. 852 de 2004, trata acerca de la higiene de los productos alimenticios, además especifica que las empresas alimentarias deben realizar un seguimiento adecuado y continuado de control de plagas.

Comité técnico 000019, trata de la gestión ambiental sobre los residuos sólidos, trata sobre la relación de las Guías Técnicas Colombianas relacionada con la gestión ambiental de residuos:

GTC 24: 98-12-16. Guía para la separación en la fuente. Establece las directrices para realizar la separación de residuos en las diferentes fuentes generadoras.

GTC 35: 97-04-16. Guía para la recolección selectiva de residuos sólidos. Este proceso permite mantener la calidad de los materiales aprovechables.

CONPES 113 de 2008 por medio del artículo 15 de la Ley 1355 de 2009 crearon la Comisión Intersectorial de Seguridad Alimentaria y Nutricional, quien esta entidad identifica insumos necesarios para la construcción del lineamiento nacional para contrarrestar las pérdidas y los desperdicios a lo largo de la cadena alimentaria.

Los anteriores instrumentos normativos demuestran de manera indirecta el total acompañamiento de la legislación colombiana en cuanto al funcionamiento del proyecto, desde el punto de vista experimental hasta el punto de llegar a incorporar esta estrategia al ámbito empresarial; pues esta gestión ambiental toca puntos críticos que estamos viviendo hoy en día como es el acelerado crecimiento poblacional y por ende la cantidad de residuos que generan, proporcionando una necesidad de cultura consciente con el medio ambiente a través de diferentes estudios, proyectos o programas que se apropien de la necesidad y que a

través del respaldo normativo se puedan generar medidas sostenibles y amigables con el medio ambiente. Pero, no se encuentra de manera directa con un marco regulatorio que implique un sistema de degradación a través de sistemas vivos como es la implementación de las cucarachas, lo que ha conllevado que no se encuentre alguna guía o norma que regule el aprovechamiento de estos residuos a través de este tipo de sistema.

Capítulo 3. Metodología

3.1 Tipo y enfoque de investigación

La presente investigación se trata de una investigación aplicada porque intenta dar solución al problema que representan los residuos sólidos orgánicos alimentarios. Para ello se parte de conocimientos tales como los factores de degradación de los residuos sólidos orgánicos alimentarios y el papel de la cucaracha Red Runner (*S. lateralis*) en la degradación de la materia orgánica, así como otros estudios afines, todo esto con el fin de utilizar la cucaracha red runner como una herramienta eficaz en la solución del problema.

El enfoque es de tipo cuantitativo, ya que se utilizan valores numéricos obtenidos a través de la medición de diversos parámetros relacionados a la degradación de los diferentes tipos de residuos sólidos alimentarios por parte de la cucaracha Red Runner, datos que posteriormente son sometidos a un análisis estadístico y lógico que permite establecer o llegar a la respuesta de la pregunta de investigación.

3.1.1 Alcance y diseño de la investigación.

Debido a que el tema tratado ha sido poco estudiado a nivel nacional, el alcance es exploratorio, considerándose un tema nuevo y con escasos precedentes tanto a nivel nacional como a nivel de américa latina.

El presente trabajo sigue un diseño experimental, donde se tienen en cuenta las variables de los residuos sólidos alimentarios. Variables que serán sometidas a un proceso de observación, medición y análisis.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población.

En el presente trabajo la población de estudio se compone por la totalidad de los residuos sólidos alimentarios producidos continuamente en el comedor de tropa No.2 del batallón de infantería No. 15 "General Francisco de Paula Santander" en el municipio de Ocaña, Norte de Santander.



Figura 5. Cocina y área de consumo del comedor de tropa No.2. Fuente: Autores del proyecto.

Según J.A Navarro (Comunicación personal, 30 de julio de 2020) el comedor de tropa No.2 genera alrededor de 30 Kg diarios de residuos de alimentos (900 Kg al mes), cantidad correspondiente a los residuos de los desayunos, refrigerios, almuerzos y cenas para una cantidad de hasta 1000 soldados que son atendidos a lo largo del día. El día que más se generan estos residuos es el día miércoles ya que realizan sancochos (debido a que se utiliza mayor cantidad de verduras, hortalizas y carnes) y todo el personal de la instalación del batallón llega a consumir, se cuenta con un personal de 6 soldados auxiliares y 2 chefs que realizan las labores de servicio en el comedor.

El peso del plato está en promedio de 700 gr y el jugo de 365cm^3, la cantidad en gramos que se sirve por alimento en el plato es:

- Arroz: 250gr.
- Proteínas: 125 gr, pescado (200gr), pechuga (100gr) y pollo (200gr)
- Granos: 100gr.
- Ensaladas: 100gr.
- Jugos: 365 cm^3.
- Tubérculos: 100gr. (papa, yuca, plátano).
- Pastas: 31 gr.
- Pan: 60 gr.

El comedor cuenta con un cuarto de almacenamiento de estos residuos, el cual tiene a su disposición: 4 contenedores, 2 de color azul dónde se disponen los residuos orgánicos, 1

contenedor de color verde dónde se depositan los plásticos y 1 contenedor de color gris dónde se depositan los cartones.



Figura 6. Contenedores usados para la recolección de residuos sólidos orgánicos alimentarios del comedor de tropa No.2. Fuente: Autores del proyecto.

Una vez se han generado los residuos sólidos orgánicos alimentarios, no se les realiza ningún tipo de tratamiento, pero parte de estos residuos son aprovechados por un coronel de la instalación ya que utiliza estos residuos para alimentar cerdos en sus dos granjas en Abrego y la ermita.

Hace tiempo se contaba con un proyecto de compostaje mediante la utilización de lombrices (lombricultura), pero este proyecto no prosperó porque no había personas especializadas que se encargaran constantemente de este proyecto.

Los residuos que no son aprovechables son dispuestos a ESPO y los residuos peligros se dejan en jurisdicción de la empresa agente externa (DESCONT) la cual se lleva el aceite utilizado para la preparación de las comidas.

3.2.2 Muestra.

La muestra representativa se compone de la recolección de un kilogramo diario de los residuos sólidos orgánicos alimentarios del el comedor de tropa No.2 durante 3 días, este tipo de residuos fueron sometidos a una clasificación según su contenido o grupo, luego de esto, cada residuo fue triturado manualmente y mezclado junto con otros de su mismo grupo y así obtener un producto de gran variedad de residuos de un mismo grupo. Adicionalmente se realiza una mezcla aleatoria de todo tipo de residuos de los diversos grupos.

3.3 Diseño de instrumentos de recolección de la información y técnicas de análisis de datos

3.3.1 Recolección de la información.

Para evaluar la capacidad de degradación de los residuos sólidos orgánicos alimentarios mediante la utilización de la *S. lateralis* se necesita información articulada por parte de las variables del proyecto, dicha información fue obtenida gracias a :

3.3.1.1 Preparación de residuos sólidos orgánicos alimentarios.

Para la preparación de los residuos sólidos orgánicos alimentarios se realizó la recolección de un kilo diario de residuos del comedor de tropa No.2 del batallón de infantería No.15 “General Francisco de Paula Santander” durante 3 días, este tipo de residuos es

clasificado según su contenido o grupo, además de remover cualquier material como plásticos, palillos y cartones, luego de esto, cada grupo es mezclado para obtener un producto de gran variedad de residuos de un mismo grupo. Se obtendrá una mezcla de los siguientes tipos de residuos:

Proteínas: Algunos ejemplos son residuos de huevos, salchichón, queso, chorizo, carne, pollo, res, chicharrón, mojarra, cerdo, embutidos, salchichas, jamones, menudencias, carne molida, atún y lomo de cerdo.

Carbohidratos: Algunos ejemplos son residuos de pan, arepa, cereal, arroz y pastas.

Frutas, verduras y hortalizas: Algunos ejemplos son residuos de tomate, cebolla, mandarina, pimentón, plátano cocido, zanahoria, lenteja, papa, banano, frijol, arveja, yuca, pepino, lechuga, aguacate, tajada de maduro, maduro cocido, patacón, papaya, piña, frijoles, habichuela y apio.

A continuación, se muestra un menú del comedor el cual permite hacer una idea de los residuos sólidos orgánicos alimentarios producidos en este.



Figura 7. Menú del comedor de tropa No.2. Fuente: Autores del proyecto.

Adicionalmente se realizó una Mezcla Aleatoria de Residuos, las cual estará compuesta de todos los residuos de los anteriores grupos, esto con el objetivo de obtener una medida promedio de degradación de residuos sólidos alimentarios en general.

3.3.1.2 Obtención de Shelfordella lateralis.

Para la degradación de estos residuos de alimentos generados en el comedor de tropa No.2 del batallón se implementó un sistema vivo, siendo este el uso de individuos de edad y tamaño similar de la especie *S. lateralis,* (mínimo 1 mes de edad). Esta especie se obtuvo a través de una empresa que incursiona en el mercado de la alimentación, nutrición, cuidado y manejo de animales exóticos domésticos y/o en cautiverio llamada “Genetic Pet Exotics Mas que animales exóticos y alimento vivo Bogotá”; la cual se basa en la investigación, la producción, tecnificación, comercialización y envió nacional de alimento vivo como la

cucaracha red runner (*S. lateralis)*. Esta empresa se encuentra en Soacha, Cundinamarca, Colombia.

Los especímenes fueron mantenidos en recipientes transparentes con ventilación para mejor vigilancia y fueron puestos bajo un periodo de adaptación a las condiciones climáticas de la región, este periodo constó de 35 días, en las cuales se registró cualquier deceso, puesta de ootecas (natalidad y mortalidad) o suceso inesperado (canibalismo por ejemplo) y así mismo se les proporcionó una dieta de residuos sólidos orgánicos alimentarios, todo esto con el fin de realizar la preparación de los especímenes adecuadamente para la realización del experimento.

3.3.1.3 Diseño experimental.

El desarrollo del proyecto consta de cuatro tratamientos de degradación, cada tratamiento representa un tipo de residuos (residuos ricos en proteínas, ricos en carbohidratos, frutas y hortalizas y una mezcla aleatoria), cada tratamiento tiene un total de 8 repeticiones simultaneas y cada repetición consta de aproximadamente un gramo de residuo sólido orgánico alimentario el cual es degradado por 10 individuos de *S. lateralis*. Para esto se requirió de la preparación de una estructura para la retención de los individuos de *S. lateralis,* así como para la observación del proceso de degradación realizado por estos. Para ello se realizó un montaje compuesto por recipientes iguales (adecuados con orificios pequeños para aireación) de un volumen no mayor a 2 litros, cada recipiente fue marcado y dispuesto con las cantidades designadas de residuos e individuos de *S. lateralis*.

Cada recipiente contiene de una huevera (cartón de huevos) para el establecimiento y comodidad de los individuos y de una pequeña lamina de papel aluminio de peso conocido donde se encuentra el residuo a degradar por los individuos de *S. lateralis*. Se trabajó con 8 repeticiones simultáneas para cada tratamiento para seguir los principios de validez y fiabilidad de cualquier diseño experimental y la eliminación considerable del escepticismo riguroso.

Con la realización de este montaje simultaneo, se dispuso de un total de 32 recipientes (8 recipientes por cada tratamiento), el uso de cartones de huevo, 32 láminas de papel aluminio y una disponibilidad de 320 individuos de *S. lateralis.*

Durante el tiempo de ejecución de los tratamientos, se midieron y registraron las condiciones de temperatura y humedad cada 8 horas a través de un termohigrómetro digital, se tiene en cuenta el fotoperiodo para Colombia, y se realizaron observaciones sobre el estado del residuo.

Cada repetición tuvo un periodo de 72 horas (3 días), posteriormente las excretas fueron retiradas para tener en cuenta la cantidad en gramos producida durante ese periodo de tiempo, así mismo el experimento se repitió un total de 10 para la obtención de datos representativos y fiables.

3.3.1.4 Diseño de estrategias de aprovechamiento de productos generados.

Al trabajar con organismos vivos, se hace necesario tener en cuenta los desechos que estos producen a lo largo de su vida así como la biomasa de sus cuerpos, por lo cual es de tener en cuenta los siguientes productos: excretas, sus cuerpos en sí mismos (biomasa) y algún sobrante de los residuos sólidos orgánicos alimentarios. Este tipo de sustancias deben utilizarse de alguna manera para que produzcan algún tipo de valor y vuelvan al ciclo productivo; Con el fin de cumplir esto, se plantean estrategias de aprovechamiento de estos productos generados y para ello se efectuó el desarrollo de los siguientes pasos o actividades:

3.3.1.4.1 Revisión bibliográfica sobre usos benéficos de las cucarachas.

Para esto se hizo uso de bases de datos, revistas científicas, repositorios institucionales y buscadores académicos con el fin de encontrar diversos artículos que expongan los usos que se le otorgan a las diversas especies de cucarachas así como para los diferentes tipos de productos generados por el sistema de degradación.

3.3.1.4.2 Selección de estrategias de aprovechamiento.

Una vez realizada la revisión bibliográfica sobre usos benéficos de las cucarachas, se estableció una selección de las estrategias para cada tipo de producto generado.

3.3.1.4.3 Presentación de estrategias de aprovechamiento.

Se describieron las estrategias y mediante un proceso de lectura y reflexión se estableció cuales estrategias constituyen alternativas de aprovechamiento viables y cuales pueden presentar inconvenientes.

3.4 Análisis de información

3.4.1 Determinación capacidad de degradación de la *Shelfordella lateralis* Walker, 1868 para degradar los diferentes tipos de residuos sólidos orgánicos alimentarios.

Se realizó un análisis mediante estadística descriptiva e inferencial mediante programas como Excel y Minitab donde se registraron datos como la cantidad de residuo que fue degradado por unidad de tiempo y se obtuvo un promedio de degradación por cada tipo de residuo bajo las condiciones ambientales del lugar (temperatura, humedad y fotoperiodo), además se obtuvo una medida promedio estándar de degradación resultado de utilizar la mezcla aleatoria de residuo.

Para la comparación de los diferentes resultados obtenidos en cada tratamiento se utilizó Análisis de varianza y el método de Tukey a través de minitab, con el fin de discernir si los resultados obtenidos en cada tratamiento son significativamente diferentes entre sí y de esta manera analizar los diferentes factores que causan las diferencias de cada tratamiento (Fallas, 2012).

Capítulo 4. Presentación de resultados

4.1 Periodo de adaptación de los especímenes de *S. lateralis*

Se clasificó y separó los individuos en base a su tamaño, obteniendo así un total de 320 individuos de *S. lateralis* que compartían tamaños similares, todos los individuos se encontraban en estadio ninfa (siendo así imposible determinar el sexo), con una edad estimaba de 3 a 3,5 meses aproximadamente, luego de esto se realizó el diseño del montaje experimental que contiene a los especímenes a manejar según diseño metodológico.



*Figura 8.*Clasificación y separación de individuos de *S. lateralis* Fuente: Autores del proyecto.

Los individuos fueron dejados a disposición de las condiciones climáticas y/o ambientales de la región y fueron alimentados con una mezcla aleatoria de residuos sólidos orgánicos alimentarios provenientes de cocinas de hogares (una mezcla de trozos de arroz,

pepino, zanahoria, panes, pastas, guayaba, restos de pollo, salchichón, arepa y demás residuos de alimentos diarios), el periodo de adaptación consto de 35 días en los cuales se registraron los siguientes datos:

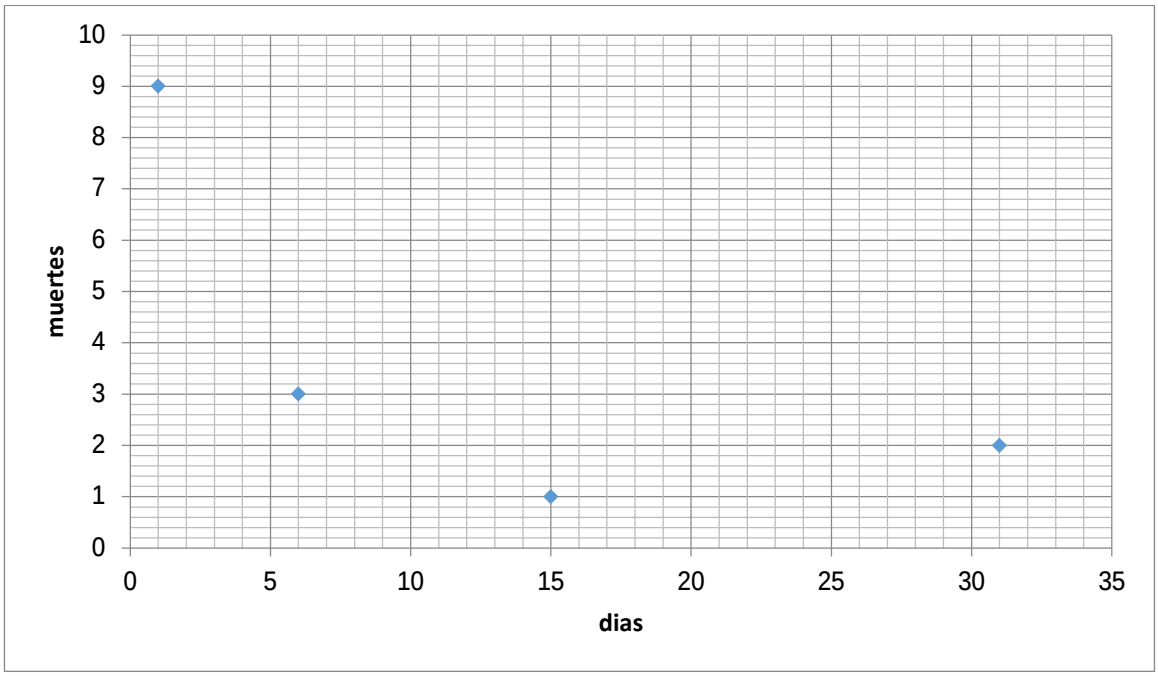


Figura 9. Registro de muertes de *S. lateralis* durante el periodo de adpatacion. Fuente: Autores del proyecto.

Durante los 35 días se registraron un total de 15 muertes, la mayor cantidad de muertes se registró durante el primer día (esto debido a los daños que pudieron los individuos recibir en el transporte), esto, sin embargo, con el pasar de los días este fueron reduciendo.

4.1.1 Observaciones durante el periodo de adaptación.

- Los individuos mostraron una mayor actividad durante horas nocturnas a pesar de que el cuarto que los contenía tenía poca iluminación. En el trascurso del día salían entre 3 a 5

individuos, mientras que en horas nocturnas era común ver a todos los individuos fuera de sus hueveras.

- Se observó que cada vez que un individuo muda de exoesqueleto, devora su muda completamente, (a veces otros individuos ayudaban a devorarla) dejando pocos o nulos restos de la muda.

- Varios individuos presentaban mal estado, observándose que sus cuerpos estaban magullados y carecían de varias patas, esto debido al periodo de transporte en el que se vieron envueltos para llegar al lugar de la investigación, aumentando así la mortalidad durante los primeros días.

- Los alimentos con gran humedad como frutas y verduras (restos de ensaladas) presentaban hongos (moho) en un periodo aproximado de 24 horas después de disponerlo en los recipientes, los individuos no ingerían los residuos que tenían hongos, para cual debía retirarse el residuo y los especímenes , limpiar el recipiente y nuevamente colocar los especímenes junto con un nuevo residuo.

- Ante la observación anterior, se vio en la obligación de disponer cantidades menores a 5 gramos y retirar aquellos residuos que eran húmedos luego de 24 horas después de haber sido dispuestos.

- Durante los primeros días los individuos salían muy poco de las hueveras (cartón de huevos), sin embargo luego de alrededor de 3 a 5 días, varios de estos estos salían inmediatamente se colocaba el residuo.

- No se generó ningún escape de ningún individuo y su manejo fue fácil debido a que no pueden trepar superficies lisas.

- Los individuos presentaron una buena sociabilidad entre ellos y la disponibilidad de alimento era constante, por lo que no se presentó ningún evento de canibalismo.

Esta fase constituyó un periodo de selección y descarte de individuos, puesto que varios presentaban daños significativos que pondrían poner en riesgo su supervivencia y podrían intervenir negativamente en la obtención de resultados fiables.

Posteriormente los individuos muertos fueron retirados y reemplazados por otros que compartían condiciones de edad y tamaño similar con el fin de contar con los 320 individuos necesarios para realizar la fase experimental.



Figura 10. Ejemplares de *S. lateralis* .Fuente: Autores del proyecto.

Se contó con un termohigrómetro digital que registro las condiciones de humedad y temperatura ambiente, estos datos se registraron cada 8 horas, además se utilizó una balanza digital para calcular con exactitud la cantidad de residuos sólidos orgánicos alimentarios dispuestos, los restos de residuos que no fueron degradados durante cada repetición y las excretas producidas durante cada repetición.

.



Figura 11. Montaje experimental. Fuente: Autores del proyecto.

4.2 Preparación de residuos sólidos orgánicos alimentarios

Los residuos sólidos orgánicos alimentarios se colectaron del comedor de tropa No.2 del batallón de infantería No. 15 "General Francisco de Paula Santander" en el municipio de Ocaña, Norte de Santander, los residuos no se encontraban en un gran estado de descomposición en base a su color y olor.



Figura 12. Residuos sólidos orgánicos alimentarios recolectados. Fuente: Autores del proyecto.

Cada residuo se separó según su tipo, se trituró y se mezcló para obtener un producto de gran variedad para cada tratamiento (Ver Apéndice A para mayor ilustración del proceso).

El tratamiento 1 corresponde a residuos sólidos alimentarios ricos en carbohidratos y constó de residuos de pan, arepa, espaguetis y arroz. El tratamiento 2 corresponde a residuos ricos en proteínas y constó de residuos de salchichón, salchicha, pollo, huevos, pescado y carne. El tratamiento 3 corresponde a residuos de son el frutas y verduras, constó de residuos de papa, plátano maduro, zanahoria, repollo, pepino, cebolla, tomate y yuca. El tratamiento 4 corresponde a la mezcla aleatoria para la cual se utilizaron los residuos anteriores en proporciones variadas.



Figura 13. Procesamiento de residuos sólidos orgánicos alimentarios. Fuente: Autores del proyecto.

Como medida adicional para evitar el crecimiento de mohos, ralentizar la descomposición natural y prevenir el contagio de COVID-19 por manipulación de este tipo de muestras, los residuos fueron sometidos a un proceso de desinfección a través de la adición de calor, para ello, la mezcla de residuos de cada tratamiento fue envuelta en papel aluminio, marcada y dispuesta en una olla en donde se calentó a una temperatura de alrededor de 90 °C durante un periodo de 5 minutos.

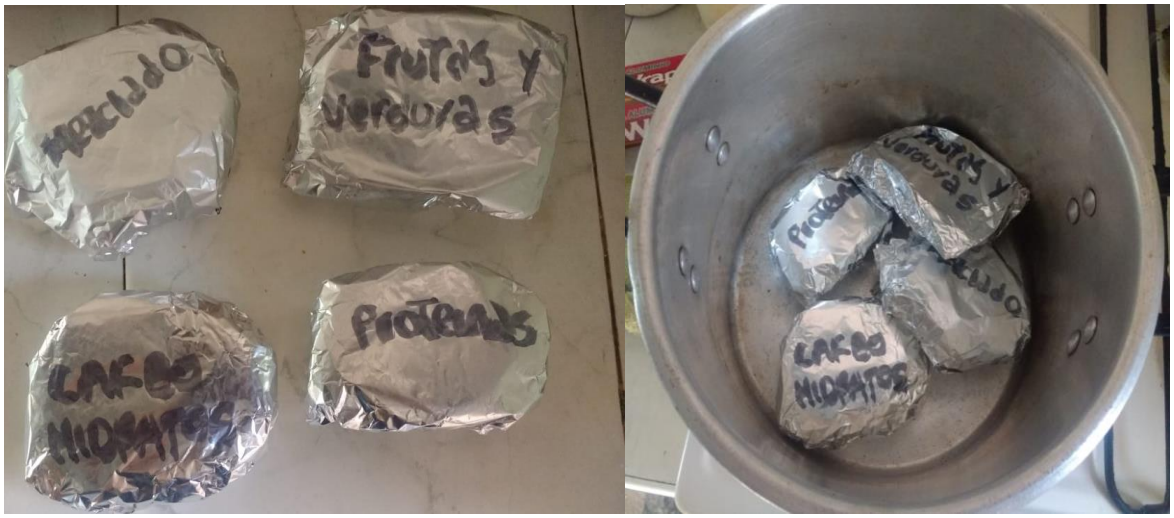


Figura 14. Preparación de los residuos de cada tratamiento. Fuente: Autores del proyecto.

Posteriormente de que el calor fuera disipado mediante el reposo, los residuos fueron pesados y dispuestos en cada recipiente según la metodología acordada (Ver Apéndice B para mayor ilustración del proceso).

Los recipientes de color verde (1.1 a 1.8) corresponden al tratamiento 1 (residuos sólidos orgánicos alimentarios ricos en carbohidratos); los de color azul (2.1 a 2.8) corresponden al tratamiento 2 (residuos sólidos orgánicos alimentarios ricos en proteínas); los de color rojo (3.1 a 3.8) corresponden al tratamiento 3 (residuos de frutas y verduras) y finalmente el tratamiento 4 (mezcla aleatoria de residuos) posee recipientes (4.1 a 4.8) de todos los colores anteriores.

4.3 Resultados fase experimental

A continuación se muestra la cantidad en gramos que degradaron los especímenes en un periodo de 72 horas consecutivas para cada repetición de cada tratamiento, dicho experimento se repitió 10 veces (Ver Apéndice C para información más detallada de cada repetición).

4. 3.1 resultados tratamiento 1 (carbohidratos).

Durante la fase experimental se dispuso un total de 81,036 gramos de residuos sólidos orgánicos alimentarios ricos en carbohidratos, de los cuales se degradaron 50,790 gramos (equivalente al 62,676 % del total del residuo dispuesto).

Tabla 2

Resultados tratamiento 1 (residuos ricos en carbohidratos)

recipiente	repetición 1	repetición 2	repetición 3	repetición 4	repetición 5	repetición 6	repetición 7	repetición 8	repetición 9	repetición 10
1.1	0,631	0,677	0,586	0,519	0,499	0,495	0,805	0,721	0,786	0,771
1.2	0,58	0,653	0,493	0,478	0,51	0,482	0,708	0,724	0,699	0,68
1.3	0,623	0,634	0,523	0,557	0,496	0,517	0,768	0,759	0,689	0,643
1.4	0,739	0,636	0,541	0,571	0,522	0,488	0,78	0,764	0,74	0,668
1.5	0,636	0,572	0,543	0,751	0,581	0,513	0,788	0,849	0,786	0,67
1.6	0,632	0,711	0,388	0,525	0,538	0,486	0,764	0,755	0,771	0,672
1.7	0,758	0,662	0,409	0,553	0,497	0,515	0,814	0,769	0,728	0,681
1.8	0,546	0,638	0,525	0,56	0,489	0,503	0,792	0,811	0,803	0,651
Promedio	0,643	0,648	0,501	0,564	0,517	0,500	0,777	0,769	0,750	0,680

Nota: Registro de degradación según tratamiento 1 realizada por los especímenes durante cada repetición. Fuente: Elaborado por los autores.

4.3.2 resultados tratamiento 2 (proteínas).

Durante la fase experimental se dispuso un total de 81,506 gramos de residuos sólidos orgánicos alimentarios ricos en proteínas, de los cuales se degradaron 56,244 gramos (equivalente al 69,006 % del total del residuo dispuesto).

Tabla 3

Resultados Tratamiento 2 (residuos ricos en Proteínas)

Recipiente	repetición 1	repetición 2	repetición 3	repetición 4	repetición 5	repetición 6	repetición 7	repetición 8	repetición 9	repetición 10
2.1	0,75	0,793	0,761	0,801	0,722	0,687	0,709	0,696	0,71	0,648
2.2	0,696	0,775	0,801	0,768	0,76	0,725	0,687	0,633	0,656	0,664
2.3	0,726	0,807	0,708	0,719	0,7	0,701	0,698	0,64	0,654	0,620
2.4	0,671	0,74	0,775	0,743	0,737	0,668	0,639	0,638	0,65	0,67
2.5	0,783	0,724	0,747	0,707	0,681	0,702	0,654	0,609	0,612	0,653
2.6	0,71	0,755	0,757	0,724	0,719	0,752	0,654	0,64	0,64	0,646
2.7	0,745	0,739	0,759	0,717	0,712	0,692	0,679	0,654	0,633	0,62
2.8	0,695	0,732	0,725	0,759	0,765	0,707	0,73	0,667	0,655	0,644
Promedio	0,722	0,758	0,754	0,742	0,725	0,704	0,681	0,647	0,651	0,646

Nota: Registro de degradación según tratamiento 2 realizada por los especímenes durante cada repetición. Fuente: Elaborado por los autores.

4.3.3 resultados tratamiento 3 (Frutas y Verduras).

Durante la fase experimental se dispuso un total de 81,438 gramos de residuos sólidos orgánicos alimentarios de frutas y verduras, de los cuales se degradaron 64,447 gramos (equivalente al 79,173 % del total del residuo dispuesto).

Tabla 4

Resultados Tratamiento 3 (residuos de Frutas y Verduras)

Recipiente	repetición 1	repetición 2	repetición 3	repetición 4	repetición 5	repetición 6	repetición 7	repetición 8	repetición 9	repetición 10
3.1	0,794	0,845	0,801	0,81	0,798	0,807	0,796	0,789	0,757	0,709
3.2	0,865	0,973	0,950	0,893	0,879	0,808	0,743	0,724	0,689	0,65
3.3	0,854	0,908	0,880	0,868	0,777	0,852	0,717	0,687	0,728	0,726
3.4	0,882	0,907	0,901	0,837	0,826	0,809	0,797	0,786	0,894	0,742
3.5	0,942	0,961	0,930	0,898	0,818	0,825	0,726	0,72	0,74	0,695
3.6	0,803	0,887	0,862	0,757	0,771	0,762	0,73	0,722	0,704	0,679
3.7	0,842	0,905	0,880	0,787	0,810	0,748	0,683	0,689	0,731	0,727
3.8	0,957	0,998	0,938	0,902	0,810	0,758	0,778	0,738	0,712	0,694
promedio	0,867	0,923	0,893	0,844	0,811	0,796	0,746	0,732	0,744	0,703

Nota: Registro de degradación según tratamiento 3 realizada por los especímenes durante cada repetición. Fuente: Elaborado por los autores.

4.3.4 resultados tratamiento 4 (Mezcla aleatoria).

Durante la fase experimental se dispuso un total de 81,536 gramos de residuos sólidos orgánicos alimentarios de frutas y verduras, de los cuales se degradaron 60,696 gramos (equivalente al 74,441 % del total del residuo dispuesto).

Tabla 5

Resultados Tratamiento 4 (Mezcla Aleatoria de residuos)

recipiente	repetición 1	repetición 2	repetición 3	repetición 4	repetición 5	repetición 6	repetición 7	repetición 8	repetición 9	repetición 10
4.1	0,752	0,781	0,773	0,733	0,728	0,736	0,781	0,785	0,772	0,756
4.2	0,814	0,811	0,767	0,724	0,698	0,716	0,696	0,792	0,743	0,711
4.3	0,759	0,829	0,787	0,741	0,713	0,722	0,806	0,783	0,722	0,704
4.4	0,737	0,844	0,866	0,8	0,742	0,727	0,752	0,734	0,728	0,708
4.5	0,812	0,872	0,813	0,787	0,718	0,721	0,744	0,773	0,789	0,758
4.6	0,755	0,81	0,847	0,791	0,74	0,704	0,74	0,77	0,778	0,755
4.7	0,779	0,805	0,745	0,766	0,785	0,78	0,777	0,785	0,739	0,77
4.8	0,707	0,772	0,765	0,759	0,691	0,684	0,722	0,683	0,705	0,727
promedio	0,764	0,816	0,795	0,763	0,727	0,724	0,752	0,763	0,747	0,736

Nota: Registro de degradación según tratamiento 4 realizada por los especímenes durante cada repetición. Fuente: Elaborado por los autores.

4.3.5 Estadísticas descriptivas.

Tabla 6

Degradación según cada repetición de cada tratamiento

Repetición	tratamiento 1	tratamiento 2	tratamiento 3	tratamiento 4
repetición 1	0,643	0,722	0,867	0,764
repetición 2	0,648	0,758	0,923	0,816
repetición 3	0,501	0,754	0,893	0,795
repetición 4	0,564	0,742	0,844	0,763
repetición 5	0,517	0,725	0,811	0,727
repetición 6	0,500	0,704	0,796	0,724
repetición 7	0,777	0,681	0,746	0,752
repetición 8	0,769	0,647	0,732	0,763
repetición 9	0,750	0,651	0,744	0,747
repetición 10	0,680	0,646	0,703	0,736

Nota: valores promedio para cada repetición de cada tratamiento realizado. Fuente: Elaborado por los autores.

Con el conjunto de los promedios correspondientes a cada repetición, se realizó un análisis de estadísticas descriptivas para cada tratamiento. Cada tratamiento cuenta con 10 muestras provenientes del promedio de cada una de las repeticiones, dando así los siguientes resultados:

Tabla 7

Estadísticas descriptivas para cada tratamiento

Variable	N	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	Mínimo	Mediana	Máximo
tratamiento 1	10	0,635	0,0348	0,1100	0,0121	0,4999	0,6455	0,7774
tratamiento 2	10	0,703	0,0140	0,0442	0,0020	0,6456	0,7131	0,7581
tratamiento 3	10	0,806	0,0236	0,0746	0,0056	0,7027	0,8036	0,9230

tratamiento 4	10	0,759	0,00917	0,02898	0,00084	0,72375	0,75744	0,81550

Nota: Estadísticas descriptivas principales para cada tratamiento. Fuente: Elaborado por los autores.

Estas estadísticas descriptivas muestran el promedio de degradación según cada tratamiento, el cuál consta de 1 gramo dispuesto en un tiempo de 72 horas:

Para el tratamiento 1 se registró un promedio de degradación de 0,635 gramos en un periodo de 3 días (72 horas).

Para el tratamiento 2 se registró un promedio de degradación de 0,703 gramos en un periodo de 3 días (72 horas).

Para el tratamiento 3 se registró un promedio de degradación de 0,806 gramos en un periodo de 3 días (72 horas).

Para el tratamiento 4 se registró un promedio de degradación de 0,759 gramos en un periodo de 3 días (72 horas).

4.3.6 Observaciones durante la fase experimental.

- Una vez los residuos eran dispuestos en horas del día, un promedio de 3 a 5 individuos empezaban a realizar la degradación pocos minutos después, en horas nocturnas se podía apreciar que todos los individuos realizaban la degradación.

- Luego de 12 a 24 horas de disponer el residuo, este exhibía un olor tenue que mostraba que ha avanzado el estado de descomposición, sin embargo esto no pareció molestarles a los individuos siendo que continuaron con la degradación.

- La mayor actividad por parte de los individuos se veía principalmente en los dos primeros días de cada repetición, durante el último día, la actividad de los individuos era considerablemente menor (habían menos individuos que realizaban la degradación) y mostraban menos interés en el residuo, el cual para ese momento ya se encontraba seco (siendo que al parecer los individuos absorbieron el agua del residuo).

- Los restos de residuo que no degradaron los individuos eran secos y no parecían tener humedad en su interior.

- No aparecieron mohos (hongos) en los residuos dispuestos en ningún momento de las 72 horas de duración de cada repetición, incluso el tratamiento 3 que correspondiente a residuos de frutas y verduras no presento esto.

- Los residuos más húmedos correspondían a los de frutas y verduras y a la mezcla aleatoria, mientras que los más secos correspondían a las proteínas y carbohidratos respectivamente.

- Los días más cálidos se observó una actividad más frecuente (los individuos salían más de las hueveras), mostrando un mayor interés en el residuo así como una degradación visiblemente

más rápida, caso opuesto a los días fríos en donde pasaban más tiempo dentro de las hueveras y la actividad sobre el residuos era menor en comparación a los días más cálidos.

4.3.7 Condiciones ambientales (Temperatura ambiental y humedad relativa).

A continuación se muestra la temperatura ambiental y humedad relativa promedio registrada durante cada repetición (Ver Apéndice C para información más detallada), así como la temperatura y humedad relativa promedio durante toda la fase experimental, la cual fue de 24,817 °C y 69,5 % respectivamente. Para Colombia la duración del día (horas luz) y noche es de 12 horas aproximadamente, sin embargo, es de tener en cuenta que la experimentación se realizó en un lugar cerrado donde la exposición a la luz era considerablemente menor respecto al exterior.

Tabla 8

Condiciones de temperatura ambiental y humedad relativa durante la fase experimental

Repetición	tratamiento 1	tratamiento 2	tratamiento 3	tratamiento 4	temperatura	humedad relativa
repetición 1	0,643	0,722	0,867	0,764	25,433	65,000
repetición 2	0,648	0,758	0,923	0,816	25,344	67,778
repetición 3	0,501	0,754	0,893	0,795	25,133	65,889
repetición 4	0,564	0,742	0,844	0,763	25,000	68,556
repetición 5	0,517	0,725	0,811	0,727	24,000	73,333
repetición 6	0,500	0,704	0,796	0,724	25,711	66,444
repetición 7	0,777	0,681	0,746	0,752	25,956	67,556
repetición 8	0,769	0,647	0,732	0,763	25,367	69,889
repetición 9	0,750	0,651	0,744	0,747	23,011	75,778
repetición 10	0,680	0,646	0,703	0,736	23,211	74,778
promedio	0,635	0,703	0,806	0,759	24,817	69,500

Nota: Registro de humedad y temperatura para cada tratamiento durante cada repetición. Fuente: Elaborado por los autores.

Se realizaron graficas de dispersión de degradación vs temperatura ambiental y de degradación vs humedad relativa para cada tratamiento junto con una regresión lineal para marcar una posible tendencia en base a los datos obtenidos.

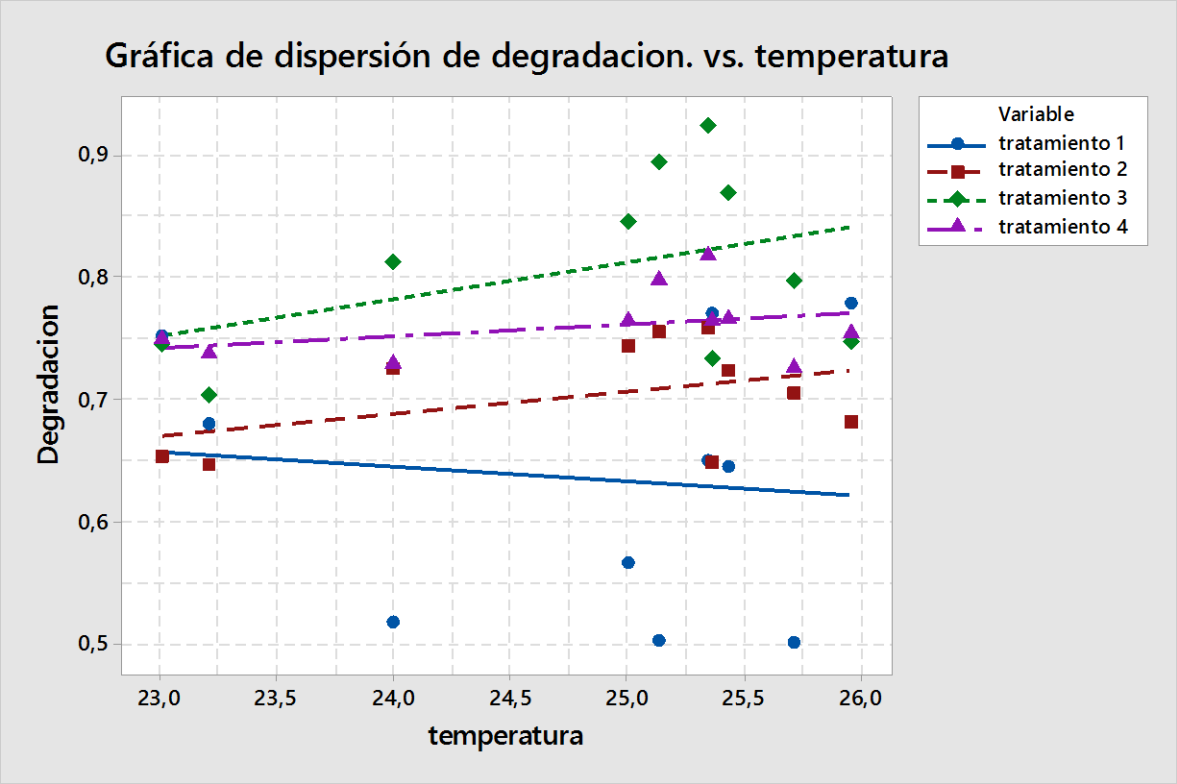


Figura 15. Grafica de Dispersión (Degradación vs temperatura). Fuente: Autores del proyecto.

La gráfica muestra una tendencia, a una mayor temperatura tiende a ver una mayor degradación, esto aplicó para todos los tratamientos excepto para el tratamiento 1 en el cual la tendencia es opuesta (a una menor temperatura hubo mayor degradación).

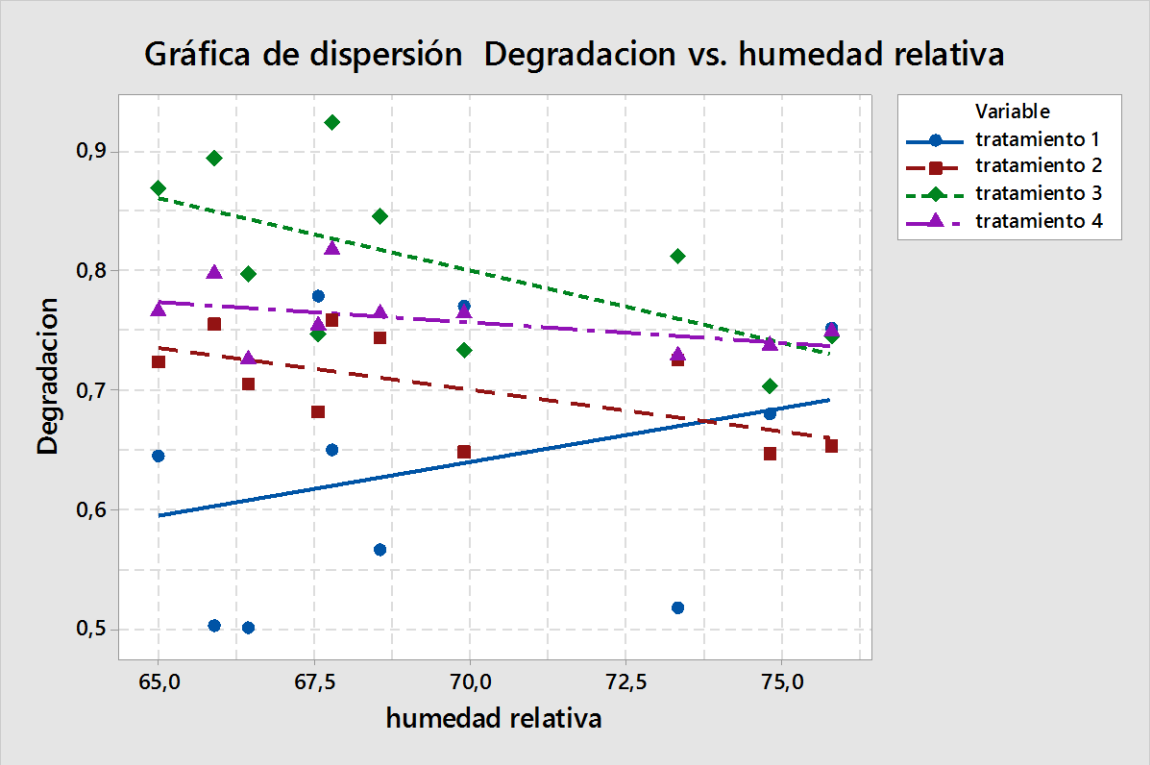


Figura 16. Grafica de Dispersión (Degradación vs Humedad Relativa). Fuente: Autores del proyecto.

Respecto a la humedad relativa, se puede observar una tendencia de que a menor humedad relativa mayor degradación, sin embargo, esto al igual que con lo anterior no aplicó al tratamiento 1, donde a mayor humedad relativa, hubo mayor degradación.

4.3.8 Registro de muertes.

Se registraron las muertes de los individuos en cada repetición de cada tratamiento, el número total de muertes fue 31, siendo ordenadas por tratamiento de la siguiente manera: tratamiento 2 (13 muertes), tratamiento 1 (8 muertes), tratamiento 3 (5 muertes), tratamiento 4 (5 muertes).



Figura. 17. Ejemplares de *S. lateralis* muertos. Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 9

Registro de muertes durante la fase experimental

Repetición	tratamiento 1	tratamiento 2	tratamiento 3	tratamiento 4
repetición 1	0,000	2,000	0,000	2,000
repetición 2	2,000	1,000	0,000	0,000
repetición 3	2,000	1,000	1,000	1,000
repetición 4	0,000	2,000	1,000	0,000
repetición 5	0,000	0,000	2,000	0,000
repetición 6	0,000	1,000	0,000	0,000
repetición 7	1,000	4,000	0,000	1,000
repetición 8	0,000	0,000	1,000	0,000
repetición 9	1,000	2,000	0,000	1,000
repetición 10	2,000	0,000	0,000	0,000
Total	8,000	13,000	5,000	5,000

Nota: Registro de muertes según cada repetición y tratamiento. Fuente: Elaborado por los autores.

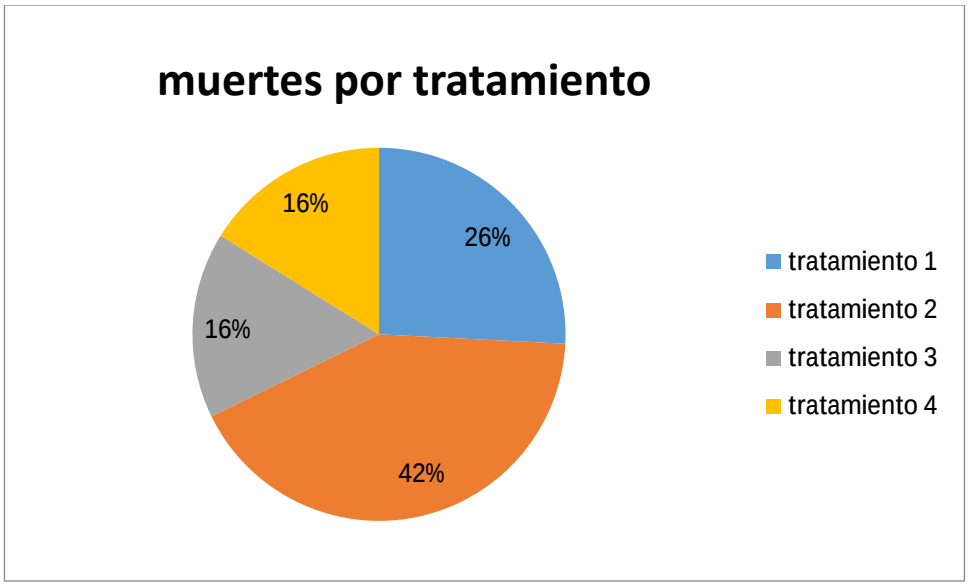


Figura 18. Muertes por tratamiento. Fuente: Autores del proyecto.

Del total de las 31 muertes registradas durante toda la fase experimental, el 42% de estas correspondía al tratamiento 2, el 26 % al tratamiento 1, mientras que los tratamientos 3 y 4 obtuvieron el mismo porcentaje de muertes (16%).

4.3.9 Productos Generados por el sistema biológico de degradación.

4.3.9.1 excretas.



Figura 19. Excrementos de *S. lateralis.* Fuente: Autores del proyecto.

Los valores en gramos correspondientes a las excretas generadas por los individuos fueron variables en la mayoría de las repeticiones. Los tratamientos en orden de producción de excretas son: tratamiento 3 (0,050 gramos promedio en 72 horas), tratamiento 4 (0,042 gramos promedio en 72 horas), tratamiento 2 (0,038 gramos promedio en 72 horas), tratamiento 1 (0,028 gramos promedio en 72 horas).

Tabla 10

Registro de excretas

repetición	tratamiento 1	tratamiento 2	tratamiento 3	tratamiento 4
repetición 1	0,0178	0,0116	0,0114	0,0098
repetición 2	0,0409	0,0463	0,0893	0,0553
repetición 3	0,0505	0,0340	0,0786	0,0801

repetición 4	0,0098	0,0615	0,0531	0,0201
repetición 5	0,0251	0,0324	0,0863	0,0489
repetición 6	0,0179	0,0243	0,0503	0,0271
repetición 7	0,0310	0,0661	0,0361	0,0475
repetición 8	0,0271	0,0261	0,0375	0,0274
repetición 9	0,0345	0,0609	0,0328	0,0678
repetición 10	0,0269	0,0180	0,0205	0,0315
promedio	0,028	0,038	0,050	0,042

Nota: Registro de excretas para cada tratamiento durante cada repetición. Fuente: Elaborado por los autores.

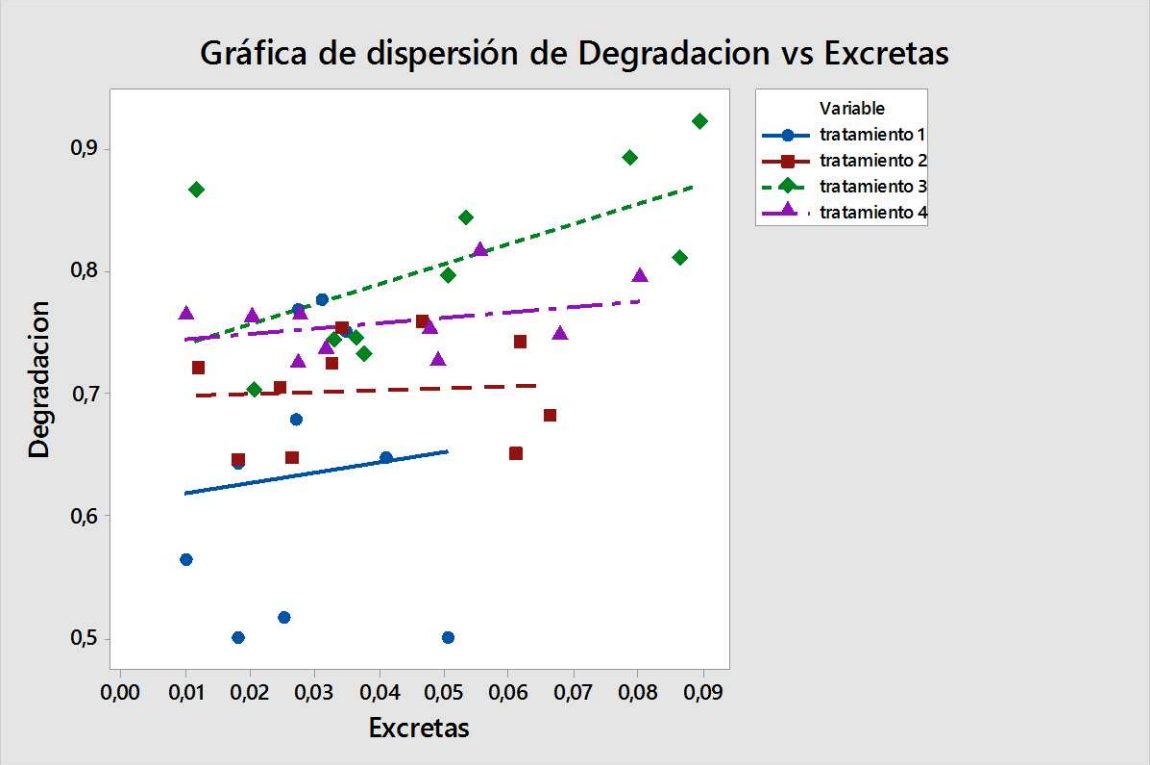


Figura 20. Grafica de dispersión de Degradación vs Excreta*s* Fuente: Autores del proyecto.

Como puede verse en la gráfica, existe la misma tendencia para todos los tratamientos, se puede decir que a una mayor degradación existirá una mayor producción de excretas por parte de los individuos.

Se realizó un análisis de Varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de 0,05 y prueba de tukey (con nivel de confianza de 95%) con el fin de determinar si existe diferencia significativa entre los promedios, a su vez la prueba de tukey muestra los tratamientos en orden de producción de excretas.

Para el análisis de varianza se plantea una hipótesis nula (Todas las medias son iguales) y una hipótesis alterna (No todas las medias son iguales*).*

Tabla 11

Análisis de Varianza para la producción de excretas

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	0,1629	0,054311	10,61	0,000
Error	36	0,1842	0,005117		
Total	39	0,3471			

Nota: Análisis de varianza para la producción de excretas. Fuente: Elaborado en Minitab.

El p-valor es menor que 0.05, por lo que se detecta una diferencia significativa entre las variables de estudio.

Valores F altos indican una dispersión entre las variables

La prueba Tukey indica los siguientes resultados:

Tabla 12

Prueba Tukey para la producción de excretas

Factor	N	Media	Agrupación	
tratamiento 3	10	0,050	A	
tratamiento 4	10	0,041	A	
tratamiento 2	10	0,038	A	B
tratamiento 1	10	0,028		B

Nota: Comparación medias de restos de residuos sólidos orgánicos alimentarios Fuente: Elaborado en Minitab.

Las medias que no comparten las mismas letras son significativamente diferentes, es decir, los tratamientos 3 y 4 son significativamente similares, mientras que los demás tratamientos son significativamente diferentes, si bien puede existir cierta similitud entre algunos tratamientos por compartir una letra, esto no es lo suficiente como para determinar una similaridad significativa.

4.3.9.2 residuos sólidos orgánicos alimentarios no degradados.

Los individuos degradaban los residuos dispuestos hasta dejarlos completamente secos y sin humedad, estos restos tenían un proceso de descomposición lento y muy poco notable debido a la falta de agua en su interior.

Tabla 13

Residuos sólidos orgánicos alimentarios degradados y no degradados

tratamiento	total residuo dispuesto	residuo no degradado	residuo degradado
tratamiento 1	81,036	30,246	50,790

tratamiento 2	81,506	25,262	56,244
tratamiento 3	81,438	16,961	64,477
tratamiento 4	81,536	20,84	60,696
total	325,516	93,309	232,207

Nota: Comparación de residuos sólidos orgánicos alimentarios degradados y no degradados durante cada tratamiento. Fuente: Elaborado por los autores.

Todos los residuos sólidos orgánicos alimentarios no degradados fueron recolectados y pesados. Durante la fase experimental se dispuso un total de 325,516 gramos de residuos sólidos orgánicos alimentarios de los cuales se degradaron 232,207 gramos y se obtuvo un total de 93,309 gramos de residuos sólidos orgánicos alimentarios no degradados.



Figura 21. Restos de residuos sólidos orgánicos alimentarios no degradados. Fuente: Autores del proyecto.

A continuación se muestran los restos de residuos que los individuos dejaron durante cada repetición.

Tabla 14

Residuos sólidos orgánicos alimentarios no degradados

Repetición	tratamiento 1	tratamiento 2	tratamiento 3	tratamiento 4
repetición 1	0,366	0,304	0,156	0,254
repetición 2	0,368	0,257	0,092	0,193
repetición 3	0,509	0,262	0,123	0,222
repetición 4	0,444	0,276	0,172	0,258
repetición 5	0,489	0,295	0,208	0,294
repetición 6	0,511	0,310	0,214	0,296
repetición 7	0,235	0,337	0,281	0,266
repetición 8	0,247	0,371	0,291	0,260
repetición 9	0,267	0,373	0,271	0,274
repetición 10	0,345	0,373	0,314	0,290
promedio	0,378	0,316	0,212	0,261

Nota: Registro de Restos de residuos sólidos orgánicos alimentarios dejados durante cada repetición. Fuente: Elaborado por los autores.

Se realizó un análisis de Varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de 0,05 y prueba de tukey (con nivel de confianza de 95%) con el fin de determinar si existe diferencia significativa entre los promedios, a su vez a su vez la prueba de tukey muestra los tratamientos según la cantidad de residuos no degradados.

Para el análisis de varianza se plantea una hipótesis nula (Todas las medias son iguales) y una hipótesis alterna (No todas las medias son iguales*).*

Tabla 15

Análisis de Varianza para residuos no degradados

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	0,1536	0,051212	10,09	0,000
Error	36	0,1827	0,005076		
Total	39	0,3364			

Nota: Análisis de Varianza para residuos no degradados Fuente: Elaborado en Minitab.

El p-valor es menor que 0.05, por lo que se detecta una diferencia significativa entre las variables de estudio.

Valores F altos indican una dispersión entre las variables

La prueba Tukey indica los siguientes resultados:

Tabla 16

Prueba tukey para residuos sólidos orgánicos alimentarios no degradados

Factor	N	Media	Agrupación		
tratamiento 1	10	0,378	A		
tratamiento 2	10	0,316	A	B	
tratamiento 4	10	0,261		B	C
tratamiento 3	10	0,212			C

Nota: Comparación medias de restos de residuos sólidos orgánicos alimentarios no degradados Fuente: Elaborado en Minitab.

Las medias que no comparten las mismas letras son significativamente diferentes, es decir, todos los tratamientos son significativamente diferentes, si bien puede existir cierta similitud entre algunos tratamientos por compartir una letra, esto no es lo suficiente como para determinar una similaridad significativa.

4.4 comparación de la degradación de los tratamientos

Los resultados de la degradación obtenidos para cada tratamiento fueron comparados con el fin de establecer diferencias entre estos, se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 17

Comparación de la degradación de los diferentes tipos de residuos sólidos orgánicos alimentarios

Repetición	tratamiento 1	tratamiento 2	tratamiento 3	tratamiento 4
repetición 1	0,643	0,722	0,867	0,764
repetición 2	0,648	0,758	0,923	0,816
repetición 3	0,501	0,754	0,893	0,795
repetición 4	0,564	0,742	0,844	0,763
repetición 5	0,517	0,725	0,811	0,727
repetición 6	0,500	0,704	0,796	0,724
repetición 7	0,777	0,681	0,746	0,752
repetición 8	0,769	0,647	0,732	0,763
repetición 9	0,750	0,651	0,744	0,747
repetición 10	0,680	0,646	0,703	0,736
Promedio	0,635	0,703	0,806	0,759

Nota: Comparación de la degradación de los diferentes tipos de residuos sólidos orgánicos alimentarios según por repetición y tratamiento. Fuente: Elaborado por los autores.

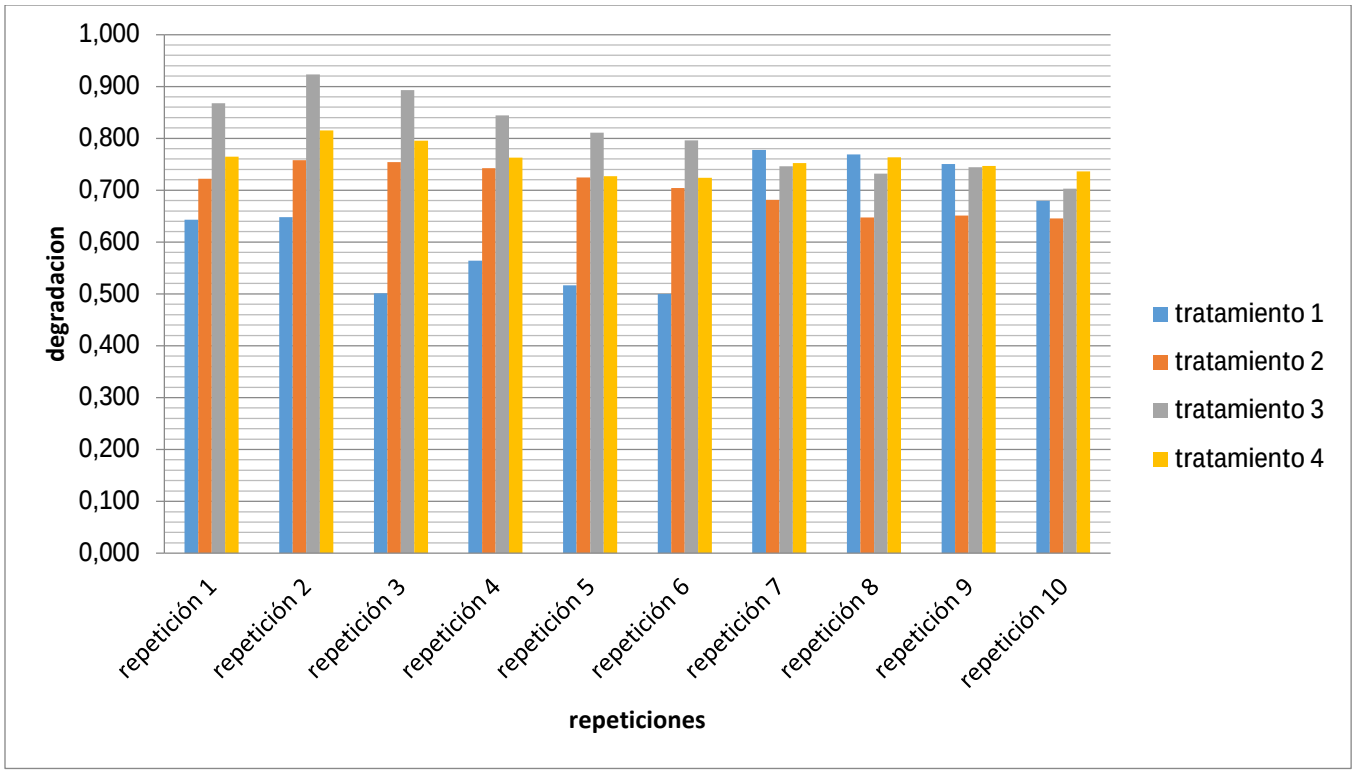


Figura 22. Degradación de cada tratamiento durante cada repetición. Fuente: Autores del proyecto.

Se realizó un análisis de Varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de 0,05 y prueba de tukey (con nivel de confianza de 95%) con el fin de determinar si existe diferencia significativa entre los promedios, a su vez a su vez la prueba de tukey muestra los tratamientos según su promedio de degradación.

Para el análisis de varianza se plantea una hipótesis nula (Todas las medias son iguales) y una hipótesis alterna (No todas las medias son iguales).

Tabla 18.

Análisis de Varianza de la degradación de los tratamientos

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	3	0,1629	0,054311	10,61	0,000
Error	36	0,1842	0,005117		
Total	39	0,3471			

Nota: ANOVA de la degradación de los tratamientos. Fuente: Elaborado en Minitab.

El p-valor es menor que 0.05, por lo que se detecta una diferencia significativa entre las variables de estudio.

Valores F altos indican una dispersión entre las variables

La prueba Tukey indica los siguientes resultados:

Tabla 19

Prueba tukey para los tratamientos realizados

Factor	N	Media	Agrupación		
tratamiento 3	10	0,8060	A		
tratamiento 4	10	0,7587	A	B	
tratamiento 2	10	0,7031		B	C
tratamiento 1	10	0,6349			C

Nota: Comparación de las medias de los tratamientos realizados a través de la prueba de tukey. Fuente: Elaborado en Minitab.

Las medias que no comparten las mismas letras son significativamente diferentes, es decir, todos los tratamientos son significativamente diferentes, si bien puede existir cierta

similitud entre algunos tratamientos por compartir una letra, esto no es lo suficiente como para determinar una similaridad significativa.

4.5 Estrategias para el aprovechamiento de los productos generados por el sistema de degradación

Las cucarachas degradaron los residuos sólidos orgánicos alimentarios consumiéndolos y transformándolos en biomasa acumulada en sus cuerpos así como en desechos (heces o excretas), adicional a este proceso también quedan restos de residuos que no se degradaron y que junto con las demás sustancias anteriormente mencionadas forman los productos obtenidos tras utilizar este sistema vivo para la degradación de este tipo de residuos.

En Colombia se ha explorado muy poco las diferentes alternativas que involucran a los insectos como materia prima que pueda ser utilizada en procesos que generen valor comercial, por lo cual se hace oportuno hacer una revisión bibliográfica que permita identificar qué alternativas pueden ser estudiadas y valoradas con el fin de utilizar los productos obtenidos por la degradación de este sistema (biomasa de cucarachas, excretas y restos de residuos).

Para la revisión bibliográfica se llevó a cabo una búsqueda en Google Scholar de documentos y/o artículos publicados por diferentes revistas y/o sociedades, dicha búsqueda se realizó tanto en español como en inglés, posteriormente se realizó una búsqueda en bases de datos tales como scopus y ScienceDirect mediante el uso de palabras clave tales como “cockroach meal” y “cockroach + flour”; Para la búsqueda en español se utilizó palabras

clave como “harina de cucaracha”, “cucarachas + piensos” entre otras, adicionalmente se realizó una búsqueda sobre la utilización de heces de cucarachas para la elaboración de fertilizantes y/o abonos.

Se tuvo en cuenta criterios de inclusión y exclusión. Se incluyó todo tipo de artículos o documentos donde desarrollaban investigaciones sobre el orden Blattodea (con el fin de aumentar los resultados dado la poca información que existe sobre la *s. lateralis*) basados principalmente en el uso de este tipo de insectos como fuente de proteína animal. El principal criterio de exclusión fue el rechazar que artículos no incluyeran información sobre un uso benéfico o aprovechamiento de estos insectos así como de aquellos que no involucraban especies del orden Blattodea.

En base a los resultados obtenidos, se pueden separar la información obtenida en base al uso o aprovechamiento dado a las cucarachas, entre los usos encontrados tenemos:

4.5.1 Uso de cucarachas en alimentación animal.

El uso de la biomasa de las cucarachas y la obtención de proteína animal para la alimentación de animales de granja puede resultar tentador, en este ámbito podemos destacar los siguientes artículos:

Józefiak y otros (2018), en su trabajo titulado “Full-fat insect meals as feed additive – the effect on broiler chicken growth performance and gastrointestinal tract microbiota” logra

evaluar el efecto que tienen diferentes harinas de insecto (finamente molidas y secadas a 55 °C) sobre el rendimiento y la composición de la microbiota en el tracto gastrointestinal de pollos de engorde, utilizando harinas de especies como *Gryllodes sigillatus* (Walker, 1869), *Shelfordella lateralis* (Walker, 1868), *Gryllus assimilis* (Fabricius, 1775), *Tenebrio molitor* (Linnaeus, 1758) y *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758). La harina elaborada con *shelfordella lateralis* en cantidades de 0.2% mostro buenos resultados, siendo que la adición a las dietas de los pollos de engorde no afectó su rendimiento de crecimiento durante el período experimental, mejoro la ganancia de peso e incluso afecta de manera significativa la salud intestinal de los pollos, promoviendo el crecimiento de diversos grupos de bacterias que facilitan la producción de ácidos grasos.

Otros autores como Peréz (2019) incursinan en la obtencion de proteinas de cucarachas como fuentes alternativas de proteína para su uso en la acuicultura. Para ello, valora nutricionalmente harinas de cucaracha de Madagascar (*gromphadorhina portentosa*) y tenebrios (*tenebrio molitor*) e incluso las compara con las con harinas de uso común (de pescado y de soya). Logró demostrar que la harina de cucaracha posee un contenido de proteína de 68% (mientras que la de soya solo un 39%), presentó una digestibilidad de 90 % y presento un mejor perfil de aminoácidos y grasas, concluyendo así que la adición de harina de este insecto en la acuicultura es viable.

Las harinas producidas a partir de estos insectos tienen una gran oportunidad de convertirse en un ingrediente de gran calidad para la alimentación animal dado las proteínas y aminoácidos que contienen, por lo que su utilización resulta beneficiosa, pues se puede

obtener un producto de óptima calidad a un precio que podría resultar más bajo que las opciones convencionales y que permite reintegrar los residuos sólidos orgánicos alimentarios que fueron transformados en biomasa al ciclo económico, lo que ayuda a reducir impactos ambientales adversos.

4.5.2 Uso de cucarachas en alimentación humana.

Según la FAO (2013), la ingesta de insectos complementa la dieta de aproximadamente 2000 millones de personas, tratándose de un hábito que siempre ha estado presente y que en los últimos años ha llamado la atención de los investigadores y la industria de la alimentación, por lo que se cree que los insectos pueden contribuir a la seguridad alimentaria pues debido a la creciente demanda de recursos (en especial proteína animal) se necesita intensificar la producción, es aquí en donde entran los insectos y su alta conversión de alimentos, su alto grado de proteínas, su facilidad de cultivo, su baja producción de gases de efecto invernadero y su baja necesidad de agua que los convierte en una alternativa que podría solucionar el problema alimenticio del mundo.

Dentro de las posibilidades de alimentación humana podemos mencionar autores como:

Menegon, Jantzen, Lopes & Sallas (2017) lograron producir un pan enriquecido con proteína mediante la adición de harina de cucaracha cinerea (*Nauphoeta cinere*a). Para preparar la harina, los insectos fueron deshidratados, triturados y tamizados para

posteriormente ser agregados en proporciones de 5, 10 y 15% durante la preparación del pan y finalmente los panes obtenidos fueron comparados con el pan blanco y el pan de trigo.

Se realizaron análisis para determinar Coliformes termo tolerantes a 45 ° C y recuentos de moho y levadura, los resultados obtenidos indican que las condiciones sanitarias del pan con harina de cucaracha cumple las condiciones de sanidad; además, los análisis sensoriales mostraron una dureza y consistencia similar al pan de trigo y un sabor aceptable, lograron registrar un aumento de 49, 16 % respecto a un pan estándar, mostrando que puede ser posible crear un alimento con un buen perfil nutricional para el ser humano a través de cucarachas.

Pérez & Rodas (2012) conforman la posibilidad del uso de harinas de cucarchas para la alimentacion humana mediante la elaboración y caracterización de harina para consumo humano a partir de *Achetas domésticas* (grillos) y *Periplanetas americanas* (cucarachas). Realizando la harina a través de un proceso de sacrificio mediante un entorno frio (congelación), un secado de 80 °C, una molienda, nuevamente un secado a 110 °C y finalmente su almacenamiento para su posterior caracterización mediante análisis químicos de determinación de proteínas, grasas, cenizas, carbohidratos, minerales y valor energético. Los resultados de la harina de cucaracha muestran un grado de proteínas de 52,13%, grasas 29,57%, carbohidratos 14.67 %, cenizas 3.62 % y un aporte de 533,33 Kcal, además de esto, también los autores realizaron ensayos de utilización neta proteica, digestibilidad y valor biológico en ratas albinas obteniendo resultados óptimos teniendo una gran aceptabilidad, convirtiéndose así en una buena opción para el consumo humano

La utilización de harinas de estos seres para consumo humano parece ser prometedora; sin embargo, al constituirse como alimentos de consumo humano; sin embargo, surgen ciertas barreras que podrían impedir que este tipo de usos pueda desarrollarse y aplicarse en Colombia, entre estas tenemos:

Tal como lo señala Ramiréz (2009), el consumo de insectos no es bien visto por la sociedad colombiana, debido a que las personas asocian estos con la basura, la suciedad y las enfermedades, por lo cual no son capaces de verlos como una fuente alternativa de alimentación.

Para lograr la fabricación de estos productos es necesario el apoyo del Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos el cual debe proporcionar los estándares de calidad y su vigilancia con el objetivo de garantizar la sanidad de estos productos, acorde a esto, también se necesitaría la colaboración del instituto colombiano agropecuario el cual debe proporcionar guías y normas en temas fitosanitarios para el uso de los insectos con estos propósitos, evitando malas prácticas que puedan poner el peligro el balance ecológico natural (por ejemplo: el escape de las cucarachas al medio ambiente y sus posibles consecuencias).

4.5.3 Utilización de heces de cucarachas como fertilizante.

Las cucarachas producen heces al degradar los residuos dispuestos, estas heces pueden tener cierto valor como señala Campos (2020) en su trabajo de investigacion en el cual realiza

una prueba preliminar de fertilización orgánica con heces de cucarachas para medir el vigor de plántulas de frijoles, Campos (2020) utiliza heces *de Periplaneta americana* (cucaracha roja) con el objetivo de determinar en que afecta a la germinación y crecimiento de las plántulas, de esta manera, utilizando dos dosis de heces (2 y 4 toneladas por hectárea respectivamente) pudo observar que una dosis de 2 toneladas por hectárea logra aumentar de manera significativa la velocidad de germinación de las plántulas de frijol (una germinación a los 8 días en comparación con otras cuya germinación se obtuvo a los 12 y 13 días), el tamaño del tallo con estas dosis también fue mayor demostrando que estas alcanzaron 10 cm en el tamaño de las plántulas con relación a los demás tratamientos que alcanzaron entre 4 y 6 cm. Demostrando así que las heces de cucaracha pueden ser utilizadas como fertilizantes orgánicos.

Aunque existen pocas investigaciones sobre las heces de cucarachas y su papel como fertilizantes, este estudio abre la posibilidad de estudiarlas; sin embargo, también deben realizarse investigaciones pertinentes sobre la posible existencia de bacterias patógenas en las heces de cucarachas con el objetivo de hallar maneras de neutralizarlas y evitar así riesgos de infección.

4.5.4 Utilización de residuos sólidos orgánicos alimentarios no degradados.

Como posible estrategia para los residuos sólidos orgánicos alimentarios no degradados por los individuos, se plantea su adecuación y reutilización nuevamente mediante la adición de agua (para aumentar su humedad) y un proceso de mezclado hasta obtener una masa o

pasta que pueda ser degradada por las cucarachas nuevamente; para ello se realizó una ensayo o prueba piloto con 4 recipientes que contenían los individuos de *S. lateralis,* solo se realizó una repetición (72 horas) en donde se obtuvieron los siguientes resultados:



Figura 23. Adecuación de los residuos sólidos orgánicos alimentarios no degradados y respuesta de los individuos de *S. lateralis*. Fuente: Autores del proyecto.

Se utilizó la totalidad de residuos no degradados durante toda la fase experimental (93,309 gramos) y un aproximado de 63,62 cm^3 de agua para humedecer y amasar los residuos hasta obtener una pasta que se pudiera moldear.

Los individuos no mostraron ninguna reacción negativa respecto al residuo dispuesto y los residuos no presentaron ningún inconveniente al momento de adecuarlos. Durante el desarrollo del ensayo se presentaron los siguientes resultados de degradación bajo condiciones promedios de temperatura (26,02 °C) y humedad relativa (66,8 %):

Tabla 20

Resultados Ensayo de reutilización de residuos

recipiente	Degradación	excretas	muertes
1.7	0,497	0,068	0
2.7	0,428	0,012	0
3.7	0,568	0,029	0
4.7	0,695	0,056	0
promedio	0,547	0,041	0

Nota: Registro de degradación según ensayo de reutilización de residuos para. Fuente: Elaborado por los autores.

La degradación promedio fue de 0,547 gramos en 72 horas y el promedio de excretas fue de 0,041 gramos en 72 horas.

Capítulo 5. Análisis de resultados

5.1 Temperatura ambiental, humedad relativa, humedad del residuo y su influencia en la degradación de los residuos dispuestos

A partir de los datos obtenidos de temperatura ambiental, humedad relativa y la humedad del residuo, podemos decir con seguridad que son factores que intervienen en la degradación de los residuos sólidos orgánicos alimentarios.

Los residuos que contaron con una mayor degradación fueron los correspondientes a residuos de frutas y verduras (0,806 gramos promedios degradados en un periodo de 72 horas) y los correspondientes a la mezcla aleatoria de residuos (0,759 gramos promedios degradados en un periodo de 72 horas), en relación con las observaciones realizadas, estos residuos fueron los más húmedos, estableciéndose así una relación entre la humedad del residuo y la degradación de este, ya que los residuos más secos (tratamientos 1 y 2) presentaron los valores más bajos de degradación (0,635 gramos promedios en un periodo de 72 horas para residuos ricos en carbohidratos y 0,703 gramos promedios en un periodo de 72 horas para residuos ricos en proteínas), por lo que puede decirse que a un mayor contenido de humedad del residuo, existirá una mayor degradación por parte de los individuos. Esta idea es apoyada por las muertes registradas para cada tratamiento, los tratamientos más secos (es decir, tratamientos 1 y 2) presentaron la mayor cantidad de muertes (8 y 13 muertes respectivamente), mientras que los residuos de los tratamientos 3 y 4 (los cuales fueron los más húmedos por poseer frutas y verduras en su composición) presentaron la menor cantidad

de muertes (5 muertes para cada tratamiento), evidenciando así que la humedad del residuo fue responsable de esto, convirtiéndose en un condicionante para que los especímenes realicen sus procesos fisiológicos de manera correcta, garantizando su supervivencia y promoviendo una mayor degradación sobre el residuo dispuesto.

La temperatura ambiental, marco una tendencia respecto a la degradación. Los valores más altos de degradación correspondieron a las temperaturas más altas, esto va acorde con las observaciones realizadas, donde se mostraba que en los días más cálidos, los individuos eran mucho más activos, salían con más frecuencia de las hueveras de cartón y exhibían un mayor interés sobre el residuo y su consumo parecía ser más voraz y rápido en comparación a días más fríos (generando así una mayor degradación del residuo dispuesto), también es de recordar la teoría consultada sobre la cría de cucarachas donde autores como Blas (2014) señalan que las cucarachas tienen un mejor desarrollo (y por ende actividad) cuando las temperaturas son mas calidas, mostrando asi que la tempertura del ambiente influye en la degradacion del residuo.

El tratamiento 1 no exhibe la misma tendencia que los demás tratamientos (de hecho, muestra una tendencia opuesto donde menores temperaturas tenían mayor degradación), esto puede ser explicado por el tipo de residuo dispuesto, siendo que la porción de la mezcla del tratamiento 1 durante las últimas repeticiones tenía una mayor proporción de residuos de pastas las cuales otorgaron visiblemente una mayor humedad al residuo, ocasionando que este fuera más apetecido y por ende contara con una mayor degradación, así mismo durante estas últimas repeticiones la temperatura ambiental empezó a disminuir, por lo que una vez se la

tendencia observada en la gráfica de degradación vs temperatura del tratamiento 1, esto verifica que la humedad del residuo es un factor importante y a su vez indica que la gráfica de dispersión y línea tendencia del tratamiento 1 pierden validez

Respecto a la humedad relativa, mostro una tendencia de que a menor humedad relativa menor degradación del residuo, esto debido a que la humedad relativa está relacionada directamente con la temperatura ambiental. Tal como lo describe Prescal (2004): cuando existe mayor temperatura en el aire, la cantidad de vapor de agua (humedad) del aire disminuye, por lo que estos datos concuerdan perfectamente con el análisis sobre la temperatura (a mayor temperatura mayor degradación), además es de tener en cuenta que la humedad relativa promedio fue de 69,5 %, la cual es una medida idónea para el desarrollo de los especímenes de *S. lateralis,* por lo que respecto a humedad relativa, se puede decir que presento óptimas condiciones.

5.2 Preparación del residuo

Durante la fase experimental no se encontró ninguna aparición de mohos en ninguna repetición, esto puede deberse a la preparación y adecuación del residuo antes de ser dispuesto, pues estos residuos fueron calentados a 90 °C durante un periodo de 5 minutos aproximadamente, ralentizando así el proceso de descomposición mediante la eliminación de diversos microorganismos y promoviendo la eliminación de esporas de hongos.

5.3 Comparación de tratamientos

Para la comparación de los tratamientos, podemos interpretar los resultados obtenidos durante el análisis de varianza y el método tukey realizado, donde según el P y el valor F, todos los tratamiento son diferentes entre sí , también muestra el orden de los tratamientos según su degradación así como una comparación entre estos mismos en la cual se determinó que todos los tratamientos son significativamente diferentes entre sí, esto se establece que se debe a dos factores principales, los cuales son el tipo o composición del residuo dispuesto y la humedad del mismo.

El tratamiento 3 presentó la mayor degradación (0,806 gramos promedios degradados en un periodo de 72 horas), este conto con una composición de residuos de frutas y verduras, los cuales tienen un contenido superior al 80 % de agua como lo señala Belen y Pedron (2016), asi mismo este tipo son bajos en calorias y contienen vitaminas, minerales y en menor medida carbohidratos y proteinas, por lo que su digestion es mas facil.

El Tratamiento 4 presentó el segundo lugar en la degradación (0,759 gramos promedios degradados en un periodo de 72 horas), este estaba compuesto por una mezcla aleatoria de residuos y la humedad de esta mezcla era visiblemente alta debido a las frutas y verduras de su composición, hecho que jugo gran importancia en su degradación.

El Tratamiento 2 ocupa el tercer puesto en la degradación (0,703 gramos promedios degradados en un periodo de 72 horas), contaba con una composición de residuos ricos en

proteínas a través de residuos de carnes y embutidos, las proteínas tienden a ser de absorción lenta debido a su estructura molecular compleja, sin embargo, el proceso de descomposición natural, así como la cocción o preparación (ya que originalmente eran alimentos de consumo humano) de debió facilitar la degradación por parte de los especímenes, así mismo, como estos residuos originalmente fueron alimentos cocinados o preparados con calor, esto debió reducir su contenido de agua (humedad) considerablemente, por lo que los residuos obtenidos tendrían menor humedad (factor que afecta la degradación y la supervivencia de los individuos).

El tratamiento 1 obtuvo el menor valor de degradación (0,635 gramos promedios degradados en un periodo de 72 horas), este tratamiento constaba de residuos ricos en carbohidratos los cuales tienden a ser de absorción rápida, sin embargo, estos residuos eran visiblemente secos a excepción del arroz y las pastas, lo que causo una baja degradación y una gran cantidad de muertes.

5.4 Producción de excretas y residuos no degradados

Los datos obtenidos de degradación, producción de excretas y residuos no degradados concuerdan entre sí, puede apreciarse que los tratamientos con mayor degradación tienen una mayor cantidad de excretas así como una menor cantidad de restos de residuos no degradados, pues este tipo de residuos fueron consumidos en mayor cantidad.

Tabla 21

Comparación de variables de cada tratamiento

Factor	degradación	excretas	Restos de residuo no degradados
tratamiento 3	0,806	0,050	0,212
tratamiento 4	0,759	0,042	0,261
tratamiento 2	0,703	0,038	0,316
tratamiento 1	0,635	0,028	0,378

Nota: Registro de degradación según tratamiento 1 realizada por los especímenes durante cada repetición. Fuente: Elaborado por los autores.

Las pruebas tukey así como los análisis de varianza realizados tanto para la degradación y restos de residuos no degradados mostraron de manera general que existe diferencia entre todos los tratamientos, esta diferencia esta otorgada principalmente por la humedad del residuo, la cual como se ha descrito anteriormente, juega un papel fundamental en la degradación (y por ende consumo y excretas) del residuo.

Los únicos tratamientos significativamente similares en las pruebas Tukey fueron los correspondientes al tratamiento 3 y 4 en producción de excretas, esto debido a que varios de sus valores durante las reptaciones obtuvieron valores similares, esto sumado al alto resultado obtenido por ambos tratamientos en producción de excretas, creo una condición en donde se puede decir que ambos tratamientos son similares, esto claro, sin indicar que son iguales.

5.5 Ensayo de reutilización de residuos

Es de considerar que el ensayo para determinar la posibilidad de reutilizar los restos de residuos no degradados nuevamente en el sistema de degradación obtuvo un valor de 0,547 gramos promedios degradados en 72 horas (un consumo aproximadamente del 50% de la cantidad de residuo dispuesta), lo que permite establecer que estos residuos pueden volver al sistema de degradación y ser aprovechados. Se desconoce si la degradación de estos residuos se debe a la calidad de los restos dispuestos (puesto que los residuos ricos en carbohidratos tenían una mayor proporción en la mezcla y estos residuos fueron más bajos en términos de degradación), su preparación (humedad del residuo) o si existe otro factor que haya sido determinante en este proceso.

5.6 Producción de gases y Olores Ofensivos

Durante la fase experimental, los residuos sufrieron un proceso de descomposición natural, esto se notó debido a que emitían un olor tenue característico de alimentos descompuestos, además, estos procesos de descomposición pueden generar pequeñas cantidades de gases de efecto invernadero que junto con los olores ofensivos, se convierten en aspectos negativos del proyecto.

Capítulo 6. Conclusiones

La capacidad de la cucaracha Red Runner (*Shelfordella lateralis* Walker, 1868) para degradar los residuos sólidos orgánicos alimentarios producidos en el comedor de tropa No.2 del batallón de infantería No. 15 "General Francisco de Paula Santander" de Ocaña - Norte de Santander bajo condiciones promedio de temperatura de 24,817 °C y humedad relativa 69,5 % fue de 0,635 gramos en 72 horas para residuos ricos en carbohidratos, 0,703 gramos en 72 horas para residuos ricos en proteínas, 0,806 gramos en 72 horas para residuos de frutas y verduras y 0,759 gramos en 72 horas para mezclas aleatorias de residuos sólidos orgánicos alimentarios.

Los tratamientos más eficientes en términos de degradación fueron aquellos compuestos por residuos de frutas y verduras y mezclas aleatorias de residuos sólidos orgánicos alimentarios, así mismo, estos tratamientos presentaron una menor cantidad de muertes de especímenes de *S. lateralis,* una mayor producción de excrementos (evidenciando la conversión de las sustancias) y una menor cantidad de restos de residuos sólidos alimentarios orgánicos, siendo la humedad del residuo y la temperatura ambiental los principales factores que intervienen en la degradación de estos residuos por parte de los especímenes de *S. lateralis.*

Se puede decir que la degradación biológica de residuos sólidos orgánicos alimentarios a través de la cucaracha Red Runner (*Shelfordella lateralis* Walker, 1868) es un método viable y eficiente, pues se logró la degradación de los residuos sólidos orgánicos alimentarios

en más de un 50 % , convirtiendo un material que actualmente es desaprovechado como los son los residuos sólidos orgánicos alimentarios en productos que pueden tener valor comercial (obtención de proteína animal y de fertilizantes orgánicos), hecho que puede reducir drásticamente los impactos de estos residuos en el medio ambiente (reducción de vida útil de rellenos sanitarios, desaprovechamiento y pérdida de recursos, emisión de gases de efecto invernadero, etc.). Otro punto a favor de la utilización de esta especie, es su fácil manejo debido a su incapacidad de escalar superficies lisas, no necesita luz solar y su buena adaptación a las condiciones ambientales de la región; sin embargo, en contra aparte a esto, la utilización de esta especie requiere de condiciones tales como una correcta preparación y humedad del residuo dispuesto para garantizar la supervivencia de los especímenes y una buena degradación de los residuos dispuestos, así mismo tiene ciertos aspectos que deben ser tenidos en cuenta como lo es la producción de olores ofensivos y el control o manejo de la especie para evitar escapes.

Existen diversas estrategias de aprovechamiento de los residuos o productos generados por el sistema de degradación, las cuales utilizan principalmente la biomasa de las cucarachas como fuente de proteína animal para alimentación humana y animal. El aprovechamiento de estas proteínas puede resultar benéfico para la cría y mantenimiento de animales de granja dado que representa una alternativa con un gran perfil nutricional que puede permitir una producción de carnes de granjas más sustentable. Respecto a las opciones de alimentación humana también parecen ser prometedoras dado los resultados nutricionales vistos, sin embargo, son una opción con una gran barrera social (los insectos son vistos con disgusto), por lo cual podría presentar problemas para ser aplicada en Colombia.

Capítulo 7. Discusiones

Existen pocos o nulos estudios sobre la especie *S. lateralis* y su capacidad para degradar residuos sólidos orgánicos, aunque autores Espinoza & Zambrano (2020) y Gimenez (2019) han incursionado en el estudio de estos sistemas vivos para la degradación y reducción de residuos orgánicos mediante el uso de la cucaracha roja (*periplaneta america*) el cual es el organismo utilizado en china según expone Suen (2018).

Espinoza & Zambrano (2020) utilizaron 6 mesocosmos (estructuras para la cria de insectos) para evaluar la degradacion por parte de la cucaracha *periplaneta americana* , cada mesocosmo contenia un total de 35 individuos o especimenes los cuales lograron degradar un promedio de 5,33 gramos diarios (valor obtenido de un total de 15 repeticiones) con un consumo diario de 0,15 gramos diarios por individuo como medida promedio, teniendo en cuenta que esta especie tiene una longitud de hasta 4 cm y un peso de mas de 0,6 gramos, por lo que es seguro decir que puede consumir una considerable parte de su peso, evidenciando la viabilidad de este sistema vivo.

En el caso de este proyecto, los especimenes de *S. lateralis* utilizados (ninfas) tienen una medida promedio de degradacion de 0.0253 gramos por individuos (para mezclas aletorias de residuos) y cuenta con una longitud promedio de 2,2 cm y un peso de promedio de 0,130 gramos, por lo que se puede decir que ambas especies en proporcion a su tamaño y peso comen o degradan una considerable parte de su peso, constituyendose como sistemas eficientes. Respecto a la cantidad de muertes, Espinoza & Zambrano (2020) obtuvieron un

total de 6 muertes por la totalidad de 210 individuos en un periodo de 15 días, mientras que en el presente trabajo se registró un total de 17 muertes de 320 individuos durante un periodo de 15 días, la diferencia de esto se establece por el tipo de dietas, mientras que Espinoza & Zambrano (2020) utilizaron dietas ricas en residuos vegetales compuestas por cascaras de papa, de zanahoria, de mango, de naranjilla y de plátano, arroz cocido, fresas, avena, brócoli, papel y cartón (que contienen una buena cantidad de agua), el presente trabajo utilizo dietas de residuos más secos (residuos ricos en proteinas y carbohidratos) que provocaron la mortalidad exhibida.

Gimenez (2019) Utiliza un enfoque similar con la especie de cucaracha *Periplaneta americana,* donde utiliza 9 criaderos de 50 individuos y un total de 16 evaluaciones o repeticiones en las cuales depósito 50 gramos de residuos sólidos orgánicos de cocina de manera inter-diaria por un periodo de un mes. Durante su experimento logro una degradación de 150 a 134 gramos como medida inter-diaria por 450 cucarachas, por lo que se calcula un consumo de 0,17 gramos por animal en un día, siendo similar al del Espinoza & Zambrano (2020). Gimenez (2019) utilizo un solo tipo de dieta en la cual empleó 7200 gramos de residuos sólidos orgánicos de cocina, disminuyendo 5006 gramos , equivalente disminuir más del 50% de la totalidad, esto se compara al presente trabajo en donde también se verifica la degradación y reducción del más del 50% de los residuos dispuestos.

Respecto a las condiciones ambientales, Gimenez (2019) realizó su estudio en la ciudad de Huanuco- Perú, contando con una temperatura promedio de 24 °C, mientras que Espinoza & Zambrano (2020) contaron con una temperatura de 20 °C, factor que pudo alterar en la

actividad y por ende el consumo diario de las cucarachas, pues Gimenez (2019) muestra un valor un poco mas alto de consumo por individuo (0,17 gramos) que Espinoza & Zambrano (2020) (0,15 gramos). Esto concuerda con lo registrado en la presente investigacion, pues las temperaturas más altas registraron valores más altos de consumo, mientras que las más bajas registraron valores bajos de consumo, dando a entender y reafirmando como es que la temperatura puede alterar de manera significativa el consumo de las cucarachas.

Capítulo 8. Recomendaciones

Para futuros proyectos de investigación se recomienda realizar una metodología de adecuación del residuo a utilizar teniendo en cuenta la humedad de este y un proceso de desinfección a través de calor, con el fin de incrementar la degradación, disminuir la mortalidad y evitar la aparición de moho.

Para investigaciones que pretendan utilizar residuos con un alto contenido de humedad, se recomienda no disponer grandes cantidades y mantener durante periodos cortos (menores a 24 horas) el residuo con el fin de evitar la proliferación de mohos.

Se recomienda la investigación en temas relacionados a reproducción y puesta de ootecas en esta especie con el fin de aportar datos que contribuyen a determinar de una mejor manera la viabilidad del uso de esta especie.

Partiendo del punto anterior, se hace necesario el establecimiento de mecanismos que eviten la proliferación excesiva de la especie, para ello pueden optarse por opciones tales como separar machos y hembras una vez sean adultos, utilizar solamente individuos en estadio ninfa (estos no han llegado a la madurez sexual y no se podrán reproducir), destruir periódicamente las ootecas producidas o reducir la cantidad de alimentos brindados, incentivando así el canibalismo de individuos grandes hacia lo individuos más pequeños, controlando así la población.

Es importante investigar las diversas alternativas de aprovechamiento de los productos generados por la degradación, con el fin de complementar de manera integral el sistema de degradación, valorando así alternativas que brinden los mejores resultados y estableciendo las condiciones o factores que permiten aprovechar al máximo productos como la biomasa y las excretas de cucarachas.

Referencias

Alfonso, A. (2016). OBSERVATORIO HAMBRE CERO: EL DISEÑO DE INSTITUCIONES CONTRA LA PÉRDIDA Y EL DESPERDICIO DE ALIMENTOS. *EL DISEÑO DE INSTITUCIONES CONTRA LA PÉRDIDA Y EL DESPERDICIO DE ALIMENTOS*, 5.

Arcela, B. V. (2019). Periplaneta americana y la minimización de los residuos sólidos orgánicos en el distrito de Pucusana, 2019. *UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO*, 55.

Arizpe, P., Torrez, R., & Fernandez, I. (2015). Evaluación del grado de atracción de la cucaracaha americana, Periplaneta americana (L.) por algunos productos alimenticios de uso común. *Artrópodos y Salud*, 5.

Barros, M. (Octubre de 2017). *UNIVERSIDAD DE CANTABRIA-ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN.* Obtenido de RESIDUOS ALIMENTARIOS: ANÁLISIS Y PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE CUANTIFICACIÓN: https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/12195/400959.pdf?sequence=1

Belen, A., & Pedron, C. (2016). *SEGHNP.* Obtenido de CONCEPTOS BÁSICOS: https://www.seghnp.org/sites/default/files/2017-06/conceptos-alimentacion.pdf

Betancur, L. M. (2003). Valor biológico de las cucarachas en el compost. *Universidad Nacional de Colombia.*, 3.

Bueno, P., Diaz, M., & Cabrera. (2008). Factores que afectan al proceso de compostaje. *DIGITAL.CSIC* , 93-109.

Campos, J. (2020). *PRUEBA PRELIMINAR DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA CON HECES DE CUCARACHAS PARA MEDIR EL VIGOR DE PLÁNTULAS DE FRIJOLES EN HUÁNUCO 2019.* Obtenido de http://distancia.udh.edu.pe/handle/123456789/2431

Castrodale, J. (2018). 300 Million Cockroaches Eat Restaurant Waste on This Chinese Farm. *MUNCHIES FOOD BY VICE*, 1.

Cochran, D. (1999). cockroaches their biology, distributed and control . *World Heart Organization Communicable Diseases Prevention and Control (WHOPES)*, 28-30.

Consejo Nacional de Política Económica y social [CONPES]. (2016). Obtenido de POLÍTICA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS: https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3874.pdf

Coto, F. E. (2001). LA LOMBRICULTURA COMO MODELO ALTERNATIVO PARA EL MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DE UNA COMUNIDAD URBANA EN SAN SEBASTIÁN, SAN JOSÉ. *Instituto Tecnológico de Costa Rica*, 86-92.

De Blas, R. (2014). *Infotarantulas.* Obtenido de Cría y Mantenimiento de Cucarachas: http://infotarantulas.com/articulos/cria_y_mantenimiento_de_cucarachas.pdf

Departamento Nacional de Planeación . (Abril de 2016). Obtenido de PÉRDIDA Y DESPERDICIO DE ALIMENTOS EN COLOMBIA Estudio de la Dirección de Seguimiento y Evaluación de Políticas Públicas: https://mrv.dnp.gov.co/Documentos%20de%20Interes/Perdida_y_Desperdicio_de_Alimentos_en_colombia.pdf

Elizondo, I. (2014). Artículo de Educación Continua sobre cucarachas y su importancia en la salud pública. *REVISTA DEL COLEGIO DE MICROBIOLOGOS Y QUIMICOS CLINICOS DE COSTA RICA*, 5.

Espinoza, A., & Zambrano, L. (2020). *EVALUACIÓN EN MESOCOSMOS DE LA DESCOMPOSICIÓNDE RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS MEDIANTE CUCARACHAS AMERICANAS Periplaneta americana (LINNAEUS, 1758) EN LA AMAZONÍA ECUATORIANA.* Obtenido de https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/822

Fallas, J. (2012). *ANÁLISIS DE VARIANZA.* Obtenido de https://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad-2/complementarias/analisis_de_varianza_2012.pdf

FAO. (2013). Obtenido de HUELLA DEL DESPILFARRO DE ALIMENTOS: http://www.fao.org/3/a-ar428s.pdf

FAO. (2013). *La contribución de los insectos.* Obtenido de http://www.fao.org/3/i3264s/i3264s00.pdf

FAO. (2015). Obtenido de Pérdida y desperdicio de alimentos: http://www.fao.org/food-loss-and-food-waste/es/

FAO. (5 de Enero de 2017). *Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible.* Obtenido de Materia orgánica y actividad biológica : https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-104576/1.%20Materia%20org%C3%A1nica%20y%20actividad%20biol%C3%B3gica.pdf

Galante, E., & Angeles, M. (1997). Detritivoros, Coprofagos y Necrofagos. *Sociedad Entomológica Aragonesa*, 57-64.

Gallardo, A. S. (2002). Caracterización y Manejo de Residuos Sólidos en Establecimientos Educacionales Municipalizados de Valparaíso. *PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO*, 5.

García, A. C. (2016). ¿DESECHADOS POR "FEOS"? NUEVA PLATAFORMA EUROPEA CONTRA LAS PÉRDIDAS Y EL DESPERDICIO DE ALIMENTOS1. *Revista CESCO de Derecho de Consumo*, 110-133.

Gaviria, S. (2016). PÉRDIDA Y DESPERDICIO DE ALIMENTOS EN COLOMBIA. *Departamento Nacional de Planeación*, 32.

Gimenez, J. (2019). *CRIANZA DE CUCARACHAS (Periplaneta americana) MEDIANTE RESIDUOS DE COCINA PARA DISMINUIR LA ACUMULACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO 2019.* Obtenido de http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/2433

Gómez, Y. (2018). Propuesta de un sistema de producción de ensilaje como alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos generados en restaurantes. *Universidad Nacional Abierta y a Distancia*, 15.

Guerreo, L., & Cadena, L. (2016). EVALUACIÓN DEL CONTROL BIOLÓGICO DE Periplaneta americana (Blattidae, Linnaeus) POR INGESTIÓN DEL HONGO Metarhizium anisopliae (Clavicipitaceae, Metchnikoff) Y ÁCIDO BÓRICO. *UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS*, 60.

Hadjiconstantis, M. (2020). First record of the Turkestan cockroach (Shelfordella lateralis) from Cyprus and Turkey (Dictyoptera: Blattidae). *ResearchGate*, 3.

Henao, G. J. (2008). APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN COLOMBIA. *UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA*, 108.

HLPE. (2014). *HLPE (High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition).* Obtenido de Las pérdidasy el desperdicio de alimentos en el contexto de sistemas alimentarios sostenibles Un informe del Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria y nutrición: http://www.fao.org/3/a-i3901s.pdf

Jaramillo, G., & Zapata, L. (2008). Obtenido de APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN COLOMBIA : http://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf

Józefiak, A., Kierończyk, B., Rawski, M., Mazurkiewicz, J., Benzertiha, A., Gobbi, P., . . . Józefiak, D. (2018). Full-fat insect meals as feed additive – the effect on broiler. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 131–139 .

Kim, T., & Rust, M. (2013). Life History and Biology of the Invasive Turkestan Cockroach (Dictyoptera: Blattidae). *HOUSEHOLD AND STRUCTURAL INSECTS*, 1.

López, J. C. (2016). Cucarachas de importancia urbana, biología, hábitos y control. *UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO*, 16.

Méndez, A. (2017). "CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DE BIOPOLÍMEROS OBTENIDOS DEL EXOESQUELETO DE LA CACEROLITA DE MAR (LIMULUS POLYPHEMUS)". *CENTRO DE INVESTIGACION CIENTÍFICA DE YUCATÁN A. C.*, 23-24.

Menegon, L., Jantzen, A., Lopes, C., & Sallas, M. (2017). Bread enriched with flour from cinereous cockroach (Nauphoeta cinerea). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 30-35.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2 de Enero de 2017). Obtenido de Guía de Planeación Estratégica para el Manejo de Residuos Sólidos de Pequeños Municipios en Colombia: http://www.minvivienda.gov.co/Documents/Gu%C3%ADa%20de%20Manejo%20de%20Residuos%202017.pdf

Moreno, J. M. (2008). Evaluación de dietas con inclusión de harinas de ninfas de Periplaneta americana para la alimentación de la carpa japonesa. *Bienvenida nuevamente Ciencia Pesquera*, 6.

Novales, L. M. (2018). PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS Y DESECHOS SOLIDOS PRODUCIOS EN EL AREA URBANA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN CHAMELCO ALTA VERAPAZ. *UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA*, 36.

Ochoa , M. (2018). *Gestión integral de residuos: Análisis normativo y herramientas para su implementación.* Bogotá: Universidad del Rosario.

Pedraza, E. M. (2011). Fósiles vivientes: CUCARACHAS. *BioDIVERSITAS*, 6-9.

Peréz, A. (Marzo de 2019). *Valoración nutricional de harinas de cucaracha de Madagascar (Gromphadorhina portentosa) y tenebrios (Tenebrio molitor), para su uso en acuicultura.* Obtenido de http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/11317/1702

Pérez, R., & Rodas, R. (Mayo de 2012). *Elaboración y caracterización de harinas para consumo humano a partir de achetas domesticus y periplanetas americanas.* Obtenido de

http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3430/PerezParedes_R%20-%20RodasSanchez_R.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ponce, G. (2005). CUCARACHAS: BIOLOGÍA E IMPORTANCIA EN SALUD PÚBLICA. *Respyn: Revista Salud Pública y Nútrición*, 1.

Prescal. (23 de marzo de 2004). *Manipulación de Alimentos (manual común).* Obtenido de http://www.juntadeandalucia.es/empleo/recursos2/material_didactico/especialidades/materialdidactico_manipulacion_alimentos/PDF/Manual_Comun.pdf

Proteinsecta. (2020). Granja de insectos. *proteinsecta*, 1.

Ramiréz, N. (2009). *PLAN DE NEGOCIOS PARA LA CREACIÓN DE UNA EMPRESA PRODUCTORA Y DISTRIBUIDORA DE PRODUCTOS BASADOS EN INSECTOS APTOS PARA EL CONSUMO HUMANO.* Obtenido de https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/9236/tesis324.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rivera, N. L. (2009). PROPUESTA DE UN PROGRAMA PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS EN LA PLAZA DE MERCADO DE CERETE – CORDOBA. *UNIVERSIDAD PONTIFICIA JAVERIANA*, 45.

RIVERA, N. L. (2009). PROPUESTA DE UN PROGRAMA PARA EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS EN LA PLAZA DE MERCADO DE CERETE – CORDOBA . *UNIVERSIDAD PONTIFICIA JAVERIANA* , 45.

Suen, T. (2018). Negocio de errores: cucarachas acorraladas por millones en China para destruir los desechos. *REUTERS*, 1.

Talgi, Y. A. (2016). DETERMINACIÓN DE LA PRESENCIA DE OOQUISTES DE Toxoplasma gondii EN CUCARACHAS Periplaneta americana QUE HABITAN EN EL

MERCADO COLÓN DE. *UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA ESCUELA DE MEDICINA VETERINARIA*, 18-19.

Tortosa, G. (28 de Abril de 2013). *COMPOSTANDO CIENCIA LAB*. Obtenido de Factores que influyen en el proceso de compostaje: http://www.compostandociencia.com/2013/04/factores-influyen-compostaje-html/

UniProt. (2020). *Taxonomy - Shelfordella lateralis (Turkestan cockroach) (Blatta lateralis)*. Obtenido de https://www.uniprot.org/taxonomy/36981

Valverde, T., Meave, J., Carabias, J., & Cano, Z. (2005). *Ecología y medio ambiente.* Mexico: Pearson Educación.

Winkie, L. (2019). ESTAS PERSONAS GANAN MILES AL MES VENDIENDO CUCARACHAS VIVAS EN EBAY. *MUCHIES FOOD BY VICE*, 1.

Apéndices

Apéndice A. Registro fotográfico de recolección y preparación de los residuos




PROTEINAS
MEZCLADO
FRUTAS
Y
VERDURAS
CARBOHIDRATOS
Cuante
Médico
MEZCLADO
Frutas y
Verduras
CARBOHIDRATOS
PROTEINAS
alcopy
22.8°
64.9°

Apéndice B. Registro fotográfico Desarrollo Fase experimental






36
38


4.2
4.4
4.6
4.8










GoldenWrap
40
TEMPERATURE
27.9°
27.8°
10:16
61
CLOCK / HUMIDITY
HTC-2

Apéndice C. Formatos de registro de datos

Universidad Francisco de Paula Santander
Ocaña - Colombia
Vigilada Mineducación
NIT. 800 163 130 - 0

No. Recipiente	Tratamiento	Repetición N° 1 (02/10/2020 - 04/10/2020)			
		Peso Inicial del residuo	Peso final del residuo	Peso excremento	Registro de muertes
1.1	Carbohidratos	1.005	0.374	0,012	0
1.2	Carbohidratos	1.00	0.420	0,013	0
1.3	Carbohidratos	1.00	0.377	0,03	0
1.4	Carbohidratos	1.015	0.276	0,021	0
1.5	Carbohidratos	1.018	0.382	0,009	0
1.6	Carbohidratos	1.003	0.371	0,01	0
1.7	Carbohidratos	1.014	0.256	0,005	0
1.8	Carbohidratos	1.015	0.469	0,042	0
2.1	Proteínas	1,013	0.263	0,012	0
2.2	Proteínas	1.047	0.351	0,009	1
2.3	Proteínas	1.032	0.306	0,023	0
2.4	Proteínas	1.00	0.329	0,006	1
2.5	Proteínas	1,011	0.228	0,023	0
2.6	Proteínas	1.036	0.326	0,006	0
2.7	Proteínas	1.043	0.298	0,004	0
2.8	Proteínas	1,026	0.331	0,01	0
3.1	Frutas y verduras	1	0.206	0,0030	0
3.2	Frutas y verduras	1.041	0.176	0,0290	0
3.3	Frutas y verduras	1.024	0.170	0,0040	0
3.4	Frutas y verduras	1,005	0.123	0,0130	0
3.5	Frutas y verduras	1.018	0.076	0,0100	0
3.6	Frutas y verduras	1.031	0.228	0,0070	0
3.7	Frutas y verduras	1.022	0.180	0,0110	0
3.8	Frutas y verduras	1.046	0.089	0,0140	0
4.1	Mezclado	1.032	0.280	0,0050	0
4.2	Mezclado	1.008	0.194	0,0020	0
4.3	Mezclado	1	0.241	0,0100	0
4.4	Mezclado	1.020	0.283	0,0170	2
4.5	Mezclado	1.044	0.232	0,0190	0
4.6	Mezclado	1.012	0.257	0,0010	0
4.7	Mezclado	1,012	0.233	0,0060	0
4.8	Mezclado	1.017	0.310	0,0180	0

CONDICIONES AMBIENTALES			
Fechas	**Hora**	**Temperatura (°C)**	**Humedad (%)**
2/10/2020	08:00 a.m.	22,4	79
	01:00 p.m.	31,3	52
	11:00 p.m.	23,5	71
3/10/2020	08:00 a.m.	28,8	59
	01:00 p.m.	23,6	63
	11:00 p.m.	22,5	75
4/10/2020	08:00 a.m.	27,9	61
	01:00 p.m.	24,9	52
	11:00 p.m.	24	73

ISO 9001 icontec SC-CER102673
Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104
info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

Universidad Francisco de Paula Santander
Ocaña - Colombia
Vigilada Mineducación
NIT. 800 163 130 - 0

No. Recipiente	Tratamiento	Repetición N° 2 (05/10/2020 - 07/10/2020)			
		Peso Inicial del residuo	Peso final del residuo	Peso excremento	Registro de muertes
1.1	Carbohidratos	1.001	0.324	0,03	0
1.2	Carbohidratos	1.06	0,407	0,009	0
1.3	Carbohidratos	1.010	0.376	0,072	0
1.4	Carbohidratos	1.008	0.372	0,031	0
1.5	Carbohidratos	1.020	0.448	0,045	1
1.6	Carbohidratos	1.010	0.299	0,033	0
1.7	Carbohidratos	1.008	0.346	0,013	0
1.8	Carbohidratos	1.011	0.373	0,094	1
2.1	Proteínas	1.009	0.216	0,024	0
2.2	Proteínas	1.024	0.249	0,031	0
2.3	Proteínas	1.016	0.209	0,049	0
2.4	Proteínas	1.010	0.270	0,03	0
2.5	Proteínas	1.005	0.281	0,026	0
2.6	Proteínas	1.032	0.277	0,025	0
2.7	Proteínas	1.009	0.270	0,039	0
2.8	Proteínas	1.013	0.281	0,146	1
3.1	Frutas y verduras	1.005	0.160	0,0180	0
3.2	Frutas y verduras	1.026	0.053	0,1120	0
3.3	Frutas y verduras	1.013	0.105	0,0980	0
3.4	Frutas y verduras	1.000	0.093	0,0910	0
3.5	Frutas y verduras	1.007	0.046	0,1190	0
3.6	Frutas y verduras	1.027	0.140	0,0550	0
3.7	Frutas y verduras	1.012	0.107	0,1140	0
3.8	Frutas y verduras	1.028	0.030	0,1070	0
4.1	Mezclado	1.004	0.223	0,0520	0
4.2	Mezclado	1.003	0.192	0,0560	0
4.3	Mezclado	1.012	0.183	0,0680	0
4.4	Mezclado	1.000	0.156	0,0620	0
4.5	Mezclado	1.017	0.145	0,0510	0
4.6	Mezclado	1.015	0.205	0,0620	0
4.7	Mezclado	1.009	0.204	0,0540	0
4.8	Mezclado	1.006	0.234	0,0370	0

CONDICIONES AMBIENTALES			
Fechas	**Hora**	**Temperatura (°C)**	**Humedad (%)**
5/10/2020	08:00 a.m.	23,4	75
	01:00 p.m.	31,2	52
	11:00 p.m.	23,5	72
6/10/2020	08:00 a.m.	23,2	75
	01:00 p.m.	27,3	58
	11:00 p.m.	23,3	74
7/10/2020	08:00 a.m.	22,1	78
	01:00 p.m.	30,2	53
	11:00 p.m.	23,9	73

Universidad Francisco de Paula Santander
Ocaña - Colombia
Vigilada Mineducación
NIT. 800 163 130 - 0

No. Recipiente	Tratamiento	Repetición N° 3 (08/10/2020 - 10/10/2020)			
		Peso Inicial del residuo	Peso final del residuo	Peso excremento	Registro de muertes
1.1	Carbohidratos	1.019	0.433	0,005	0
1.2	Carbohidratos	1.012	0.519	0,002	0
1.3	Carbohidratos	1.003	0.480	0,239	1
1.4	Carbohidratos	1.004	0.463	0,102	1
1.5	Carbohidratos	1.010	0.467	0,022	0
1.6	Carbohidratos	1.017	0.629	0,006	0
1.7	Carbohidratos	1.006	0.597	0,016	0
1.8	Carbohidratos	1.006	0.481	0,012	0
2.1	Proteínas	1.012	0.251	0,158	1
2.2	Proteínas	1.030	0.229	0,003	0
2.3	Proteínas	1.017	0.309	0,007	0
2.4	Proteínas	1.016	0.241	0,018	0
2.5	Proteínas	1.014	0.267	0,016	0
2.6	Proteínas	1.025	0.268	0,042	0
2.7	Proteínas	1.007	0.248	0,011	0
2.8	Proteínas	1.010	0.285	0,017	0
3.1	Frutas y verduras	1.012	0.211	0,0980	0
3.2	Frutas y verduras	1.023	0.073	0,0710	0
3.3	Frutas y verduras	1.011	0.131	0,0720	0
3.4	Frutas y verduras	1.018	0.117	0,0530	0
3.5	Frutas y verduras	1.028	0.098	0,0750	0
3.6	Frutas y verduras	1.011	0.149	0,1380	1
3.7	Frutas y verduras	1.004	0.124	0,0470	0
3.8	Frutas y verduras	1.016	0.078	0,0750	0
4.1	Mezclado	1.005	0.232	0,3540	1
4.2	Mezclado	1.013	0.246	0,0320	0
4.3	Mezclado	1.006	0.219	0,0440	0
4.4	Mezclado	1.036	0.170	0,0580	0
4.5	Mezclado	1.026	0.213	0,0400	0
4.6	Mezclado	1.031	0.184	0,0440	0
4.7	Mezclado	1.019	0.274	0,0270	0
4.8	Mezclado	1.001	0.236	0,0420	0

CONDICIONES AMBIENTALES			
Fechas	**Hora**	**Temperatura (°C)**	**Humedad (%)**
8/10/2020	08:00 a.m.,	22,4	76
	01:00 p.m.,	30,7	49
	11:00 p.m.,	23,1	71
9/10/2020	08:00 a.m.,	22,9	74
	01:00 p.m.,	30,9	45
	11:00 p.m.,	23,4	73
10/10/2020	08:00 a.m.,	22,8	73
	01:00 p.m.,	27,6	60
	11:00 p.m.,	22,4	72

Universidad Francisco de Paula Santander
Ocaña - Colombia
Vigilada Mineducación
NIT. 800 163 130 - 0

No. Recipiente	Tratamiento	Repetición N° 4 (11/10/2020 - 13/10/2020)			
		Peso Inicial del residuo	Peso final del residuo	Peso excremento	Registro de muertes
1.1	Carbohidratos	1.014	0.495	0,004	0
1.2	Carbohidratos	1.009	0.531	0,002	0
1.3	Carbohidratos	1.006	0.449	0,005	0
1.4	Carbohidratos	1.013	0.442	0,007	0
1.5	Carbohidratos	1.006	0.255	0,011	0
1.6	Carbohidratos	1.009	0.484	0,009	0
1.7	Carbohidratos	1.011	0.458	0,027	0
1.8	Carbohidratos	1.001	0.441	0,013	0
2.1	Proteínas	1.024	0.223	0,041	0
2.2	Proteínas	1.022	0.254	0,034	0
2.3	Proteínas	1.013	0.294	0,021	0
2.4	Proteínas	1.015	0.272	0,026	0
2.5	Proteínas	1.025	0.318	0,014	0
2.6	Proteínas	1.013	0.289	0,033	1
2.7	Proteínas	1.002	0.285	0,005	0
2.8	Proteínas	1.030	0.271	0,318	1
3.1	Frutas y verduras	1.007	0.197	0,0270	0
3.2	Frutas y verduras	1.004	0.111	0,0280	0
3.3	Frutas y verduras	1.015	0.147	0,0370	0
3.4	Frutas y verduras	1.019	0.182	0,0340	0
3.5	Frutas y verduras	1.036	0.138	0,0490	0
3.6	Frutas y verduras	1.008	0.251	0,1830	1
3.7	Frutas y verduras	1.014	0.227	0,0280	0
3.8	Frutas y verduras	1.021	0.119	0,0390	0
4.1	Mezclado	1.002	0.269	0,0060	0
4.2	Mezclado	1.031	0.307	0,0160	0
4.3	Mezclado	1.014	0.273	0,0070	0
4.4	Mezclado	1.016	0.216	0,0470	0
4.5	Mezclado	1.041	0.254	0,0290	0
4.6	Mezclado	1.024	0.233	0,0150	0
4.7	Mezclado	1.033	0.267	0,0240	0
4.8	Mezclado	1.005	0.246	0,0170	0

CONDICIONES AMBIENTALES			
Fechas	**Hora**	**Temperatura (°C)**	**Humedad (%)**
11/10/2020	08:00 a.m.,	27,2	62
	01:00 p.m.,	27,3	60
	11:00 p.m.,	22,9	78
12/10/2020	08:00 a.m.,	23,3	73
	01:00 p.m.,	29	52
	11:00 p.m.,	22,6	82
13/10/2020	08:00 a.m.,	21,1	83
	01:00 p.m.,	29,2	54
	11:00 p.m.,	22,4	73

Universidad Francisco de Paula Santander
Ocaña - Colombia
Vigilada Mineducación
NIT. 800 163 130 - 0

No. Recipiente	Tratamiento	Repetición N° 5 (14/10/2020 - 16/10/2020)			
		Peso Inicial del residuo	Peso final del residuo	Peso excremento	Registro de muertes
1.1	Carbohidratos	1.003	0.504	0,007	0
1.2	Carbohidratos	1.007	0.497	0,019	0
1.3	Carbohidratos	1.003	0.507	0,024	0
1.4	Carbohidratos	1.004	0.482	0,02	0
1.5	Carbohidratos	1.001	0.420	0,045	0
1.6	Carbohidratos	1.017	0.479	0,032	0
1.7	Carbohidratos	1.004	0.507	0,022	0
1.8	Carbohidratos	1.003	0.514	0,032	0
2.1	Proteínas	1.029	0.307	0,039	0
2.2	Proteínas	1.020	0.260	0,037	0
2.3	Proteínas	1.028	0.328	0,009	0
2.4	Proteínas	1.007	0.270	0,031	0
2.5	Proteínas	1.014	0.333	0,034	0
2.6	Proteínas	1.026	0.307	0,023	0
2.7	Proteínas	1.009	0.297	0,035	0
2.8	Proteínas	1.024	0.259	0,051	0
3.1	Frutas y verduras	1.022	0.224	0,0430	0
3.2	Frutas y verduras	1.032	0.153	0,0430	0
3.3	Frutas y verduras	1.010	0.233	0,0360	0
3.4	Frutas y verduras	1.002	0.176	0,0440	0
3.5	Frutas y verduras	1.026	0.208	0,0270	0
3.6	Frutas y verduras	1.022	0.251	0,4110	2
3.7	Frutas y verduras	1.035	0.225	0,0210	0
3.8	Frutas y verduras	1.00	0.190	0,0650	0
4.1	Mezclado	1.024	0.296	0,0760	0
4.2	Mezclado	1.027	0.329	0,0170	0
4.3	Mezclado	1.026	0.313	0,0570	0
4.4	Mezclado	1.025	0.283	0,0380	0
4.5	Mezclado	1.024	0.306	0,0320	0
4.6	Mezclado	1.013	0.273	0,0560	0
4.7	Mezclado	1.022	0.237	0,0510	0
4.8	Mezclado	1.002	0.311	0,0640	0

CONDICIONES AMBIENTALES			
Fechas	**Hora**	**Temperatura (°C)**	**Humedad (%)**
14/10/2020	08:00 a.m.,	21,6	79
	01:00 p.m.,	25,4	75
	11:00 p.m.,	21,8	82
15/10/2020	08:00 a.m.,	21,8	81
	01:00 p.m.,	29,3	56
	11:00 p.m.,	22,3	77
16/10/2020	08:00 a.m.,	21,8	82
	01:00 p.m.,	28,7	54
	11:00 p.m.,	23,3	74

No. Recipiente	Tratamiento	Repetición N° 6 (17/10/2020 - 19/10/2020)			
		Peso Inicial del residuo	Peso final del residuo	Peso excremento	Registro de muertes
1.1	Carbohidratos	1.005	0.510	0,013	0
1.2	Carbohidratos	1.010	0.528	0,009	0
1.3	Carbohidratos	1.011	0.494	0,011	0
1.4	Carbohidratos	1.012	0.524	0,008	0
1.5	Carbohidratos	1.011	0.498	0,032	0
1.6	Carbohidratos	1.018	0.532	0,007	0
1.7	Carbohidratos	1.004	0.489	0,029	0
1.8	Carbohidratos	1.012	0.509	0,034	0
2.1	Proteínas	1.001	0.314	0,025	0
2.2	Proteínas	1.024	0.299	0,037	0
2.3	Proteínas	1.015	0.314	0,015	0
2.4	Proteínas	1.007	0.339	0,017	0
2.5	Proteínas	1.027	0.325	0,009	0
2.6	Proteínas	1.013	0.261	0,028	0
2.7	Proteínas	1.013	0.321	0,023	1
2.8	Proteínas	1.010	0.303	0,04	0
3.1	Frutas y verduras	1.026	0.219	0,0370	0
3.2	Frutas y verduras	1.002	0.194	0,0240	0
3.3	Frutas y verduras	1.013	0.161	0,0420	0
3.4	Frutas y verduras	1.020	0.211	0,0510	0
3.5	Frutas y verduras	1.002	0.177	0,0860	0
3.6	Frutas y verduras	1.006	0.244	0,0440	0
3.7	Frutas y verduras	1.011	0.263	0,0720	0
3.8	Frutas y verduras	1.001	0.243	0,0460	0
4.1	Mezclado	1.029	0.293	0,0320	0
4.2	Mezclado	1.031	0.315	0,0290	0
4.3	Mezclado	1.025	0.303	0,0210	0
4.4	Mezclado	1.026	0.299	0,0310	0
4.5	Mezclado	1.019	0.298	0,0250	0
4.6	Mezclado	1.004	0.300	0,0160	0
4.7	Mezclado	1.016	0.236	0,0470	0
4.8	Mezclado	1.006	0.322	0,0160	0

CONDICIONES AMBIENTALES			
Fechas	**Hora**	**Temperatura (°C)**	**Humedad (%)**
17/10/2020	08:00 a.m.,	26,8	62
	01:00 p.m.,	31,2	51
	11:00 p.m.,	22,7	80
18/10/2020	08:00 a.m.,	26,1	71
	01:00 p.m.,	29,5	53
	11:00 p.m.,	23,9	74
19/10/2020	08:00 a.m.,	21,4	81
	01:00 p.m.,	27,2	59
	11:00 p.m.,	22,6	67

No. Recipiente	Tratamiento	Repetición N° 7 (20/10/2020 - 22/10/2020)			
		Peso Inicial del residuo	Peso final del residuo	Peso excremento	Registro de muertes
1.1	Carbohidratos	1.003	0.198	0,092	1
1.2	Carbohidratos	1.014	0.306	0,014	0
1.3	Carbohidratos	1.021	0.253	0,024	0
1.4	Carbohidratos	1.006	0.226	0,021	0
1.5	Carbohidratos	1.012	0.224	0,031	0
1.6	Carbohidratos	1.019	0.255	0,019	0
1.7	Carbohidratos	1.007	0.193	0,028	0
1.8	Carbohidratos	1.020	0.228	0,019	0
2.1	Proteínas	1.027	0.318	0,373	2
2.2	Proteínas	1.021	0.334	0,027	0
2.3	Proteínas	1.021	0.323	0,012	1
2.4	Proteínas	1.013	0.374	0,026	1
2.5	Proteínas	1.002	0.348	0,008	0
2.6	Proteínas	1.019	0.365	0,028	0
2.7	Proteínas	1.007	0.328	0,021	0
2.8	Proteínas	1.036	0.306	0,034	0
3.1	Frutas y verduras	1.031	0.235	0,0430	0
3.2	Frutas y verduras	1.032	0.289	0,0380	0
3.3	Frutas y verduras	1.021	0.304	0,0410	0
3.4	Frutas y verduras	1.032	0.235	0,0320	0
3.5	Frutas y verduras	1.027	0.301	0,0330	0
3.6	Frutas y verduras	1.032	0.302	0,0470	0
3.7	Frutas y verduras	1.026	0.343	0,0260	0
3.8	Frutas y verduras	1.020	0.242	0,0290	0
4.1	Mezclado	1.024	0.243	0,0460	0
4.2	Mezclado	1.006	0.310	0,0180	0
4.3	Mezclado	1	0.194	0,0780	0
4.4	Mezclado	1.029	0.277	0,0250	0
4.5	Mezclado	1.015	0.271	0,1430	1
4.6	Mezclado	1.027	0.287	0,0250	0
4.7	Mezclado	1.018	0.241	0,0250	0
4.8	Mezclado	1.026	0.304	0,0200	0

CONDICIONES AMBIENTALES			
Fechas	**Hora**	**Temperatura (°C)**	**Humedad (%)**
20/10/2020	08:00 a.m.,	21,8	74
	01:00 p.m.,	29,7	61
	11:00 p.m.,	23,3	75
21/10/2020	08:00 a.m.,	22,6	76
	01:00 p.m.,	31,4	55
	11:00 p.m.,	22,7	72
22/10/2020	08:00 a.m.,	23,5	75
	01:00 p.m.,	33,7	48
	11:00 p.m.,	24,9	72

Universidad Francisco de Paula Santander
Ocaña - Colombia
Vigilada Mineducación
NIT. 800 163 130 - 0

No. Recipiente	Tratamiento	Repetición N° 8 (23/10/2020 - 25/10/2020)			
		Peso Inicial del residuo	Peso final del residuo	Peso excremento	Registro de muertes
1.1	Carbohidratos	1.003	0.282	0,028	0
1.2	Carbohidratos	1.025	0.301	0,04	0
1.3	Carbohidratos	1.014	0.255	0,035	0
1.4	Carbohidratos	1.002	0.238	0,031	0
1.5	Carbohidratos	1.038	0.189	0,019	0
1.6	Carbohidratos	1.001	0.246	0,023	0
1.7	Carbohidratos	1.006	0.237	0,013	0
1.8	Carbohidratos	1.036	0.225	0,028	0
2.1	Proteínas	1.026	0.330	0,067	0
2.2	Proteínas	1.025	0.392	0,008	0
2.3	Proteínas	1.006	0.366	0,03	0
2.4	Proteínas	1.036	0.398	0,029	0
2.5	Proteínas	1.016	0.407	0,011	0
2.6	Proteínas	1.007	0.367	0,012	0
2.7	Proteínas	1.025	0.371	0,019	0
2.8	Proteínas	1.005	0.338	0,033	0
3.1	Frutas y verduras	1.038	0.249	0,0220	0
3.2	Frutas y verduras	1.014	0.290	0,0130	0
3.3	Frutas y verduras	1.039	0.352	0,0250	0
3.4	Frutas y verduras	1.020	0.234	0,0290	0
3.5	Frutas y verduras	1.003	0.283	0,0200	0
3.6	Frutas y verduras	1.014	0.292	0,1420	1
3.7	Frutas y verduras	1.026	0.337	0,0230	0
3.8	Frutas y verduras	1.025	0.287	0,0260	0
4.1	Mezclado	1.026	0.241	0,0170	0
4.2	Mezclado	1.020	0.228	0,0320	0
4.3	Mezclado	1.018	0.235	0,0250	0
4.4	Mezclado	1.032	0.298	0,0210	0
4.5	Mezclado	1.031	0.258	0,0420	0
4.6	Mezclado	1.036	0.266	0,0330	0
4.7	Mezclado	1.020	0.235	0,0340	0
4.8	Mezclado	1	0.317	0,0150	0

CONDICIONES AMBIENTALES			
Fechas	**Hora**	**Temperatura (°C)**	**Humedad (%)**
23/10/2020	08:00 a.m.,	23,8	72
	01:00 p.m.,	30,3	59
	11:00 p.m.,	23,4	78
24/10/2020	08:00 a.m.,	22,5	79
	01:00 p.m.,	29,7	62
	11:00 p.m.,	23,4	74
25/10/2020	08:00 a.m.,	24,1	71
	01:00 p.m.,	28,4	60
	11:00 p.m.,	22,7	74

No. Recipiente	Tratamiento	Repetición N° 9 (26/10/2020 - 28/10/2020)			
		Peso Inicial del residuo	Peso final del residuo	Peso excremento	Registro de muertes
1.1	Carbohidratos	1.015	0.229	0,011	0
1.2	Carbohidratos	1.022	0.323	0,1	1
1.3	Carbohidratos	1.002	0.313	0,024	0
1.4	Carbohidratos	1.005	0.265	0,038	0
1.5	Carbohidratos	1.010	0.224	0,046	0
1.6	Carbohidratos	1.019	0.248	0,016	0
1.7	Carbohidratos	1.028	0.300	0,019	0
1.8	Carbohidratos	1.040	0.237	0,022	0
2.1	Proteínas	1.027	0.317	0,052	0
2.2	Proteínas	1.025	0.369	0,02	0
2.3	Proteínas	1.035	0.381	0,019	0
2.4	Proteínas	1.016	0.366	0,146	1
2.5	Proteínas	1.023	0.411	0,215	1
2.6	Proteínas	1.014	0.374	0,009	0
2.7	Proteínas	1.039	0.406	0,013	0
2.8	Proteínas	1.017	0.362	0,013	0
3.1	Frutas y verduras	1.014	0.257	0,0210	0
3.2	Frutas y verduras	1.007	0.318	0,0130	0
3.3	Frutas y verduras	1.018	0.290	0,0170	0
3.4	Frutas y verduras	1.024	0.130	0,1440	0
3.5	Frutas y verduras	1.028	0.288	0,0180	0
3.6	Frutas y verduras	1.012	0.308	0,0180	0
3.7	Frutas y verduras	1.016	0.285	0,0190	0
3.8	Frutas y verduras	1.006	0.294	0,0120	0
4.1	Mezclado	1.025	0.253	0,3360	1
4.2	Mezclado	1.035	0.292	0,0200	0
4.3	Mezclado	1.022	0.300	0,0150	0
4.4	Mezclado	1.012	0.284	0,0720	0
4.5	Mezclado	1.027	0.238	0,0220	0
4.6	Mezclado	1.006	0.228	0,0310	0
4.7	Mezclado	1.003	0.264	0,0270	0
4.8	Mezclado	1.034	0.329	0,0190	0

CONDICIONES AMBIENTALES			
Fechas	**Hora**	**Temperatura (°C)**	**Humedad (%)**
26/10/2020	08:00 a.m.,	22,5	80
	01:00 p.m.,	26,3	72
	11:00 p.m.,	22,6	76
27/10/2020	08:00 a.m.,	21,3	83
	01:00 p.m.,	25,4	68
	11:00 p.m.,	21	77
28/10/2020	08:00 a.m.,	21,1	84
	01:00 p.m.,	25,3	67
	11:00 p.m.,	21,6	75

No. Recipiente	Tratamiento	Repetición N° 10 (29/10/2020 - 31/10/2020)			
		Peso Inicial del residuo	Peso final del residuo	Peso excremento	Registro de muertes
1.1	Carbohidratos	1.034	0.263	0,017	0
1.2	Carbohidratos	1.035	0.355	0,131	2
1.3	Carbohidratos	1.007	0.364	0,009	0
1.4	Carbohidratos	1.034	0.366	0,011	0
1.5	Carbohidratos	1.011	0.341	0,013	0
1.6	Carbohidratos	1.016	0.344	0,009	0
1.7	Carbohidratos	1.039	0.358	0,011	0
1.8	Carbohidratos	1.023	0.372	0,014	0
2.1	Proteínas	1.020	0.372	0,02	0
2.2	Proteínas	1.002	0.338	0,015	0
2.3	Proteínas	1.006	0.386	0,008	0
2.4	Proteínas	1.031	0.361	0,027	0
2.5	Proteínas	1.008	0.355	0,034	0
2.6	Proteínas	1.044	0.398	0,017	0
2.7	Proteínas	1.016	0.396	0,007	0
2.8	Proteínas	1.023	0.379	0,016	0
3.1	Frutas y verduras	1.007	0.298	0,0170	0
3.2	Frutas y verduras	1.018	0.368	0,0070	0
3.3	Frutas y verduras	1.023	0.297	0,0310	0
3.4	Frutas y verduras	1.022	0.280	0,0250	0
3.5	Frutas y verduras	1.009	0.314	0,0180	0
3.6	Frutas y verduras	1.004	0.325	0,0170	0
3.7	Frutas y verduras	1.033	0.306	0,0200	0
3.8	Frutas y verduras	1.015	0.321	0,0290	0
4.1	Mezclado	1.021	0.265	0,0420	0
4.2	Mezclado	1.021	0.310	0,0310	0
4.3	Mezclado	1.033	0.329	0,0170	0
4.4	Mezclado	1.033	0.325	0,0320	0
4.5	Mezclado	1.008	0.250	0,0310	0
4.6	Mezclado	1.020	0.265	0,0240	0
4.7	Mezclado	1.039	0.269	0,0450	0
4.8	Mezclado	1.036	0.309	0,0300	0

CONDICIONES AMBIENTALES			
Fechas	**Hora**	**Temperatura (°C)**	**Humedad (%)**
29/10/2020	08:00 a.m.,	21,1	78
	01:00 p.m.,	24,3	71
	11:00 p.m.,	21,8	83
30/10/2020	08:00 a.m.,	21,3	82
	01:00 p.m.,	25,3	72
	11:00 p.m.,	20,9	75
31/10/2020	08:00 a.m.,	27,1	64
	01:00 p.m.,	24,7	70
	11:00 p.m.,	22,4	78