

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



“CAPACIDAD BIODEGRADATIVA DE LA CUCARACHA *Periplaneta americana* (Linnaeus, 1758) SOBRE LA BOLSA PLÁSTICA Y EL FILM PARA LA ELABORACIÓN DE ABONO”

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

JIMMY MAXIMO RIVAS SANCHEZ

2020



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 004-2021-FRNR-UNAS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 30 de Noviembre del 2020, a horas 11:00 a.m. en la Sala virtual Microsoft Teams de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental para calificar la Tesis titulada:

“CAPACIDAD BIODEGRADATIVA DE LA CUCARACHA *Periplaneta americana* (Linnaeus, 1758) SOBRE LA BOLSA PLÁSTICA Y EL FILM PARA LA ELABORACIÓN DE ABONO”

Presentado por el Bachiller: **RIVAS SANCHEZ Jimmy Maximo**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara **APROBADA** con el calificativo de **“EXCELENTE”**

En consecuencia, el sustentante queda apto para optar el Título de **INGENIERO AMBIENTAL**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para el otorgamiento del Título correspondiente.

Tingo María, 08 de Febrero de 2021

Dr. CÉSAR SAMUEL LÓPEZ LÓPEZ

Ing. M. Sc VICTOR MANUEL BETETA ALVARADO
MIEMBRO



Blgo. M. Sc. MARGARITA ALCEDO ROMERO
MIEMBRO

Blgo. M. Sc. JOSÉ LUIS GIL BACILIO
ASESOR


Ing. M. Sc FRANKLIN DIONISIO MONTALVO
ASESOR

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL



“CAPACIDAD BIODEGRADATIVA DE LA CUCARACHA *Periplaneta americana* (Linnaeus, 1758) SOBRE LA BOLSA PLASTICA Y EL FILM PARA LA ELABORACIÓN DE ABONO”

Autor : Rivas Sanchez, Jimmy Maximo

Asesor : Blgo. MSc. Gil Bacilio, Jose Luis 

Coasesor : Ing. MSc. Dionisio Montalvo, Franklin

Programa de investigación : Tecnologías limpias

Línea de investigación : Ciencia y Tecnologías Ambientales

Eje temático de Investigación : Manejo de los residuos sólidos

Lugar de ejecución : Laboratorio de Microbiología – Universidad Nacional Agraria de la Selva

Duración : 8 meses

Financiamiento : S/ 3500

Propio : Si

Tingo María – Perú

2019

DEDICATORIA

A Dios.

Por darme vida, salud y la sabiduría a lo largo del estudio de Ingeniería Ambiental.

A mis maestros.

Por el tiempo y esfuerzo que dedicaron a compartir sus conocimientos y experiencias, sin su instrucción profesional no habría llegado a este nivel.

A mi madre.

Que sin ella no hubiera logrado una meta tan importante en mi vida profesional. Mamá, gracias por estar siempre a mi lado en esta etapa de pre grado, tu apoyo incondicional y entusiasmo que siempre me brindaste para seguir adelante en mis propósitos.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial consideración a la Facultad de Recursos Naturales Renovables – Escuela profesional de Ingeniería Ambiental, que contribuyó en mi formación de pregrado.

A mi asesor de tesis el Blgo. MSc. Gil Bacilio, Jose Luis, docente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por su apoyo desinteresado, valiosas sugerencias, acertados aportes brindados y supervisión durante el desarrollo de la investigación.

A mi coasesor de tesis el Ing. MSc. Dionisio Montalvo, franklin, docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por su revisión y aporte académico en el proyecto, ejecución y culminación del trabajo de investigación.

A miembros integrantes del jurado de tesis: Dr. César López López, Ing. M. Sc. Víctor Manuel Beteta Alvarado y la Blga. M. Sc. Margarita Alcedo Romero por su apoyo, comprensión y sugerencias ofrecidos en la investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	2
1.1.1. General.....	2
1.1.2. Específicos	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Realidad problemática	4
2.2. Trabajos previos	6
2.3. Teoría relacionada al tema	11
2.3.1. Los plásticos.....	11
2.3.2. LDPE - Polietileno de baja densidad.....	21
2.3.3. Las cucarachas	25
2.3.4. Abonos orgánicos.....	32
III. MATERIALES Y METODOS.....	33
3.1. Especificación del sector de investigación	33
3.1.1. Espacio de realización.....	33
3.2. Materiales y equipos	33
3.2.1. Elementos biológicos.....	33
3.2.2. Campo.....	33
3.2.3. Gabinete.....	33

3.3. Metodología	34
3.3.1. Etapa de pre campo	34
3.3.2. Etapa de campo	35
3.3.3. Etapa de gabinete	36
3.3.4. Diseño de investigación.....	42
IV. RESULTADOS	45
4.1. Capacidad biodegradativa de la cucaracha	45
4.1.1. Tratamiento con bolsa plástica	45
4.1.2. Tratamiento con film	49
4.2. Microorganismos del tracto digestivo de la cucaracha	52
4.3. Abono orgánico.....	53
4.3.1. Pérdida de peso de la cucaracha	53
4.3.2. Excreta producida.....	59
V. DISCUSIÓN	63
5.1. Capacidad biodegradativa de la cucaracha	63
5.1.1. Cuantitativo	63
5.1.2. Cualitativo.....	64
5.2. Microorganismos del tracto digestivo de la cucaracha	64
5.3. Abono orgánico.....	65
5.3.1. Micronutrientes	65
5.3.2. Macronutrientes.....	68

5.3.3. Parámetros físicos y químicos	70
VII. RECOMENDACIONES.....	74
IX. ANEXOS	89

ÍNDICE DE CUADRO

Cuadro	Página
1. Microorganismos que degradan el polietileno de baja densidad.	24
2. Clasificación taxonómica de la Periplaneta americana.....	29
3. Parámetros fisicoquímicos del compost y humus de lombriz	32
4. Variables (independientes y dependientes).....	43
5. Prueba de normalidad, película de bolsa plástica 07 días.....	46
6. Prueba de normalidad, película de bolsa plástica 14 días.....	47
7. Prueba estadística U de Mann-Whitney, consumo de bolsa plástica	48
8. Prueba de normalidad, película de film en 07 días.....	49
9. Prueba de normalidad, película de film 14 días.....	50
10. U de Mann-Whitney para el consumo de film.....	51
11. Prueba de normalidad, en función del consumo de bolsa en 07 días.....	53
12. Prueba de normalidad en función del consumo de bolsa en 14 días.....	54
13. U de Mann-Whitney de la pérdida de peso de la cucaracha	55
14. Prueba de normalidad en función del consumo de film en 7 días.....	56
15. Prueba de normalidad en función del consumo de film en 14 días.....	57
16. U de Mann-Whitney de la pérdida de la cucaracha.....	58
17. U de Mann-Whitney de la excreta en función del consumo de bolsa.....	59
18. U de Mann-Whitney de la excreta en función del consumo de film.	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Diseño del tratamiento 1 y 2	42
2. Variación de peso de la película de bolsa plástica en 07 días.....	45
3. Variación de peso de la película de bolsa plástica en 14 días.....	46
4. Consumos promedios de las películas de bolsas plásticas	47
5. Espectro del patrón inicial y de los restos de la bolsa plástica.	48
6. Variación de peso de la película de film en 07 días.....	49
7. Variación de peso de la película de film en 14 días.....	50
8. Consumos promedios de las películas de film en 07 y 14 días.	51
9. Espectro del patrón inicial y de los restos del film.	52
10. Evolución en función del consumo de bolsa plástica en 07 días.	53
11. Evolución en función del consumo de bolsa plástica en 14 días.	54
12. Promedios en función del consumo de bolsa plástica.	55
13. Evolución en función del consumo de film en 07 días.	56
14. Evolución en función del consumo de film en 14 días.	57
15. Promedios en función del consumo de film.	58
16. Excreta producida, en función del consumo de bolsa plástica.....	59
17. Excreta producida, en función del consumo de film.	60
18. Micronutrientes	61
19. Macronutrientes	61
20. Parámetros físicos y químicos	62
21. Adquisición de la Incubadora Rcom 20	130
22. Programación de la incubadora a 35 °C y una humedad de 60 %	130

23. Asimilación de la cucaracha a la bolsa plástica y film.....	131
24. El 60 - 70 % de cucarachas no soportan la asimilación.....	131
25. Canibalismo entre cucarachas.	132
26. Muestra de bolsas plásticas.	132
27. Muestra de film.	133
28. Instalando el primer y segundo tratamiento.....	133
29. Peso inicial de la cucaracha y el film.....	134
30. Excreta y restos del cambio de ninfa a adulto.	134
31. Prueba gravimétrica de las muestras tratadas.	135
32. Bolsa plástica con orificios.	135
33. Extracción del tracto digestivo de la cucaracha.....	136
34. Incubación de placas con Agar nutritivo y caldos.	136
35. Registro del crecimiento bacteriano en los diferentes agares.....	137
36. Película de bolsa plástica.....	137
37. Película de film.....	138
38. Restos de bolsa plástica en la excreta.	138
39. Restos de film en la excreta.	139
40. Asesoramiento del Blgo. M. Sc. José Luis Gil Bacilio.....	139

RESUMEN

Las cucarachas (*Periplaneta americana*) son las más omnívoras entre todos los insectos, ingieren casi todo, por ejemplo: cola, cemento, vestimentas, etc. Para evaluar si las cucarachas aisladas de Tingo María tienen la capacidad biodegradativa sobre dos tipos de LDPE: bolsa plástica y el film, se implementó dos tratamientos (tanto el 1^{ero} (T₁) como el 2^{do} (T₂) consistieron con una película de bolsa plástica o film de 0.1 g aproximadamente más 1 cucaracha, esto se repitió 5 veces por espacio de 7 días y 14 días) a una temperatura de 35 °C y a 60 % de humedad en una incubadora tipo Rcom 20. Se determinó que la capacidad biodegradativa promedio de la cucaracha *Periplaneta americana* para 7 días es de 0.6 mg en la bolsa plástica y 0.9 mg en el film, mientras que para 14 días es de 1 mg en la bolsa plástica y 0.3 mg en el film. Por otro lado a partir de la extracción del tracto digestivo se identificó a las bacterias *Pseudomona sp.*, *Bacillus sp.* y al hongo *Candida albicans*. Finalmente, el que más influyó en la elaboración del abono fue el T₁ que demostró mejor biodegradación (formación de nuevos grupos funcionales), menor promedio de pérdida de peso de la cucaracha, por el consumo de bolsa plástica (18.78 %), mayor promedio de producción de excreta (0.0028 %), además a la excreta se analizó los micronutrientes, macronutrientes y parámetros fisicoquímicos.

Palabra clave: Cucaracha *Periplaneta americana*, *Pseudomona sp.*, *Bacillus sp.*, *Candida albicans*, capacidad biodegradativa.

I. INTRODUCCIÓN

En nuestro planeta cada persona desecha en promedio unas 700 bolsas de plástico al año, así mismo solo el 1 % es reciclable (ASALDE, 2018), por otra parte su dificultosa biodegradación se convierte en el principal contaminante del mar (GREENPEACE, 2019), en consecuencia se produce alteraciones de los recursos naturales a través de la diferentes formas de contaminación (MORENIKJI *et al.*, 2016), como caso típico son los plásticos diminutos denominados microplásticos (RIOS, 2017), dado que se han convertido en un problema ambiental a nivel internacional (MEZA, 2013).

Todos conocemos a las cucarachas como plagas urbanas (CASTILLO, 2011), por el contrario pocos saben que su labor de estos insectos en la naturaleza, decididamente es recolectar los desechos, restos y desperdicios (plantas en descomposición, animales en putrefacción y estiércoles) de los ecosistemas terrestres y acuáticos (a través de la putrefacción de la biomasa terrestre y acuática, para seguidamente asimilarlos, del mismo modo transmitirlos como nutrientes a plantas y animales), ciertamente estos procesos (ciclos) son de suma importancia para mantener el equilibrio del medio ambiente (BELL *et al.*, 2007). Las cucarachas comen de forma voraz los desperdicios, residuos, restos, sobras de los zonas urbanas (MORENIKJI *et al.*, 2016), en otras palabras son las más omnívoras entre todos los insectos, es decir

expertos en ingerir casi todo lo que se tenga a disponibilidad como: cola, óxido, cemento, piel o pellejo, vestimentas, hay que hacer notar que escogen elementos en putrefacción con una elevada composición de glúcidos, lípidos y proteínas (PEDRAZA, 2011).

Por consiguiente la investigación está dirigida a determinar la capacidad biodegradativa de la cucaracha sobre la bolsa plástica y el film. Así mismo se usaran los desechos provenientes de los procesos como la excreta y restos de cucarachas para la elaboración de abono (DAVIRAN, 2017).

En efecto el problema planteado de este trabajo radica entorno a la siguiente interrogante: ¿La cucaracha *Periplaneta americana* (Linnaeus, 1758) tendrá la capacidad biodegradativa de la bolsa plástica y el film, además si esto influye en la elaboración de abono?

Con relación al problema planteado, se fórmula la siguiente hipótesis: “La cucaracha *Periplaneta americana* tiene la capacidad de biodegradar la bolsa plástica, el film y esto influye en la elaboración de abono”.

1.1. Objetivos

1.1.1. General

Evaluar la capacidad biodegradativa de la cucaracha *Periplaneta americana* (Linnaeus, 1758) sobre la bolsa plástica, el film y cómo influye en la elaboración de abono.

1.1.2. Específicos

- Evaluar la capacidad biodegradativa (de forma cuantitativa y cualitativa) de la cucaracha *Periplaneta americana* (Linnaeus, 1758), sobre la bolsa plástica y el film durante un periodo de 7 y 14 días.
- Identificar las bacterias y hongos del tracto digestivo de la cucaracha *Periplaneta americana* (Linnaeus, 1758).
- Evaluar la influencia biodegradativa de los tratamientos en la elaboración de abono.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Realidad problemática

Desde la invención de los plásticos a una medida industrial en la década de 1940 (CASTELLON *et al.*, 2016), se han apoderado del comercio global satisfaciendo una gran variedad de exigencias de los consumidores, como es la envoltura de los calzados, el recubrimiento de los electrodomésticos, empaques de artículos del hogar (CHUNGAR *et al.*, 2017). Todo esto conduce a una fabricación de polímeros que sobrepasa los 300 000 000 de toneladas anuales a nivel internacional (MARTÍN, 2017). Estos nos ocasiona una enorme cantidad de desechos de bolsas plásticas que pueden encontrarse en el planeta alrededor de 150 años (VELASCO, 2017), sin embargo existen autores que digan que puede ser un poco más entre 100 y 1000 años para la degradación (ACUÑA, 2017), por lo que podría considerarse acumulable y un contaminante que, aunque no parezca ocasiona daños irreversibles al planeta (ARENAS, 2018). El perjuicio que ocasiona a nivel global es la polución de la calidad de los océanos, en estos últimos tiempos se han reportado infinidad de casos de residuos plásticos (incluidos microplásticos), inmensas cantidades se encuentran perturbando los hábitats marinos, esto representa una amenaza global para la vida marina (BARBARAN *et al.*, 2018). A la mayoría de los habitantes les falta consciencia ambiental, ya que a la hora de descartar bolsas

plásticas no se ponen a pensar, que estos pueden acabar en el océano, en rellenos sanitarios, en los continentes terrestres o en botaderos informales, pero de alguna manera culmina su recorrido en las playas o en el mar como Naplo, Pucusana, Costa Verde (Miraflores, San Miguel, Magdalena) perturbando el entorno de la vida acuática, en algunos casos perturban de las aves, ya que se equivocan sencillamente con alimentos, provocándoles su extinción (YACHI, 2014). La cantidad de residuos sólidos municipales generados en el Perú son: 7 461 627 t (del total el 6.28 % son de características plásticas) en el año 2014, 7 588 646 t (del total el 6.78 % son de características plásticas) en el 2015 y 7 005 576 t (del total el 6.8 % son de características plásticas) en el año 2016 (ASALDE, 2018). Un claro ejemplo es nuestra adquisición de 1 793 millones solo en el caso de bolsas plásticas en panaderías, esto es solo para un único uso de 5 minutos aproximadamente para luego ser desecharlo (VELASCO, 2017).

Una forma de contrarrestar este problema es utilizando la biodegradación con el uso de microorganismos, esto se dirige a un aceptable camino de reducción de este tipo de contaminante (CÁCERES, 2011). El proceso de biodegradación es también conocida como la biotransformación química de los materiales, la mineralización es la actividad enzimática de los microorganismos (bacterias y hongos) un ejemplo es el plástico que sirve como única fuente de carbono (GUTIÉRREZ, 2013).

En el Perú los residuos plásticos son aproximadamente 9.5 %, entre ellos se encuentran los no reciclables como el Polietileno de baja densidad (MINAM, 2014). Nuestra provincia Leoncio Prado no es ajena a este problema esto se refleja en el ECRS - Rupa Rupa - Tingo María, donde los residuos

plásticos tienen un 8.239 % que son diariamente arrojados al río Huallaga (botadero informal conocido como La Moyuna) (SIGERSOL, 2017).

2.2. Trabajos previos

ARIZPE *et al.* (2015), plantea en su investigación de “Evaluación del grado de atracción de la cucaracha americana, *Periplaneta americana* (L.) por algunos productos alimenticios de uso común”, que el grado de preferencia de la *P. americana* por 07 atrayentes, utilizando un olfatómetro y trampas tipo delta. El producto alimenticio fue el plátano el cual tuvo un promedio de insectos atraídos de 7.28.

YANG *et al.* (2015), refiere en su estudio: “Evidence of polyethylene biodegradation by bacterial strains from the guts of plastic-eating waxworms”, con el objetivo de: Determinar la degradación del polietileno mediante entrañas de gusanos de cera. Los resultados muestran que los tratamientos pueden biodegradar 6.1 mg y 10.7 mg de las películas de LDPE, durante 60 días de incubación.

SABREE *et al.* (2009), menciona en su estudio que las cucarachas tienen un endosimbionte *Blattabacterium*, por el cual se diferencian de todos los insectos de los continentes ya que poseen una simbiosis, mediante el cual excretan residuos con alto contenido de nitrógeno al interior de sus cuerpos y lo almacena en forma de ácidos úricos, esto ocurre cuando la cucaracha tiene bajo alimento en nitrógeno.

ARANGO *et al.* (2004), afirma en su estudio: “Valor biológico de las cucarachas en el compost”, que la función que tienen las cucarachas en el

compost son de mucha responsabilidad, ya que ayudan triturando los restos vegetal y cooperan con los microorganismos en el edafón.

PÉREZ *et al.* (2012), ejecuta la investigación: “Elaboración y caracterización de harinas para consumo humano a partir de *Achetas domesticus* y *Periplaneta americana*”, con el objetivo de: Elaborar harinas a partir de insectos del orden Orthoptera, como grillos y cucarachas, y realizar su caracterización a partir de la cual se podría determinar su utilización como suplemento dietético humano barato y accesible para toda la población. Los resultados mostraron que el valor biológico (BV) de las harinas producidas tiene más valor biológico que incluso el del pescado, así como la harina preparada de las cucarachas contribuyen más proporción de carbohidratos que la preparada de los grillos.

RAMOS *et al.* (2008), realiza el estudio en México: “Utilización potencial de la excreta del gusano amarillo de las harinas como abono orgánico”, con el objetivo: Determinar la productividad del excremento del *T. molitor*, su análisis químico proximal y eficiencia como abono. Los resultados muestran que el estiércol de la larva tiene elevado nutrientes: nitrógeno total (30.66 %), fósforo (1,86 %), Mg (9900 ppm), Na (331,3 ppm), Mn (162 ppm).

IPARRAGUIRRE *et al.* (2015), considera en su estudio: “Aislamiento y caracterización de hongos filamentosos biodegradadores de polietileno de tereftalato y polietileno de baja densidad Ica”. Esto se realizó en Ica, Perú, con el objetivo de: Aislar y caracterizar hongos filamentosos biodegradadores de muestras plásticas recolectadas de un antiguo botadero de residuos sólidos,

Santiago – Ica. Los resultados muestran diferentes especies de: *Aspergillus violáceofuscus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus alternata*, *Penicillium purpurogenum*, *Penicillium chrysogenum* y *Mucor sp.*, que tienen actividad degradadora de polietileno de baja densidad.

QUINCHÍA *et al.* (2015), destaca en su investigación: Degradabilidad de polietileno de baja densidad – LDPE- utilizando *Pycnoporus sanguineus* UTCH 03. Este trabajo se presentó en Cartagena, Colombia, cuyo objetivo fue: Verificar a escala laboratorio la capacidad del hongo *Pycnoporus sanguineus* UTCH 03 en la aceleración de la degradación del LDPE, el hongo *Pycnoporus sanguineus* usa al polietileno como su dieta de carbono, además su desarrollo generó modificaciones comparables en la unidad tiempo, al contrarrestar con la vida útil.

URIBE *et al.* (2010), realiza el estudio: “Biodegradación de polietileno de baja densidad por acción de un consorcio microbiano aislado de un relleno sanitario, Lima, Perú”, con la finalidad de describir el aislamiento y la actividad de biodegradación de microorganismos sobre polietileno de baja densidad. Los resultados muestran que lograron identificar especies como: *Pseudomonas sp.*, *Penicillium sp.*, *Rhodotorula sp. MP3b*, *Hyalodendron sp.*, que tenían acción degradativa del LDPE.

BARJA (2016), argumenta en el estudio: “La eficiencia del hongo *Pestalotiopsis sp.*, en la biodegradación de los tipos de plásticos (poliuretano, polietileno de baja densidad y poliestireno de cristal), a nivel de laboratorio, 2016”, cuyo objetivo fue: Determinar el tipo de plástico (poliuretano, polietileno

de baja densidad y poliestireno de cristal) donde el hongo *Pestalotiopsis sp.*, es más eficiente en su biodegradación, concluyendo que el hongo emplea los plásticos como dieta única.

GUTIERREZ (2018), verifica en su estudio: “Influencia de factores ambientales de crecimiento microbiano en la degradación de polietileno de baja densidad por la bacteria *Pseudomona aeruginosa* en Huancayo”. En esta investigación el objetivo fue: Analizar la influencia de factores ambientales de crecimiento microbiano en la degradación de plásticos específicamente polietileno de baja densidad con ayuda de la bacteria *Pseudomonas aeruginosa*, que la biodegradación impecable del LDPE por el microorganismo *Pseudomona aeruginosa* se realizó a un pH de 8 ligeramente alcalino y a 25 °C.

REVILLA (2018), sostiene en su estudio: “Eficiencia del homogenizado proveniente del tracto digestivo de la *Galleria mellonella* en la biodegradación de dos tipos de polietileno de baja densidad, Lima – 2018”, cuyo objetivo fue: Determinar la eficiencia del homogenizado proveniente del tracto digestivo de la *Galleria mellonella* para la biodegradación de dos tipos de Polietileno de baja densidad, film y bolsa plástica, concluye que el tracto digestivo de la larva de *G. mellonella* tiene la capacidad de biodegradar el LDPE.

CÁCERES (2011), realiza la investigación: “Biodegradación bacteriana de polietileno de baja densidad bajo condiciones controladas en biorreactores air líf”, con el objetivo de: Determinar la biodegradación de polietileno de baja densidad (bolsas de plástico) medida por bacterias nativas de

La Moyuna. Los resultados muestran biodegradación por microbios: *Pseudomonas sp.*, *Alcaligenes sp.*

GUTIÉRREZ (2018), realiza el trabajo de investigación: “Biodegradación de polietileno de baja densidad por consorcios microbianos”, con el objetivo de determinar si en los consorcios microbianos contenidos en los residuos de polietileno de baja densidad, recolectados en los sitios seleccionados, son capaces de biodegradar este tipo de polímeros. Los resultados demuestran que los consorcios microbianos estudiados utilizan el LDPE como dieta de carbono, cuando el medio de cultivo contiene necesariamente este elemento químico.

MÉNDEZ *et al.* (2007), lleva a cabo la investigación: “Aislamiento y caracterización de micromicetos biodegradadores de polietileno”. Con el objetivo de realizar el aislamiento y caracterización de cepas de hongos capaces de degradar el polietileno, así como la determinación de las condiciones de pH y temperatura en las que se logran la mayor actividad. Los resultados obtenidos demuestran que la cepa que tuvo mayor rendimiento en la degradación del polietileno corresponde a la especie *Aspergillus flavus*.

VELASCO (2017), realiza la investigación: “Biodegradación del polietileno de baja densidad, mediante el uso del lepidóptero *Galleria mellonella* bajo condiciones térmicas controladas en el 2017”, cuyo objetivo fue: Determinar la medida de biodegradación del Polietileno de baja densidad usando *G. mellonella* en el 2017. Concluye que el mejor resultado de biodegradación del LDPE se obtuvo en 25°C y en 12 Horas.

BERRÍOS (2013), en su estudio: “Artrópodos asociados en la parte aérea del cultivo de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.)”. Indica que en el distrito de Chinchao – Huánuco, se identificó a nivel de especie (orden: Blattodea, familia: Blatellide, especie: *Pseudomops angustus* (Walker, 1773)), así mismo en el vivero en Tingo María.

ZUÑIGA (2019), en su investigación: “Riqueza y abundancia de artrópodos asociados con Anturio de Corte (*Anturium andreanum* Linden) en vivero en Tingo María, Perú”. Identifico a nivel de especie (orden: Blattodea, familia: Blatellide, Especie: *Pseudomops angustus* (Walker, 1868), en la cueva de las lechuzas.

MEJIA (2012), en su estudio: “Biodiversidad de artrópodos y su relación con *Steatornis caripensis* Humboldt guácharo con fines de conservación, Tingo María – Perú”. Identifico solo hasta el nivel de orden (orden: Blattodea).

2.3. Teoría relacionada al tema

2.3.1. Los plásticos

Existiendo desde 1961 (VELASCO, 2017), aún hoy en día son uno de los materiales más usados (VELANDIA, 2017), esto se debe a sus propiedades como la resistencia a diversas condiciones ambientales, un costo accesible y múltiples usos en la industria (MÉNDEZ *et al.*, 2007).

La mayor parte se fabrican con derivados del petróleo (CAMPOS, 2018), en pequeña escala de la celulosa de las plantas, el carbón y gas natural, se producen con un procedimiento denominado polimerización o multiplicación

artificial de los átomos de carbono en largas cadenas moleculares (LOPEZ, 2012), como por ejemplo si se quiere fabricar 1 Kg de plástico entonces necesitas 2 Kg de petróleo (TELLEZ, 2012).

2.3.1.1. Tipos de plásticos

Se pueden clasificar de dos maneras: Naturaleza y estructura interna (LOPEZ, 2012).

2.3.1.1.1. Por su naturaleza

- **Polímeros Naturales:** Son resultados de la asimilación de microorganismos no modificados genéticamente (BARBARAN *et al.*, 2018), por otra parte se dicen que son aquellos que tienen monómeros que se obtienen de procedencia natural como los biopolímeros (ACUÑA, 2017), como muestra tenemos al caucho natural (ARENAS, 2018), así como a la celulosa, las caseínas, celofán, madera, goma (LOPEZ., 2012).
- **Polímeros semisintéticos:** Se obtienen por la transformación química (LOPEZ, 2012) o modificación de la manufactura de los plásticos naturales (ACUÑA, 2017), sin destruir su naturaleza macromolecular o sin suprimir su composición natural (BARBARAN *et al.*, 2018), por ejemplo tenemos a la seda artificial obtenida a partir de la celulosa (ARENAS, 2018).
- **Polímeros Sintéticos:** Son los que fueron creados por el hombre o se originaron de forma artificial (BARBARAN *et al.*, 2018), estos se obtienen a partir de derivados de petróleo, por al menos dos métodos, el de adición y el de condensación (LOPEZ, 2012), usando los bajos pesos moleculares de los monómeros (ARENAS, 2018), como ejemplo tenemos que en el mercado existen cien tipos de plásticos, sin embargo 6 de estos son los que más se usan:

poliestireno (PS), polietileno de baja densidad (LDPE), polipropileno (PP), Polietileno de tereftalato (PET), polietileno de alta densidad (HDPE), policloruro de vinilo (PVC), (MEZA, 2013).

2.3.1.1.2. Por su estructura interna

Se catalogan en:

- PET (polietileno de tereftalato): son los más usados y conocidos (VELANDIA, 2017), como ejemplo tenemos a las botellas de bebida, tejas, escobas (TELLEZ, 2012), jarabes, aceites comestibles, artículos de farmacia (MEZA, 2013), por otra parte tienen propiedades como: Alta transparencia, relativamente duros, impenetrable al dióxido de carbono y a la humedad, compaginable con diversos compuestos, reciclable en algunos casos, pequeño peso, recomendado para transportar alimentos (CAMPOS *et al.*, 2018).
- HDPE (polietileno de alta densidad): Es más duro y vigoroso en comparación con el PET, estos son empleados también para fabricar envases descartables (VELANDIA, 2017), como ejemplo de productos tenemos: Envases, canastas de bebidas, bolsas resistentes, baldes (TELLEZ, 2012), envases de champú, detergentes, tanques de agua (MEZA, 2013), por otra parte se tienen propiedades como: Elevada resistencia física (resiste golpes, colisiones, a la humedad), química (resiste altas temperaturas, a los ácidos y disolventes), sólida, incolora, de fácil proceso, son ligeramente flexibles pero son consistentes (CAMPOS *et al.*, 2018).
- PVC (policloruro de vinilo): Son más resistentes que el PET y el HDPE, con excelentes características físicas, por lo que siempre se les pueden observar en artículos para las diversas cimentaciones, urbanizaciones, construcciones y

edificaciones, por ejemplos las tuberías de agua y desagüe (VELANDIA, 2017), por ejemplo tenemos a los productos elaborados como: caños, tubos, calaminas, algunas tarjetas de crédito (TELLEZ, 2012), cables, bolsas de sangre, tubería de desagües (MEZA, 2013), por otra parte se tiene las propiedades como: Resistencia a la corrosión, bajo costo de instalación, son ideales para separar cableados eléctricos, estables e inertes, alta resistencia al calor y a los golpes, dúctil, tenaz y alta resistencia ambiental (CAMPOS *et al.*, 2018).

- LDPE (polietileno de baja densidad): es el más flexible al comparar con el HDPE, a pesar de que sus composiciones son químicamente idénticos, se distinguen en el proceso de polimerización que crea distintas propiedades físicas y relativamente buena resistencia (VELANDIA, 2017), como ejemplo tenemos a los siguientes productos: Empaques (de la harina, leche), bolsas plásticas (TELLEZ, 2012), usos agrícolas (MEZA, 2013), por otro lado se tiene propiedades como: no se puede imprimir sobre ellos, muchos menos colorear o engomar sobre su área, flexibilidad mayor que el HDPE, resistencia a las leves colisiones (CAMPOS *et al.*, 2018).

- PP (polipropileno): Tiene excelentes características físicas y químicas (VELANDIA, 2017), como ejemplo tenemos a los productos elaborados como: Envolturas de alimentos, cepillos, canastillas de plástico, muebles de plástico (TELLEZ, 2012), industria automotriz, bolsas de cereales, pañales descartables (MEZA, 2018), por otro lado se tiene propiedades como: son resistentes al uso excesivo y a las sustancias químicas, además se usan para las cargas, resistente a los detergentes, buena estabilidad térmica (CAMPOS *et al.*, 2018).

- PS (poliestireno): Tiene diversos usos industriales (VELANDIA, 2017), como ejemplo tenemos a los productos elaborados como: Empaques de icopor (polietileno extendido) (TELLEZ, 2012), envases de alimentos congelados, aislante para heladerías, juguetes, rellenos (MEZA, 2013). Por otro lado se tiene propiedades como: Soportan colisiones sin quebrarse, tienen baja densidad, actúa como aislador ante las temperaturas extremas (CAMPOS *et al.*, 2018).

2.3.1.2. Industria del plástico

La industria del plástico tiene un avanzado crecimiento, a tal punto que se ha apoderado del comercio en el mundo (BARBARAN *et al.*, 2018), ya que al año se fabrican en promedio entre 500 billones a un trillón de envolturas plásticas en la tierra (VELASCO, 2017), de manera que se les ubica fácilmente en casi todas las manufacturas que por sus propiedades tienen diversas formas de uso (TELLEZ, 2012), como envolturas de zapatos, materiales que se usan en las diferentes industrias, diversas formas de empaques y envases (ARENAS, 2018), así como recubrimientos y bolsas plásticas etc. (MÉNDEZ *et al.*, 2007).

En el Perú el 2018 se incrementó las ventas en la industria plástica en un 10%, estiman que se reduzca en 25 % para el 2020 (FARAH, 2019).

2.3.1.3. Impactos ambientales globales de los residuos plásticos

Las diferentes variedades de plásticos en el mejor de los casos terminan en los botaderos formales e informales, pero sin aplicarle un tratamiento anticipado, al encontrarse en estos lugares se esparcen con el viento y permanecen por un largo tiempo ocasionando impactos negativos en el medio ambiente debido a su dificultosa biodegradación (TELLEZ, 2012), así mismo se

menciona que el principal problema radica en su difícil mineralización (URIBE *et al.*, 2010), por otro lado tiene dos problemas como: el desgaste durante el uso y la alteración de los hábitats acuáticos después de su uso (MÉNDEZ *et al.*, 2007), de modo que se convierten en uno de los principales contaminantes de los mares ya que su degradación es más lenta cuando se encuentra en estas (ARENAS, 2018), de manera que el resultado de esta es una enorme isla de plástico, acumulados en los océanos (QUINCHÍA *et al.*, 2015), hay que hacer notar que algunos autores mencionan que la aparición de estos plásticos en las masas de agua son apreciados como una alteración física de las aguas continentales, aumentando los microorganismos, reduciendo el oxígeno disuelto, insertando excesivamente nutrientes que convierte al recurso hídrico inadecuado para las diversas formas de consumo (VALLEJO, 2016), como ejemplo de contaminación tenemos que en la mitad de los peces grandes hay plástico en sus estómagos, así como en las personas debido a la ingesta de este tipo de alimento (VELASCO, 2017).

2.3.1.4. La recuperación de los residuos plásticos

El principal problema para aplicar el reciclaje es clasificarlos según las variedades a la que pertenecen, es la etapa más crítica del proceso de reciclaje (VELANDIA, 2017), en efecto ya que no todos los plásticos son reciclables, (GUTIÉRREZ, 2013), además su costo de fabricación es relativamente bajo, al compararlo con su costo de reciclaje, ya que si están sucios, cuesta más asearlos que eliminarlos (VELASCO, 2017), así mismo en raras ocasiones se cuentan con las mismas características físico-químicas después del proceso de reciclaje (BARBARAN *et al.*, 2018), hay que hacer notar

que este proceso de reciclaje tiene innumerables restricciones (DAVIRAN, 2017), no obstante hay que recalcar que se siguen creando en el mundo múltiples formas de reciclaje (CRISTÁN *et al.*, 2003), como en el caso de los termoestables que son dificultosos cuando se quiere reciclar, debido que necesita una demolición molecular estructural esto con la finalidad de fundirlo nuevamente sin alterar sus características innatas (TELLEZ, 2012).

2.3.1.5. Biodegradación de los plásticos

La biotecnología propone la idea de realizar el aprovechamiento de los microorganismos, para digerir componentes recalcitrantes (QUINCHÍA *et al.*, 2015), en pocas palabras la biodegradación microbiana es el suceso por el cual los microbios se desarrollan ingiriendo una dieta de componentes de difícil degradación (CÁCERES, 2011), por el cual se descomponen de forma directa en compuestos más pequeños, menos peligrosos, incluidos dióxido de carbono, metano y agua (REN *et al.*, 2019), o de forma indirecta a través de las enzimas catalizadoras (VELASCO, 2017), también llamada transformación, mineralización (CHÁVEZ, 2015) o método ecológico de degradación (REN *et al.*, 2019).

La biodegradación de plásticos es planteado como una solución factible ante diversos enigmas tecnológicos y medioambientales (QUINCHÍA *et al.*, 2015), así pues los reingresan a los diferentes ciclos biológicos (VELASCO, 2017), al mismo tiempo mantienen el bienestar humano, calidad ambiental y del eje de la economía (MÉNDEZ *et al.*, 2007).

2.3.1.6. Tipos de biodegradación de los plásticos

Un polímero se puede biodegradar mediante el uso de microorganismos: Bacterias (TELLEZ, 2012) u hongos (MÉNDEZ *et al.*, 2007).

2.3.1.6.1. El proceso de biodegradación

Se puede dividir en cuatro etapas: (a) las células crecen firmemente en la superficie del material plástico y producir grupos hidrofílicos; (b) los hidrocarburos de cadena larga son oxidado o hidrolizado en cadenas cortas por enzimas producidas por la población microbiana, y se forma un nuevo enlace; (c) los polímeros de cadena corta se descomponen en ácidos grasos; (d) los ácidos se oxidan y se descomponen en agua, dióxido de carbono y humus (REN *et al.*, 2019).

2.3.1.6.2. Características de biodegradación

Se tienen las siguientes características (BARBARAN *et al.*, 2018):

- La generación de CO_2
- El uso de O_2
- Reducción del peso, gravimetría
- Incremento de los microorganismos o de biomasa
- Prueba física del plástico con la finalidad de encontrar pruebas del incremento de colonias de microorganismos y exterminio de este.

2.3.1.6.3. Análisis para caracterizar polímeros (BARBARAN *et al.*, 2018)

2.3.1.6.3.1. Espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier (FTIR)

Es una técnica de muestreo que permite el análisis cualitativo de compuestos orgánicos a través de la aparición de bandas en el espectro infrarrojo en frecuencias específicas.

2.3.1.6.3.2. Resonancia magnética nuclear (NMR)

Es un examen por el cual se mide los cambios inducidos por la degradación y se expresan la composición de los grupos funcionales.

2.3.1.6.3.3. Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS)

Es una técnica analítica dedicada a la separación e identificación de productos de degradación que contienen sustancias volátiles y semivolátiles.

2.3.1.6.3.4. Análisis térmico diferencial (DTA) y Calorimetría diferencial de barrido (DSC)

Es una técnica de análisis térmico, que tiene la característica de medir los tiempos de inducción u oxidación para el estudio de la efectividad de un estabilizador y su difusión dentro del sólido.

2.3.1.6.3.5. Cromatografía de exclusión molecular (GPC)

Es una técnica de análisis que se aplica a los procesos de separación de biomoléculas o distribución de pesos moleculares de polímeros degradados.

2.3.1.6.3.6. Microscopio óptico

Es una técnica de observación donde se puede apreciar el agrietamiento y profundidad de los daños en la superficie erosionada.

2.3.1.6.3.7. Consumo de oxígeno

Es una técnica de análisis que tiene la característica de medir la cantidad de oxígeno consumido.

2.3.1.6.3.8. Valoración gravimétrica de la degradación

Una manera simple y rápida de medir la biodegradación de los polímeros es mediante la determinación de la pérdida de peso. Aunque los microorganismos que crecen utilizando un sustrato polimérico pueden conducir a un aumento de peso debido a su adherencia, la pérdida de peso detectada sobre dicho polímero indica un deterioro de su integridad, producto del ataque microbiano.

2.3.1.7. Microorganismos que biodegradan plástico

La biodegradación de los plásticos mediante el uso de microbios es un camino a seguir (MÉNDEZ *et al.*, 2007), así tenemos a las bacterias que pertenecen a los géneros: *Burholderia sp.*, *Brevibacillus borstelensis*, *Antrhobacter paraffineus*, (ARENAS, 2018), *Pseudomonas sp.*, *Arthrobacter*

sp., *Acinetobacter sp.*, *Rhodococcus sp.*, *Streptomyces sp.*, *Vibrio sp.*, *Corynebacterium sp.*, *Nocardia sp.*, *Mycobacterium sp.*, *Xanthomonas sp.*, (MEZA. 2013), *Bacillus sp.* (URIBE *et al.*, 2010).

En los hongos se reporta a los géneros: *Candida sp.*, *Aspergillus japonicus*, (MEZA. 2013), *Aspergillus*, *A. fumigatus*, *A. terreus*, *Curvularia*, *Fusarium sp.*, *Fusarium solani* (ARENAS, 2018), *Penicillium sp.* (URIBE *et al.*, 2010), *Pycnoporus sanguineus* (QUINCHÍA *et al.*, 2015).

2.3.2. LDPE - Polietileno de baja densidad

Lo llaman polietileno a todos los polímeros del etileno (RIOS, 2017), es un polímero sintético de alto peso molecular (REN *et al.*, 2019), así como se encuentra conformado por monómeros de oleofinas, son uno de los plásticos que más se usan en el Perú y en todo el globo (MÉNDEZ *et al.*, 2007), como en las envolturas de electrométricos, envolturas de productos alimenticios, empaques de juguetes, etc. (QUINCHÍA *et al.*, 2015).

2.3.2.1. Estructura química

Contiene una estructura de hidrocarburo lineal saturado, que se puede expresar como $- [CH_2 - CH_2]_n -$ (REN *et al.*, 2019) y (VELANDIA, 2018).

2.3.2.2. Propiedades físicas y químicas

El polietileno de baja densidad resiste a casi todas las sales, ácidos débiles y los disolventes inorgánicos, además tiene un punto de fusión entre 105 - 110 °C (ESTRADA, 2008).

La resistencia que tiene el polietileno al ataque microbiano se relaciona con su prominente hidrofobicidad (es impermeable al contacto con el

agua), además tiene un elevado peso molecular, a esto se le suma la falta de enlaces funcionales (compuestos) que puedan ser utilizados y reconocidos por las vías enzimáticas de los microbios (CÁCERES, 2011), la fuerte hidrofobicidad, la alta energía de enlace químico y el alto peso molecular dificultan su degradación eficiente (REN *et al.*, 2019), la hidrofobicidad del polietileno interfiere con la formación de la biopelícula (HADAD *et al.*, 2004).

2.3.2.3. Técnicas aplicadas al análisis químico del polietileno

2.3.2.3.1. Espectroscopia Raman

Es una técnica analítica que tiene la finalidad de obtener unas bandas vibracionales que son características propias de cada material, molécula o compuesto, esta es conocida como espectro Raman (SOLER, 2015).

2.3.2.4. Variedades de LDPE

- **LLDPE - film**

Se le conoce como polietileno lineal de baja densidad, esto se debe a sus diferentes características como la elasticidad, acomodabilidad, adaptabilidad y maleabilidad y flexibilidad, es el que se emplea cuando se elabora la variedad de filmes, se utiliza cuando se desea empaquetar o envolver toda variedad de artículos, la estructura descrita conforma un material con cualidades intermedias entre el polietileno de baja y alta densidad (RESINEX, 2019).

- **LDPE - Bolsas de plástico**

Se le conoce como polietileno de baja densidad, esto se debe a sus diferentes características: no es elástica, adaptabilidad, resistente y flexibilidad.

Casi todas las bolsas de plástico son producidas de derivados del petróleo etileno, estos tiene diversas clases de presentaciones, como las usualmente ya usadas bolsas para todo tipo de compras (de diferentes colores), hasta para realizar encomiendas o envíos, como olvidar a las bolsas de color negras usadas para deshacernos de nuestra basura doméstica (RESINEX, 2019).

2.3.2.5. Condiciones ambientales para la biodegradación de polietileno

Desde principios de la década de 1970, los investigadores han investigado la biodegradación de LDPE y encontró ciertas cepas degradantes de LDPE, incluidas *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Streptomyces*, *Brevibacterium*, *Nocardia*, *Moraxella*, *Penicillium* y *Aspergillus* del suelo, marinos y lodos en condiciones naturales (REN *et al.*, 2019).

La biodegradación del polietileno se ve reforzada por la oxidación, pretratamiento, que aumenta la hidrofilia de la superficie por formación de grupos carbonilo que pueden ser utilizados como fuente de carbono por los microorganismos (ACUÑA, 2017).

Los microbios biodegradadores de una clase de polímero como es el caso del polietileno, así como las enzimas que sintetizan estos son considerados solo cuando las comunidades destacan en cantidad. Los microbios que a la fecha actual que se han reportado son los que se mencionan en el cuadro 1 (ARENAS, 2018).

Cuadro 1. Microorganismos que degradan el polietileno de baja densidad.

Grupo	Microorganismo	Pretratamiento	Tipo de tratamiento biológico
Bacterias	<i>Bacillus cereus</i>	Termo-oxidación	Cultivo sumergido, con medio de cultivo agua de mar a 30°C durante 12 meses.
		Sin pretratamiento	Cultivo sumergido, con medio de cultivo agua de mar a 30°C durante 12 meses.
	<i>Bacillus sphericus</i>	Termo-oxidación	Cultivo sumergido, con medio de cultivo agua de mar a 30°C durante 12 meses.
		Sin pretratamiento	Cultivo sumergido, con medio de cultivo agua de mar a 30°C durante 12 meses.
	<i>Bacillus sp.</i>	Sin pretratamiento	Fermentación sólida: suelo, durante 7 meses y medio.
	<i>Pseudomona sp.</i>	Sin pretratamiento	Cultivo sumergido con medio mineral, durante 1 mes.
<i>Arthrobacter sp.</i>	Sin pretratamiento	Cultivo sumergido con medio mineral, durante 1 mes.	
Hongos	<i>Curvularia sp.</i>	Oxidación por un agente químico específico	Cultivo en medio sólido sabouraud, durante 2 meses y una semana.
	<i>Aspergillus sp.</i>	Exposición a condiciones medioambientales	Fermentación sólida: compost y suelo, durante 12 meses.
	<i>Penicillium sp.</i>	Exposición a condiciones medioambientales	Fermentación sólida: compost y suelo, durante 12 meses.
	<i>Aspergillus Fumigatus</i>	Foto-oxidación	Fermentación sólida: compost, durante 3 meses y 10 días.
	<i>Aspergillus Terreus</i>	foto-oxidación	Fermentación sólida: compost, durante 3 meses y 10 días.
	<i>Fusarium solani</i>	foto-oxidación	Fermentación sólida: compost, durante 3 meses y 10 días.
	<i>Rhodococcus Ruber</i>	sin pretratamiento	Cultivo sumergido con medio sintético, (tiempo no especificado).
	<i>Rhodococcus sp.</i>	foto-oxidación	Medio básico de sales minerales con tween 80, durante 1 mes.

Fuente: Adaptado de microorganismos degradadores de polietileno, bioprospección de la degradación de polietileno (ARENAS, 2018).

2.3.3. Las cucarachas

2.3.3.1. Registros fósiles de las cucarachas

El registro del fósil más grande de una cucaracha completa, data de unos 300 millones de años (CASTILLO, 2011), aunque existe una data un poco más antigua de 340 millones de años aproximadamente (HERNÁNDEZ *et al.*, 2014), a pesar de esto existe otra data de 350 millones de años aproximadamente (HERNÁNDEZ *et al.*, 2016).

Todas estas aparecieron en el mundo en el periodo Carbonífero, además estas especies eran más grande que las diferentes formas modernas que viven en los continentes (CUETO, 2011), esto es evidenciado por su peculiar morfología que ha permanecido relativamente invariable a través del tiempo, como el cuerpo que se mantiene ovalado, sus débiles alas que sirven para planear y su poderoso aparato bucal (PEDRAZA, 2011).

2.3.3.2. Historia de las cucarachas

Las cucarachas pertenecen a una antigua orden de insectos de más de 4500 especies (RYCHTÁŘ *et al.*, 2014), aunque otros describen que existe 4000 especies en el mundo (RYAN, 2010), por otra parte mencionan la existencia de más de 6000 variedades de cucarachas (LI YANRONG, 2018),

Sus huellas a través del tiempo las muestran como una forma de vida exitosa y estable (HERNANDEZ *et al.*, 2014), en efecto si comparamos con las demás formas de vida a través de la evolución natural, estos insectos son uno de los más victoriosos al sobrevivir en el planeta tierra hasta los actuales tiempos (HERNANDEZ *et al.*, 2016).

2.3.3.3. Características de las cucarachas

Las cucarachas son omnívoros (ALTUNAR, 2016), se alimentan de basura, suciedad, heces humanas (RUIZ, 2015), papel, ropa (ARANGO *et al.*, 2004), cola, pegamento, óxido, herrumbre, vestimentas (PEDRAZA, 2011), desmonte, piel (TOALA, 2016), toda fuente de materia orgánica, tanto comida fresca, procesada o alimentos almacenados (ARIZPE *et al.*, 2015), sobre todo practican el canibalismo (HERNÁNDEZ *et al.*, 2016).

Los individuos que pertenecen a esta familia se diferencian por tamaños y colores, encontrándose cucarachas de colores claros, medios y oscuros (CUETO, 2011). Tienen antenas largas, filiformes y multisegmentados, patas largas, con espinas, con tarsos de cinco segmentos y alas bien desarrolladas aunque algunas las tienen reducidas o ausentes (CASTILLO, 2011).

2.3.3.4. Biología de las cucarachas

Para su proliferación las cucarachas necesitan sus condiciones ambientales óptimas, como la humedad y la temperatura (RUÍZ, 2015), de 80 – 90 % y 20 - 29 °C respectivamente (PEDRAZA, 2011), no obstante se les encuentra frecuentemente con la temperatura de 30 ± 8 °C y la humedad relativamente entre los 65 a 75 % (ARIZPE *et al.*, 2015), así mismo algunas especies son fototrópicas negativas y geotrópicas positivas (ARANGO *et al.*, 2004).

2.3.3.5. Importancia de las cucarachas como plagas urbanas

La cucaracha tiene su propia función en la naturaleza, desde una perspectiva más general son descomponedores de basura (ARCHOMENKO, 2018), después de todo las cucarachas ayudan a masticar todo lo relacionado con componentes vegetales y animales, análogamente se dará inicio a los diferentes ciclos de transformación (ARANGO *et al.*, 2004).

Se ha demostrado que se adaptan a un ambiente que cambia constantemente, en consecuencia pueden colonizar cualquier hábitat del mundo (HERNÁNDEZ *et al.*, 2014), ahora bien se habitúan incansablemente a los diferentes ambiente a pesar de ser modificados insistentemente, es por eso, que pueden invadir los múltiples hábitats terrestres y acuáticos (HERNÁNDEZ *et al.*, 2016).

2.3.3.6. Orden Blattodea

Son más conocidas comúnmente como cucarachas, así se percibe estos tipos de insectos que se refieren a los miembros de la familia Blattidae (PEDRAZA, 2011), y son consideradas mundialmente como plagas (CASTILLO, 2011), por otra parte no existe una lista completa y actualizada de las especies (CUETO *et al.*, 2015), como muestra tenemos: *Periplaneta sp.* (*Periplaneta americana*, *P. brunnea*, *P. fuliginosa*) y *Blatta sp.* (*Blatta orientalis* y *Blatella germánica*) (TOALA, 2016), otro aspecto es que se desarrollan a través de una metamorfosis incompleta, es decir se parecen a las adultas solo que son más pequeñas y no tienen alas (RYAN, 2010).

2.3.3.6.1. Familia Blattidae

Los especímenes de esta familia pueden presentar dimorfismo y color variable dependiendo de la especie (TOALA, 2016), metamorfosis paurometábola (HERNÁNDEZ *et al.*, 2016), de la misma forma conserva sus características ancestrales o plesiomórficas (CUETO *et al.*, 2015), como caso típico tenemos a la cucaracha de importancia mundial perteneciente a esta familia es *P. americana* (ALTUNAR, 2016).

2.3.3.7. Especie de cucaracha en estudio

2.3.3.7.1. *Periplaneta americana*

También llamada cucaracha americana, no es nativa de Norteamérica, lo más probable es que fue introducida desde embarcaciones provenientes de África y de esa manera se dispersó por todo el mundo (CASTILLO, 2011), de todos modos es probablemente la especie más cosmopolita (TOALA, 2016) y una de las de mayor importancia (HERNÁNDEZ *et al.*, 2016), es decir se encuentra frecuentemente en los diferentes lugares urbanos y rurales (HERNÁNDEZ *et al.*, 2014) y (ARIZPE *et al.*, 2015), por esta razón esta especie se encuentra íntimamente relacionada con seres humanos que viven en condiciones insalubres y saneamiento inadecuado (RUIZ, 2015).

2.3.3.7.2. Ubicación taxonómica

La ubicación taxonómica de la cucaracha *Periplaneta americana* es la siguiente:

Cuadro 2. Clasificación taxonómica de la *Periplaneta americana*

Dominio	Eukarya
Reino	Animal
Phyllum	Artrópoda
Subphyllum	Atelocerata
Clase	Hexápoda
Orden	Blattodea
Familia	Blattidae
Género	<i>Periplaneta</i>
Especie	<i>Periplaneta americana</i>

Fuente: CASTILLO – 2011.

2.3.3.7.3. Ciclo biológico

Huevo: Presentan un tonalidad rojiza y tienen una longitud aproximada de 10 milímetros (CASTILLO, 2011), también conocido como ooteca (HERNANDEZ *et al.*, 2014), otro aspecto es que se puede formar en una semana (TOALA, 2016), además tiene segmentos inaparentes, sin muescas laterales (CUETO *et al.*, 2015), por otra parte son de 3/8 de largo, longitud aproximadamente de 1.5 veces anchura (RYAN, 2010).

Ninfas: Surgen aproximadamente en seis semanas, además estas mudan de exoesqueleto 13 veces en los 18 meses aproximadamente, antes de llegar a su etapa adulta (CASTILLO, 2011), análogamente son el estado en las que se encuentran en mayor cantidad en las viviendas (ARIZPE *et al.*, 2015), asimismo se parecen a los adultos en color pero son más pequeños y no tiene

alas (RYAN, 2010), a decir verdad luego de su primer cambio de piel, son de apariencia (color marrón-rojizo) como los adultos (TOALA, 2016).

Adultos: Son de color marrón rojizo, ambos sexos son alados (CASTILLO, 2011), estas se extienden ligeramente más allá de la parte trasera (RYAN, 2010), además miden de 34 a 53 mm de largo (CUETO *et al.*, 2015), encima tiene un cuerpo ovalado y llano, con pronoto que va de color marrón a amarillo (HERNÁNDEZ *et al.*, 2014), es más el último segmento del cerco por lo menos es dos veces más largo que ancho (TOALA, 2016).

2.3.3.7.4. Biología y hábitos

La cucaracha americana o *Periplaneta americana* pesa aproximadamente 1 gramo en su estadio adulto y cada uno puede comer el 5% aproximadamente de su propio peso por día (LI YANRONG, 2018), además son voladores débiles que prefieren la comida fermentada, se encuentran afuera y dentro de las casas (CASTILLO, 2011), alrededor de coladeras o drenajes así como en la parte posterior de las tapas metálicas principalmente en los climas cálidos (TOALA, 2016). Las heces, partes de cuerpos muertos, producidas por los miembros son un recurso valioso, estos son heredados y utilizados (RYCHTÁŘ *et al.*, 2014).

2.3.3.7.5. Claves dicotómicas y pictóricas

Claves dicotómicas (TOALA, 2016):

- Pronoto con margen color café pálido a amarillento y escudo de color café marrón.
- Placa subgenital de la hembra dividida y valvulada.

- Placa subgenital del macho simétrica; estilos elongados, rectos, delgados y simétricos
- Último segmento del cerco dos veces más largo que ancho.

2.3.3.8. Microorganismos presentes en las cucarachas

Las cucarachas son consideradas como vectores mecánicos (ARIZPE *et al.*, 2015), de: Protozoarios, hongos, virus, helmintos y bacterias (RUIZ, 2015), asimismo son de gran importancia médica, debido que nos pueden transmitir una gran variedad de microorganismos patógenos que ocasionan una infinidad de enfermedades al hombre y animales domésticos (TOALA, 2016), algunas de las enfermedades que nos pueden transmitir son: Salmonelosis, campilobacteriosis, lepra, disentería, fiebre tifoidea, cólera, poliomielitis, micosis, *Escherichia coli*, neumonía, *Entamoeba histolytica*, difteria, infecciones urinarias, brucelosis, gastroenteritis, tétanos, hepatitis A, tuberculosis, tocoplasmosis (HERNÁNDEZ *et al.*, 2016).

Alrededor de 45 especies de microorganismos son transmitidas (RUIZ, 2015), algunos son transportados sobre la superficie del cuerpo del insecto, estos son los que contaminan todo tipo de comida con sus patas y regulaciones acuosas (HERNANDEZ *et al.*, 2014), otros son transportados de manera interna, por ejemplo la bacteria *Pseudomonas sp.*, y el hongo *Aspergillus sp.*, estos viven en su tubo digestivo y pueden funcionar como simbioses, microorganismos que favorecen la biodegradación (PEDRAZA, 2011), además por añadidura están habitadas por *Blattabacterium*, esta recicla el nitrógeno y lo almacena como ácido úrico, esta bacteria puede producir todos los aminoácidos esenciales y la cucaracha los almacena (SABREE *et al.*, 2009).

2.3.4. Abonos orgánicos

En el mundo tenemos una infinidad de fertilizantes naturales: enmiendas verdes, guanos, compost, humus y excretas estos varían sus parámetros físico-químicos según su proceso empleado (CAJAHUANCA, 2016).

Cuadro 3. Parámetros fisicoquímicos del compost y humus de lombriz

Parámetros	Humus	Compost
Cu	34 – 490 ppm	100 – 150 ppm
Pb	-	100 mg/kg
Zn	85 – 404 ppm	200 – 400 ppm
Cd	-	2 mg/Kg
Fe	0.6 – 9.6 %	800 – 1500 ppm
Mn	193 (Cmol+)/kg)	300 – 1200 ppm
M.O.	60 %	25 – 50 %
Nitrógeno total	1.5 – 3.3 %	1.5 – 2 %
Fósforo extractable	1 – 3 %	0.15 – 1.5 %
Potasio disponible	1 – 1.5 %	0.5 – 1.8 %
Ca	2.8 – 8.7 %	1.5 – 7 %
Mg	0.2 – 2.6 %	0.49 – 1.06 %
Na	0.20 (Cmol+)/kg)	0.39 %
pH	6.6 - 7.2	6.5 – 8
C.E.	3.8 dS/m	3 (dS/m)
Humedad %	45 – 55 %	< 40 %

Fuentes: 1: (VELÁSQUEZ, 2019), 2: (CAJAHUANCA, 2016), 3: (LAMAS, 2006), 4: (CORONADO, 1997), 5: (DEL CASTILLO, 2019), 6: (CLAVIJO, 2014), 7: (HIDALGO, 2016).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Especificación del sector de investigación

3.1.1. Espacio de realización

La presente tesis se ejecutó en el laboratorio de microbiología (9°18' 50" S, 75° 49' 45" W) general de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Elementos biológicos

La cucaracha *Periplaneta americana*

3.2.2. Campo

- GPS GRAMIN modelo 12XL
- Cámara digital marca Sony WX350
- 2 Baldes con tapas transparentes de 20 litros (aislamiento de cucarachas)
- Incubadora marca RCOM20

3.2.3. Gabinete

- Claves dicotómicas, taxonómicas y pictóricas
- Estereoscopios
- Balanza analítica marca Leica
- Espectrofotómetro Raman (Microscopy Raman Confocal)

3.3. Metodología

3.3.1. Etapa de pre campo

- **Exploración de los lugares óptimos para el aislamiento**

Se realizó una exploración de toda el área urbana de la provincia de Leoncio Prado con la finalidad de ubicar lugares idóneos para llevar a cabo las capturas manuales.

- **Especificación de los lugares de aislamiento**

Se utilizó el GPS para determinar sus coordenadas geográficas de los 8 lugares de donde se recolectaron a las cucarachas

- **Aislamiento**

Se utilizó la captura manual, en cada lugar de aislamiento se capturaron ootecas, ninfas y adultos. Del total de cucarachas aisladas, 30 individuos permanecieron en frascos de vidrio con formol al 70 % (CÉRON, 2009). Esto se realizó con la finalidad de identificarlos en el Laboratorio de Entomología (HERNÁNDEZ *et al.*, 2016).

- **Identificación**

Se utilizó claves taxonómicas, así como las claves dicotómicas y pictóricas para diferenciar a nivel de morfoespecies a las cucarachas, en la etapa adulta. La preservación de las cucarachas se realizó en una caja entomológica.

- **Aclimatación**

Se usó una incubadora marca RCOM20, donde se graduó a una temperatura de 35 °C y una humedad del 60 %.

- **Individuos a utilizar en la adaptación a la incubadora**

Se escogió al azar a 20 individuos para el proceso de adaptación.

- **Lecho de biodegradación**

El lecho donde se realizó la biodegradación fueron envases de plástico de 40 gramos en donde se colocaron los tratamientos.

- **Tratamientos**

Se tuvo dos tratamientos en la investigación:

El 1^{ero} (T_1) consistió con una película de bolsa plástica de 0.1 g aproximadamente más 1 cucaracha. Esto se repitió 5 veces por espacio de 7 días y 5 veces por espacio de 14 días. En el 2^{do} tratamiento (T_2) se procedió de manera similar, con la única diferencia que se usó el film.

3.3.2. Etapa de campo

3.3.2.1. Capacidad biodegradativa de la cucaracha – prueba cuantitativa

Se retiró las películas de bolsa plástica y film al cumplir los 07 y 14 días, posterior a eso se pesó, obteniendo la variación de peso de las películas.

3.3.2.2. Extracción del tracto digestivo de la cucaracha

Con ayuda de estereoscopios, microscopios, estiletes, pinza entomológica y tijera entomológica se realizó la extracción del aparato digestivo de la cucaracha en el laboratorio de entomología.

3.3.2.3. Influencia de los tratamientos en la excreta

- **Pérdida de peso de la cucaracha**

Se retiró las excretas y películas al cumplirse los 07 y 14 días, posterior a eso se pesó para obtener la evolución de la pérdida de peso de la cucaracha, en función del consumo de la bolsa plástica y film.

- **Obtención de la excreta producida**

Se retiró la excreta de forma manual con ayuda de un estilete, para ser posteriormente pesada en la balanza analítica. Esta parte se realizó en los días 07 y 14, para obtener la producción de excreta, en función del consumo de bolsa plástica y film.

3.3.3. Etapa de gabinete

3.3.3.1. Capacidad biodegradativa de la cucaracha – prueba cualitativa

En primer lugar se analizó con la ayuda del espectrofotómetro Raman Confocal las dos muestras (bolsa plástica y film), con la finalidad de obtener: La identificación, el espectro, el espectro de los grupos funcionales y los grupos funcionales característicos.

En segundo lugar también se analizó a los restos de las películas de bolsa plástica y film proveniente de la excreta de los dos tratamientos, con la única finalidad de corroborar la biodegradación o ataque microbiano. Para finalmente contrastar los espectros de los patrones iniciales y los restos de la bolsa plástica y film.

3.3.3.2. Bacterias y hongos del tracto digestivo de la cucaracha

Para identificar a los microorganismos se utilizó el homogenizado del tracto digestivo de la cucaracha en un caldo BHI, estas fueron incubadas a 37°C por 24 horas, para luego sembrarlos en los diferentes agares: Mannitol Salt Agar, MacConKey Agar, Cled Agar, Cetrimid Agar, Bacillus Cereus Agar; siendo así finalmente incubadas a 37 °C por 72 horas, para realizar sus pruebas bioquímicas y tinción Gram en el laboratorio de microbiología.

3.3.3.3. Influencia de los tratamientos en la calidad de la excreta

3.3.3.3.1. Micronutrientes (expresados en partes por millón)

Para la determinación de los microelementos (Cu, Pb, Zn, Cd, Fe, Mn), que se encuentran presentes en la excreta se empleó el método de digestión con ácido perclórico. En primer lugar se colocó 5 gramos de la excreta en la estufa a 110 °C por un día, seguidamente fue puesto en la mufla por 8 horas a la temperatura de 700 °C, con la finalidad de obtener cenizas (ALBINO, 2017).

En segundo lugar se añadió unas cuantas gotas de agua desionizada a las cenizas, para ser colocado al horno eléctrico a 150 °C. En tercer lugar a lo obtenido se le añadió 2 mililitros de ácido clorhídrico (esto se repitió varias veces para deshidratar el silicio), para formar una pasta llamada extracto clorhídrico. Finalmente se determinó los ppm de cada elemento con el uso del espectrofotómetro de absorción atómica (CABRERA, 2016).

3.3.3.3.2. Macronutrientes (expresados en porcentajes)

- **Nitrógeno total**

Para la determinación del nitrógeno total que se encontró en la excreta se usó el método kjeldahl. En primer lugar se secó 5 gramos de la excreta en una estufa a 45 °C por un día para luego ser molida. En segundo lugar en un balón de Kjendahl se colocó 0.3 gramos de lo obtenido, añadiéndole de 6 a 8 gramos de selenio y 5 mililitros de sulfato de hidrógeno para que tome un color cristalino. En tercer lugar la muestra cristalina se destilo con agua desionizada de 2 a 5 mililitros, así mismo se añadió unas gotas de fenolftaleína y 5 mililitros de NaOH. En cuarto lugar se inició el proceso de destilación y disolución con ácido bórico con el fin de observar una tonalidad verde esperando que continúe el proceso de destilación por unos 5 min, para concluir se tituló lo obtenido con ácido hidroclicórico a la concentración de 0.01 N, a partir de los resultados obtenidos se calculó el nitrógeno de la excreta utilizando la siguiente formula (ALBINO, 2017).

$$\%N = \frac{\text{gasto} \times \text{normalidad del acido} \times 0.014}{\text{peso de la muestra}} \times 100 \quad (1)$$

- **Fósforo (P₂O₅)**

El contenido de fósforo de la excreta se determinó mediante el método de digestión vía seca. En primer lugar se realizó la incineración de la muestra en la mufla a 450 – 500 °C y después de conseguir el residuo se extrajo el fósforo de la excreta por digestión con ácido clorhídrico (CABRERA, 2016). En segundo lugar se tomó una alícuota de 1.0 mililitro de dicha solución clorhídrica para añadirle 9 mililitros de agua desionizada (primera dilución). En tercer lugar

se tomó 1.0 mililitro de lo obtenido y se adiciona 9 mililitros de agua, a lo obtenido se añadió 10 mililitros de solución sulfomolibdica (añadiéndole 1 g de ácido ascórbico vitamina c para incrementar el color del fósforo), posterior a eso se dejó reposar un lapso de 20'. En cuarto lugar se realizó la lectura de la transmitancia a una longitud de onda de 650 nm donde se comparó con la curva patrón de fósforo y se expresó en % (ALBINO, 2017).

- **Potasio (K_2O)**

El contenido de potasio de la excreta se determinó mediante el método de digestión con ácido perclórico (CABRERA, 2016). En primer lugar se logró extraer una alícuota de 1.0 mililitro de la solución clorhídrica, asimismo se añadió 9 mililitros de agua desionizada (primera dilución). En segundo lugar se tomó 1.0 mililitro de lo obtenido, para añadirle 10 mililitros de solución de lantano al 1.0 por ciento, para concluir se colocó la solución final en el equipo de espectrometría de absorción atómica donde se realizó las lecturas respectivas.

- **Calcio, magnesio y sodio**

Para la determinación de los macroelementos (Ca, Mg y Na) que se encuentran presentes en la excreta se usó el método de digestión con ácido perclórico, por consiguiente se determinó el porcentaje de cada elemento con el uso del espectrofotómetro de absorción atómica (CABRERA, 2016).

3.3.3.3.3. Parámetros físicos y químicos

- **Materia orgánica**

El contenido de materia orgánica de la excreta se determinó mediante el método gravimétrico (CHÁVEZ, 2015). En primer lugar los vasos de crisol fueron colocados en el horno de secado por 60 minutos, seguidamente se dejó enfriar un cuarto de hora en la cámara de secado e inmediatamente se pesó en la báscula analítica de precisión ± 0.0001 , con la finalidad de obtener sus pesos iniciales. Simultáneamente se tamizó la excreta con malla N° 40. En segundo lugar se añadió 1 gramo de las excretas en cada vaso de crisol (rotulado) y se colocaron en la mufla por 240 minutos a 773.15 K, posteriormente los vasos de crisol con excretas fueron colocados en la cámara de secado por 60 minutos, con la finalidad de obtener sus pesos finales. Y con los datos obtenidos se utilizó la fórmula para calcular el % de M.O. de cada excreta:

$$\% MO = \frac{W_i - W_f}{W_{dm}} \times 100 \quad (2)$$

Donde:

%MO= Porcentaje de materia orgánica

W_i = Peso precedente (peso del vaso + peso de la excreta)

W_f = Peso siguiente (peso del vaso + peso de la excreta en la mufla)

W_{dm} = Peso de la excreta

- **Potencial de hidrógeno**

Para la determinación del potencial de hidrógeno de la excreta se utilizó el método de pasta saturada. En este método se formó una pasta mezclando en un vaso las siguientes medidas 10 gramos de excreta más 50

mililitros de agua desionizada por un periodo de 30'. Por consiguiente se filtró a la pasta saturada para obtener una disolución y proceder con la lectura del pH en el peachimetro digital sumergiendo el electrodo (CABRERA, 2016).

- **Conductividad eléctrica**

Para la determinación de la conductividad eléctrica de la excreta se realizó un extracto acuoso a partir de la pasta saturada. Por tanto se procedió a la lectura de la cantidad de sales solubles en el conductímetro digital al sumergir el electrodo (CABRERA, 2016).

- **Contenido de humedad**

Para determinar el contenido de humedad de la excreta se utilizó el método gravimétrico de forma triplicada (CHÁVEZ, 2015). En primer lugar se pesó la excreta húmeda en la balanza analítica de error (± 0.0001 g), con la finalidad de obtener el peso inicial (P_0). En segundo lugar se secó la excreta húmeda en un horno a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ por un día, seguidamente se dejó enfriar un cuarto de hora en la cámara de secado e inmediatamente se pesó, a fin de obtener el peso final (P_f). Y con los datos obtenidos se utilizó la fórmula para calcular la humedad (%).

$$\%H = \frac{(P_0 - P_f)}{(P_0)} \times 100 \quad (3)$$

3.3.4. Diseño de investigación

3.3.4.1. Diseño

El diseño que tiene esta investigación es experimental, debido a que se manipula la variable independiente (capacidad biodegradativa de la cucaracha) para observar nuestra variable dependiente (elaboración de abono).

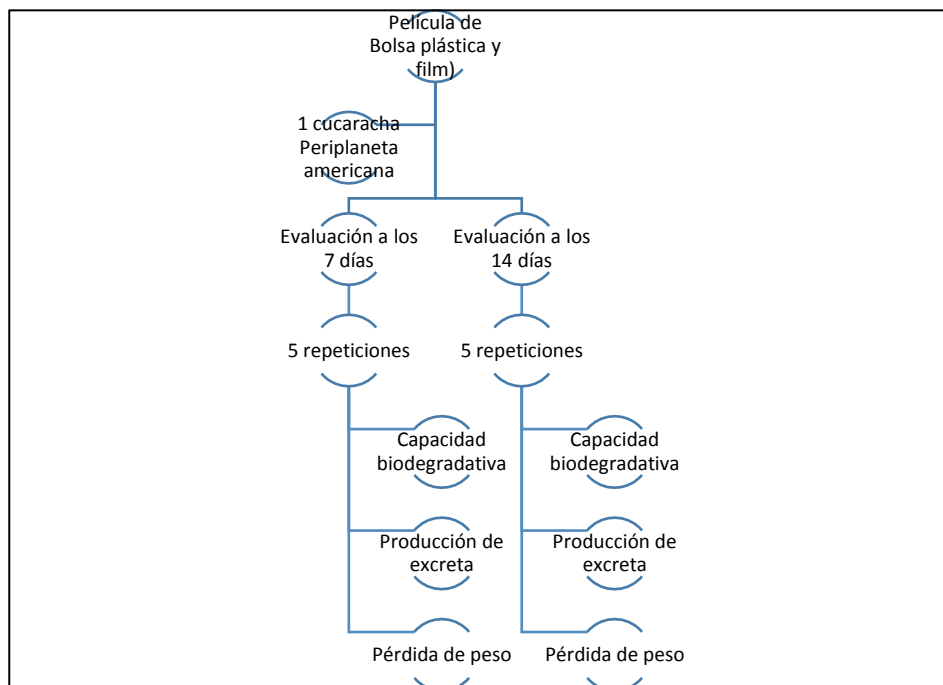


Figura 1. Diseño del tratamiento 1 y 2

3.3.4.2. Población y muestra

- **Unidad de análisis**

Películas de bolsa plástica y film.

- **Población**

La población son todas las películas de bolsa plástica y film.

- **Muestra**

Se usó 20 películas: 10 películas de bolsas plásticas y 10 películas de film, estas fueron biodegradadas para ser analizadas en el laboratorio.

3.3.4.3. Variables, operacionalización

Cuadro 4. Variables (independientes y dependientes)

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala
Independiente Capacidad biodegradativa de la cucaracha.	Según YANG <i>et al.</i> (2015), la degradación de polietileno de baja densidad se efectúa en el sistema digestivo.	Se anotaron los resultados obtenidos, a partir del consumo de bolsa plástica y film.	Tasa	Variación de peso de las películas de bolsa plástica y film. Pérdida de peso de la cucaracha. Excreta producida por la cucaracha.	g. g. g.
			Tratamientos	Tiempo. N° de cucarachas. Películas de bolsa plástica y film.	Días. Unidad. g.
Dependiente Elaboración de abono	PÉREZ <i>et al.</i> (2012), determinó que las harinas elaboradas a partir de cucarachas <i>Periplaneta americana</i> tiene en promedio un valor	Se realizó el análisis de los parámetros físicos-químicos, macronutrientes y micronutrientes de la excreta producida	Parámetros físicos y químicos	M.O. pH C.E. Humedad	% - mS/cm %
			Macronutrientes	N P K Ca Na Mg	% % % % % %

biológico (Vb) en la mayor que el biodegradac pescado. ión.	Micronutrientes	Cu	ppm
		Pb	ppm
		Zn	ppm
		Cd	ppm
		Fe	ppm
		Mn	ppm

3.3.4.4. Pruebas estadísticas

Para la variación de peso de las películas de bolsa plástica y film se aplicó la prueba de Shapiro–Wilk y la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney, ambas pruebas con un grado de confiabilidad del 95 %. De igual forma se aplicó las mismas pruebas a la evolución de la pérdida de peso de la cucaracha y a la producción de excreta de la misma.

IV. RESULTADOS

4.1. Capacidad biodegradativa de la cucaracha

4.1.1. Tratamiento con bolsa plástica

4.1.1.1. Prueba cuantitativa de biodegradación de la película de la bolsa plástica

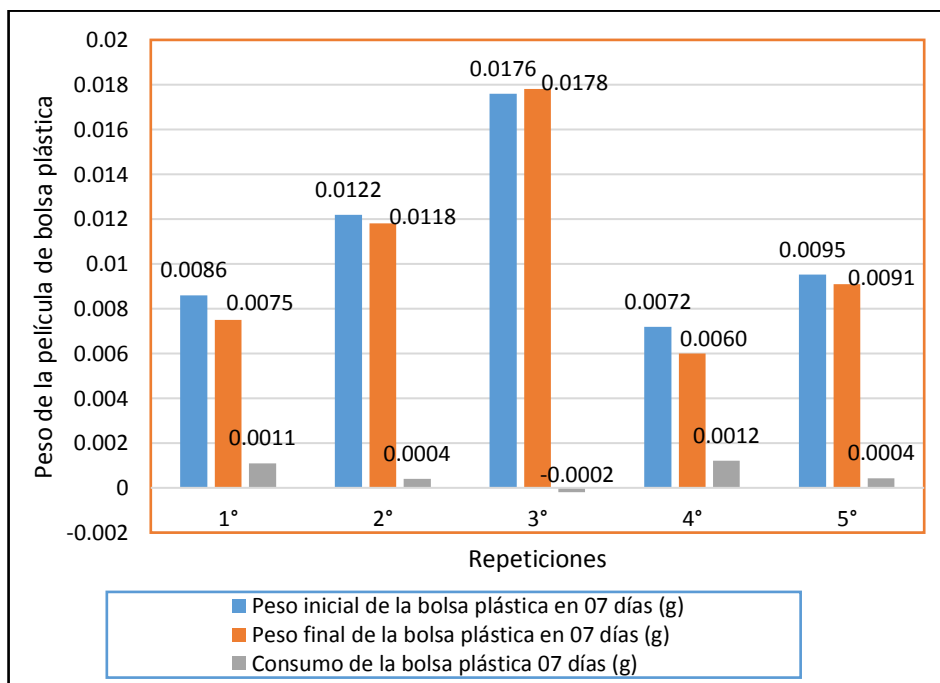


Figura 2. Variación de peso de la película de bolsa plástica en 07 días

En la Figura 2, se exhibe que la película de bolsa plástica en la primera repetición se redujo en 13 %, en la segunda repetición se redujo en 3 %, en la tercera repetición se aumentó en 1 %, en la cuarta repetición se redujo en 17 % y en la quinta repetición se redujo en 4 %.

Cuadro 5. Prueba de normalidad, película de bolsa plástica 07 días

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Variación de peso de la película de bolsa plástica en 07 días (g)	0.910	5	0.469

En el Cuadro 05, se describe los resultados de la prueba estadística, donde p es mayor a 0.050, los datos de variación de peso de la película de bolsa plástica en 07 días tiene distribución Gaussiana.

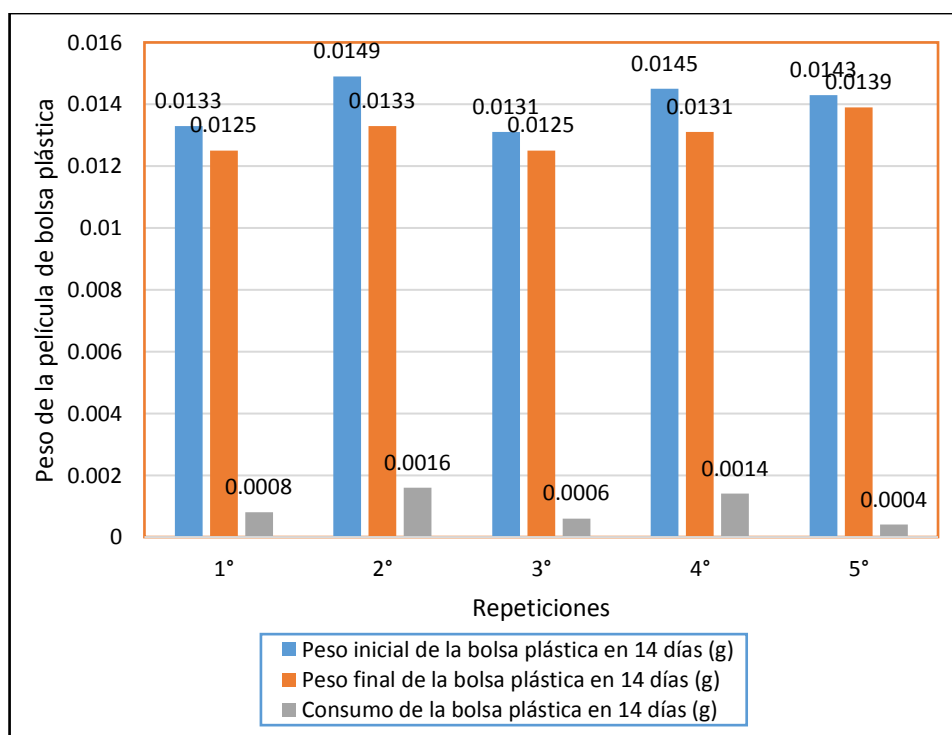


Figura 3. Variación de peso de la película de bolsa plástica en 14 días.

En la Figura 3, se aprecia que la película de bolsa plástica en la primera repetición se redujo en 6 %, en la segunda repetición se redujo en 11 %, en la tercera repetición se redujo en 5 %, en la cuarta repetición se redujo en 10 % y en la quinta repetición se redujo en 3 %.

Cuadro 6. Prueba de normalidad, película de bolsa plástica 14 días

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Variación de peso de la película de bolsa plástica en 14 días (g)	0.915	5	0.501

En el Cuadro 6, se detalla los resultados de la prueba estadística, donde p es mayor a 0.050, los datos de variación de peso de la película de bolsa plástica en 14 días tiene distribución Gaussiana.

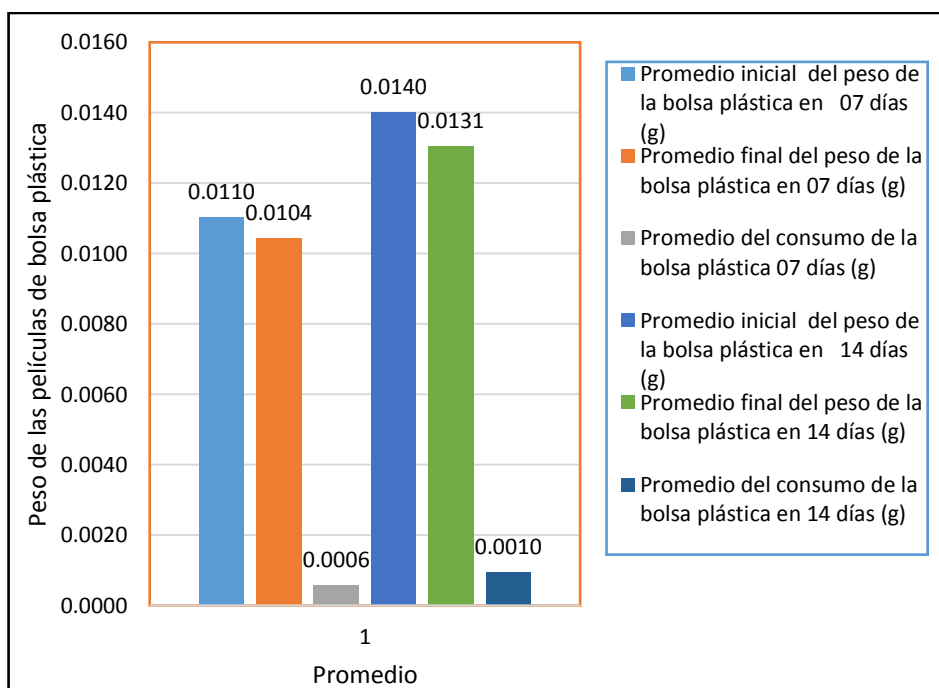


Figura 4. Consumos promedios de las películas de bolsas plásticas

En la Figura 4, se muestran que el consumo promedio de bolsa plástica en los primeros 07 días es de 5 %, además el consumo promedio de bolsa plástica en los 14 días es de 7 %.

Cuadro 7. Prueba estadística U de Mann-Whitney, consumo de bolsa plástica

	Consumo de bolsa plástica (g)
U de Mann-Whitney	7.000
Z	-1.163
Sig. asintótica (bilateral)	0.245
a. Variable de agrupación: 07 días y 14 días	

En el Cuadro 07, se señala los resultados de la prueba estadística, donde p es mayor a 0.05 (confiabilidad del 95%), esto nos indica que son no significativos. Estadísticamente no existe una diferencia significativa en el consumo de bolsa plástica de los dos grupos.

4.1.1.2. Prueba cualitativa de la biodegradación de la película de bolsa plástica

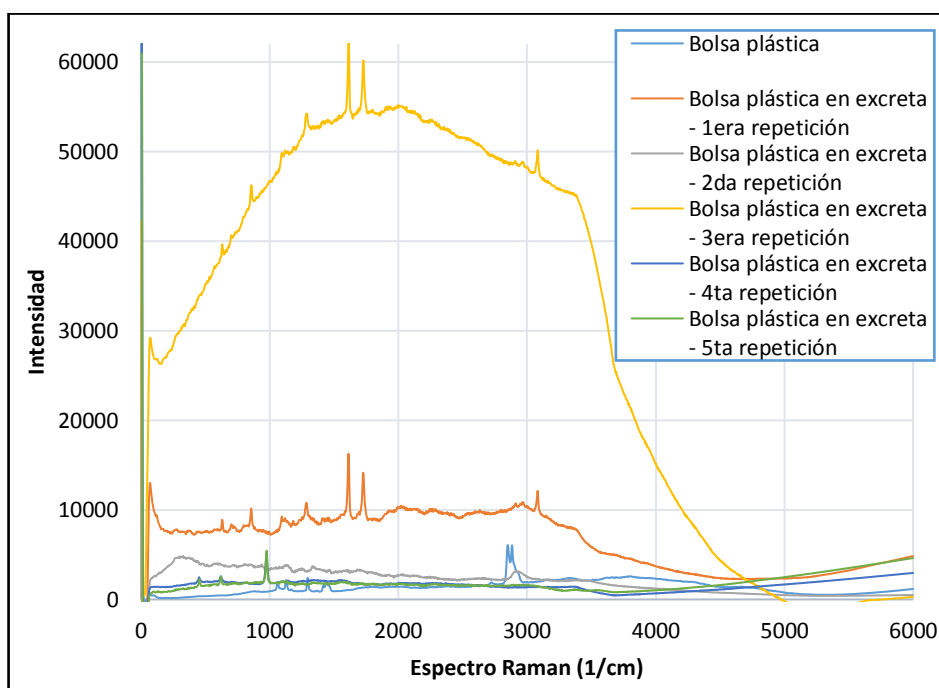


Figura 5. Espectro del patrón inicial y de los restos de la bolsa plástica.

4.1.2. Tratamiento con film

4.1.2.1. Prueba cuantitativa de la biodegradación de la película de film

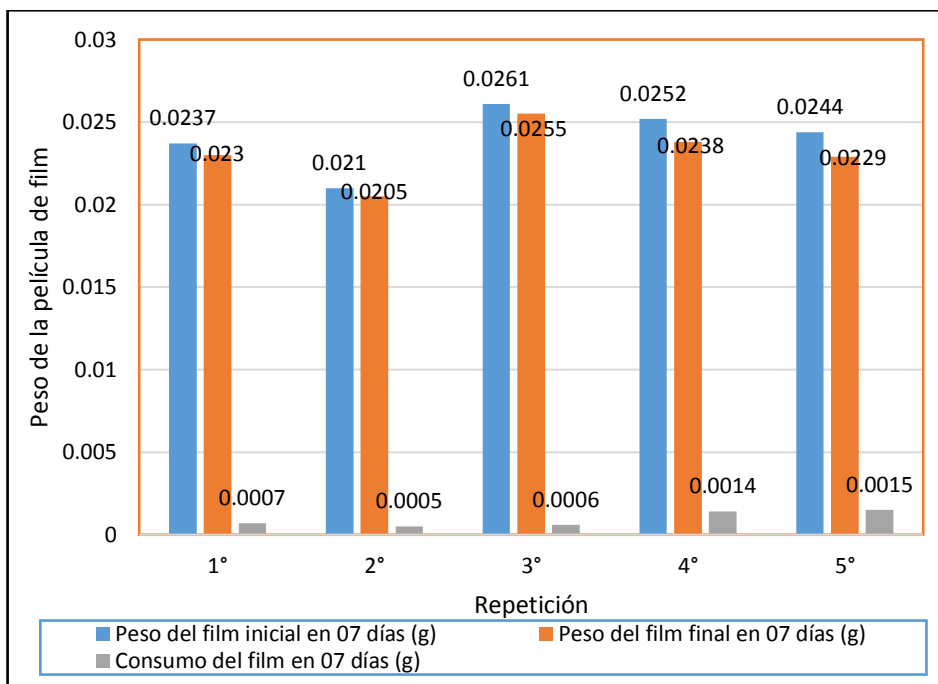


Figura 6. Variación de peso de la película de film en 07 días

En la Figura 6, se especifica que la película de film en la primera repetición se redujo en 3 %, en la segunda repetición se redujo en 2 %, en la tercera repetición se redujo en 2 %, en la cuarta repetición se redujo en 6 % y en la quinta repetición se redujo en 6 %.

Cuadro 8. Prueba de normalidad, película de film en 07 días

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.
Variación de peso de la película de film en 07 días (g)	0.825	5	0.127

En el Cuadro 08, se aprecia los resultados de la prueba estadística, donde p es mayor a 0.050, los datos de variación de peso de la película de film en 07 días tiene distribución Gaussiana.

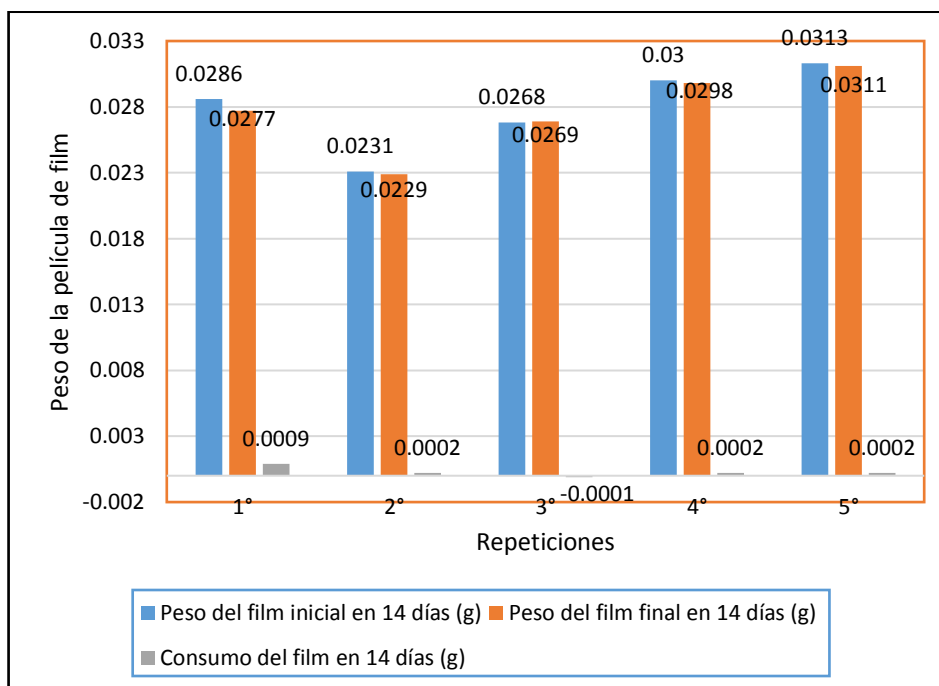


Figura 7. Variación de peso de la película de film en 14 días

En la Figura 7, se ilustra que la película de film en la primera repetición se redujo en 3 %, en la segunda repetición se redujo en 1 %, en la tercera repetición se redujo en 0 %, en la cuarta repetición se redujo en 1 % y en la quinta repetición se redujo en 1 %.

Cuadro 9. Prueba de normalidad, película de film 14 días

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Variación de peso de la película de film en 14 días (g)	0.806	5	0.091

Se registró en el Cuadro 09, los resultados de la prueba estadística, donde p es mayor a 0.050, entonces los datos de variación de peso de la película de film en 07 días (g) tiene una distribución de Gaussiana.

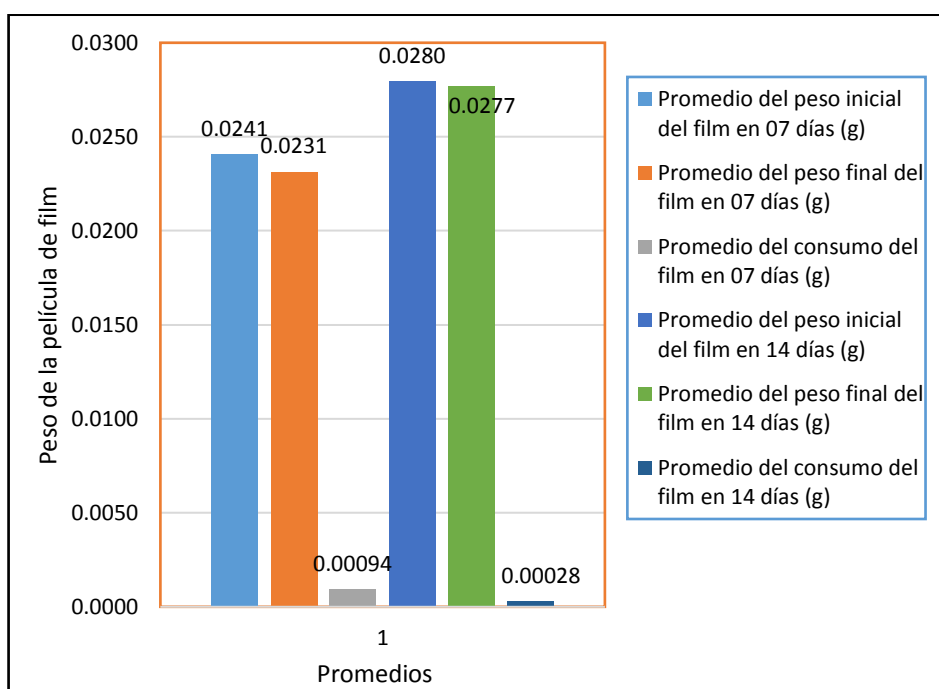


Figura 8. Consumos promedios de las películas de film en 07 y 14 días.

En la Figura 8, se expone que el consumo promedio de film en los primeros 07 días es de 4 %, además el consumo promedio de film en 14 días es 1 %.

Cuadro 10. U de Mann-Whitney para el consumo de film.

	Consumo de film (g)
U de Mann-Whitney	3.000
Z	-2.009
Sig. asintótica (bilateral)	0.045

a. Variable de agrupación: 07 días y 14 días

En el Cuadro 10, se detalla los resultados de la prueba estadística, donde p es menor a 0.05 (confiabilidad del 95%), esto nos indica que son significativos. Estadísticamente existe una diferencia significativa en el consumo de film de los dos grupos.

4.1.2.2. Prueba cualitativa de la biodegradación de la película de film

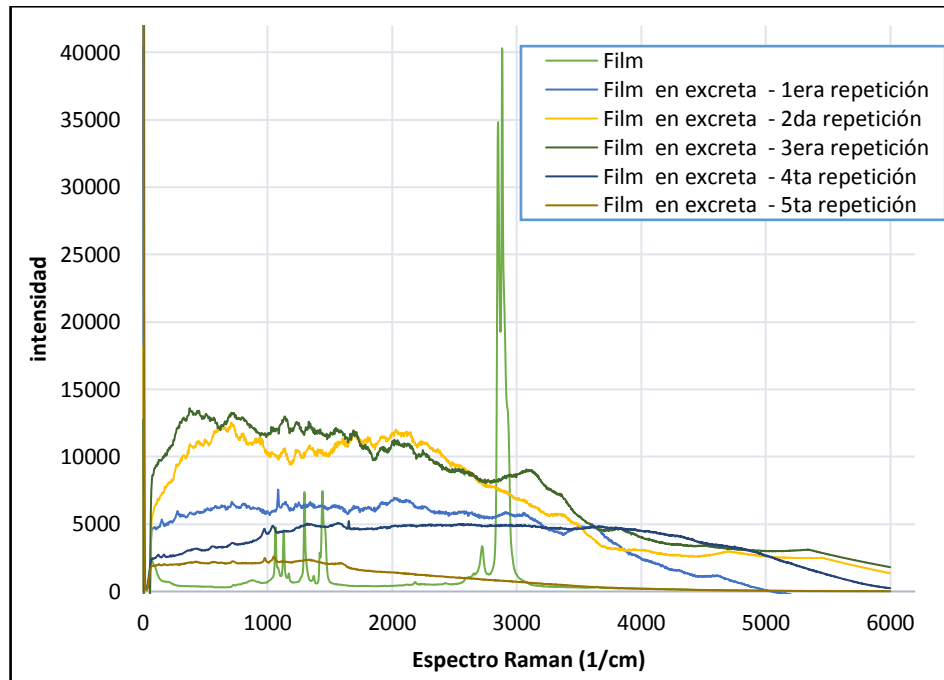


Figura 9. Espectro del patrón inicial y de los restos del film.

4.2. Microorganismos del tracto digestivo de la cucaracha

En el apéndice 3, anexo “A” se da a conocer que los microorganismos presentes en el tracto digestivo de las cucarachas aisladas son:

- Bacterias: *Bacillus sp.* y *Pseudomona sp.*
- Hongos: *Candida albicans*.

4.3. Abono orgánico

4.3.1. Pérdida de peso de la cucaracha

- Tratamiento 01

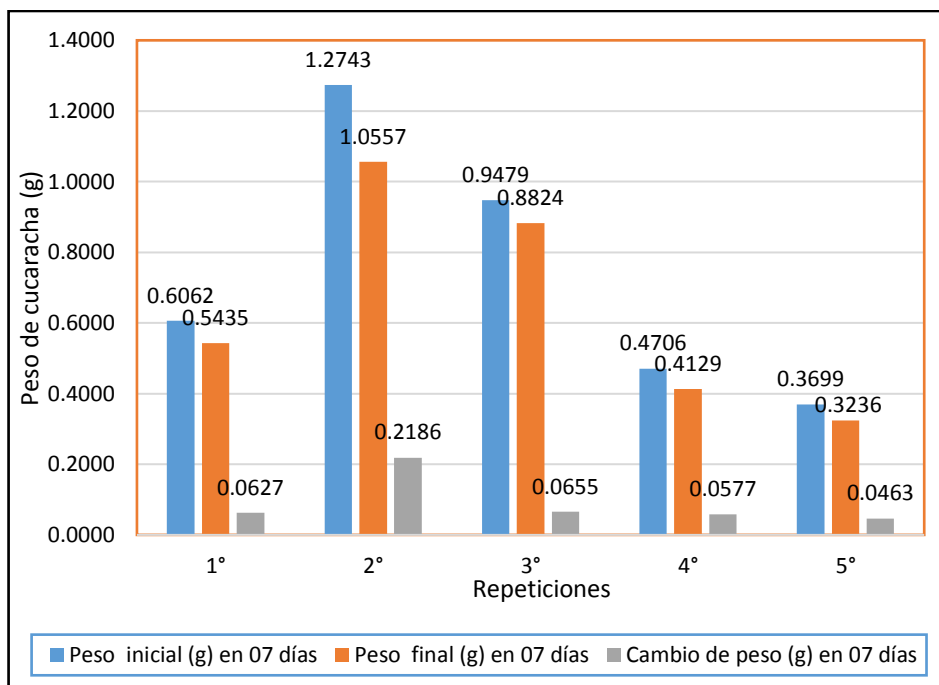


Figura 10. Evolución de la pérdida en función del consumo de bolsa en 07 días.

En la Figura 10, se puede observar que la cucaracha perdió peso durante el consumo de bolsa plástica, en la primera repetición mermó un 10 %, en la segunda repetición mermó un 17 %, en la tercera repetición mermó un 7 %, en la cuarta repetición mermó un 12 % y en la quinta repetición mermó un 13 %.

Cuadro 11. Prueba de normalidad, en función del consumo de bolsa en 07 días.

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.
Pérdida de peso de la cucaracha en 07 días (g)	0.806	5	0.003

En el Cuadro 11, se puede ver los resultados de la prueba estadística, donde p es menor a 0.050, los datos de la pérdida de peso en el tratamiento 1 en 07 días no tienen distribución Gaussiana.

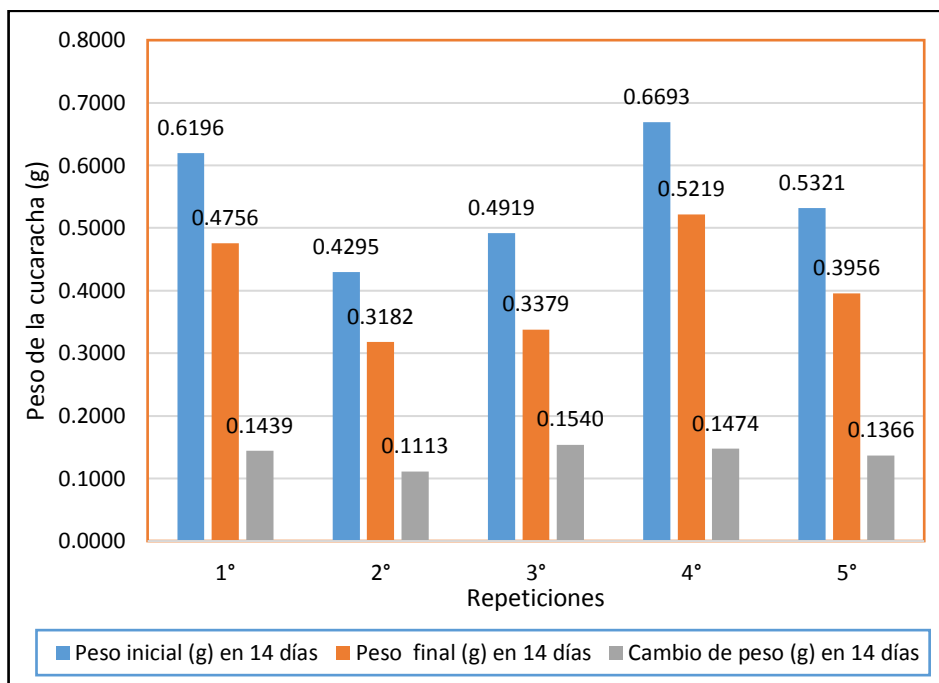


Figura 11. Evolución de la pérdida en función del consumo de bolsa en 14 días.

En la Figura 11, se puede apreciar que la cucaracha perdió peso durante el consumo de bolsa plástica, en la primera repetición mermó un 23 %, en la segunda repetición mermó un 26 %, en la tercera repetición mermó un 31 %, en la cuarta repetición mermó un 22 % y en la quinta repetición mermó un 26 %.

Cuadro 12. Prueba de normalidad en función del consumo de bolsa en 14 días.

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.
Pérdida de peso de la cucaracha (g)	0.806	5	0.306

En el Cuadro 12, se indica los resultados de la prueba estadística, donde p es mayor a 0.050, los datos de la pérdida de peso tratamiento 1 en 14 días tiene distribución Gaussiana.

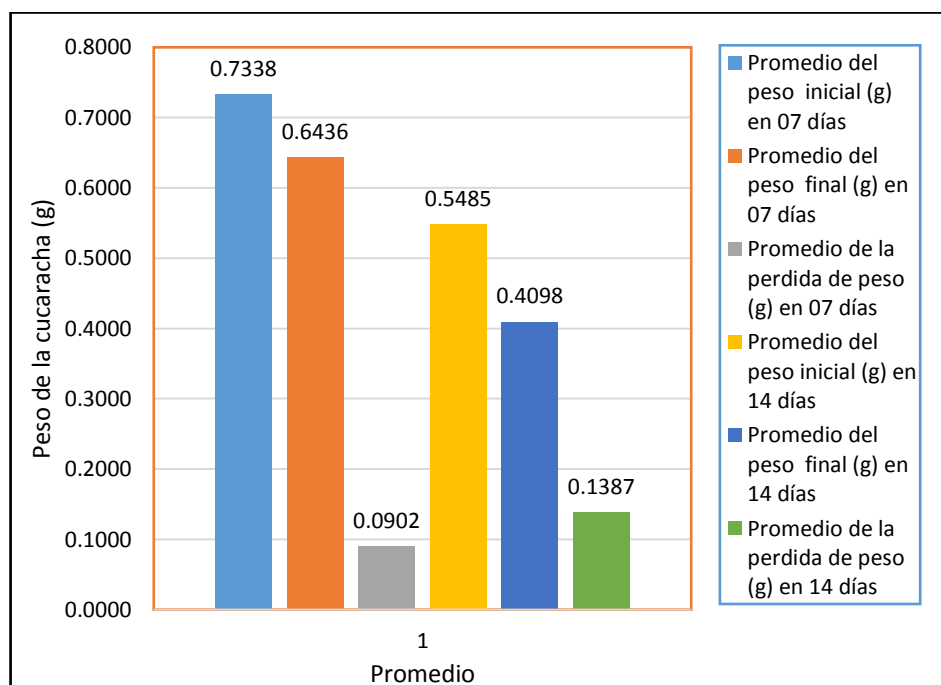


Figura 12. Promedios de pérdida de pesos en función del consumo de bolsa

En la Figura 12, se puede contemplar que las pérdidas de pesos por el consumo promedio en los primeros 07 días es de 12 %, además que las pérdidas de pesos por el consumo promedio en los 14 días es de 25 %.

Cuadro 13. U de Mann-Whitney de la pérdida de peso de la cucaracha

	Consumo bolsa plástica (g)
U de Mann-Whitney	5.000
Z	-1.567
Sig. asintótica (bilateral)	0.117
a. Variable de agrupación: 07 días y 14 días	

En el Cuadro 13, se precisa los resultados de la prueba estadística, donde p es mayor a 0.05 (confiabilidad del 95%), esto nos indica que son no

significativos. Estadísticamente no existe una diferencia significativa en la pérdida de peso a partir del consumo de bolsa plástica.

- **Tratamiento 2**

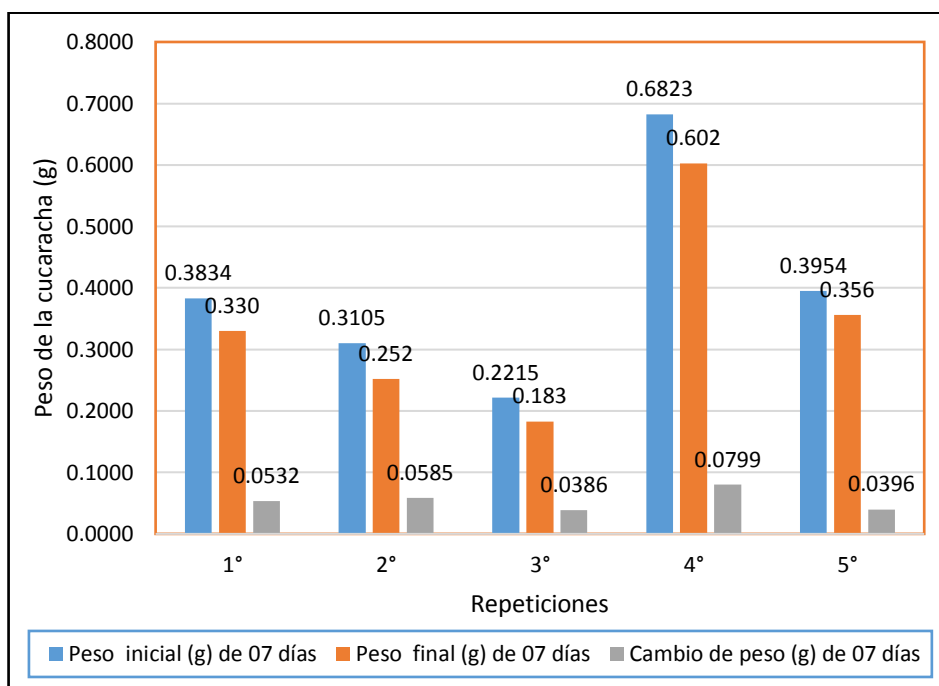


Figura 13. Evolución de la pérdida en función del consumo de film en 07 días.

En la Figura 13, se puede observar que la cucaracha perdió peso durante el consumo de film, en la primera repetición mermó un 14 %, en la segunda repetición se mermó un 19 %, en la tercera repetición mermó un 17 %, en la cuarta repetición mermó un 12 %, en la quinta repetición mermó un 10 %.

Cuadro 14. Prueba de normalidad en función del consumo de film en 7 días.

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.
Pérdida de peso de la cucaracha (g)	0.806	5	0.420

Se estimó en el Cuadro 14, los resultados de la prueba estadística, donde p es mayor a 0.050, entonces los datos de la pérdida de peso en el tratamiento 2 en 07 días tiene una distribución de Gaussiana.

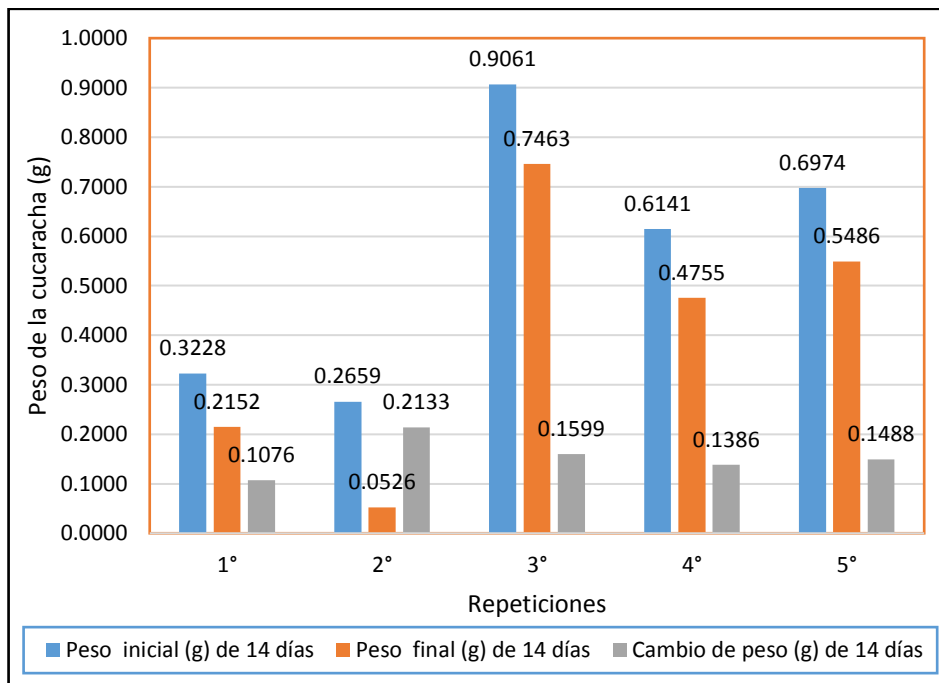


Figura 14. Evolución de la pérdida en función del consumo de film en 14 días.

En la Figura 14, se puede notar que la cucaracha perdió peso durante el consumo de film, en la primera repetición mermó un 33 %, en la segunda repetición mermó un 80 %, en la tercera repetición mermó un 18 %, en la cuarta repetición mermó un 23 % y en la quinta repetición mermó un 21 %.

Cuadro 15. Prueba de normalidad en función del consumo de film en 14 días.

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.
Pérdida de peso de la cucaracha (g)	0.806	5	0.755

En el Cuadro 15, se describe los resultados de la prueba estadística, donde p es mayor a 0.050, los datos de la pérdida de peso en el tratamiento 2 en 14 días tiene distribución Gaussiana.

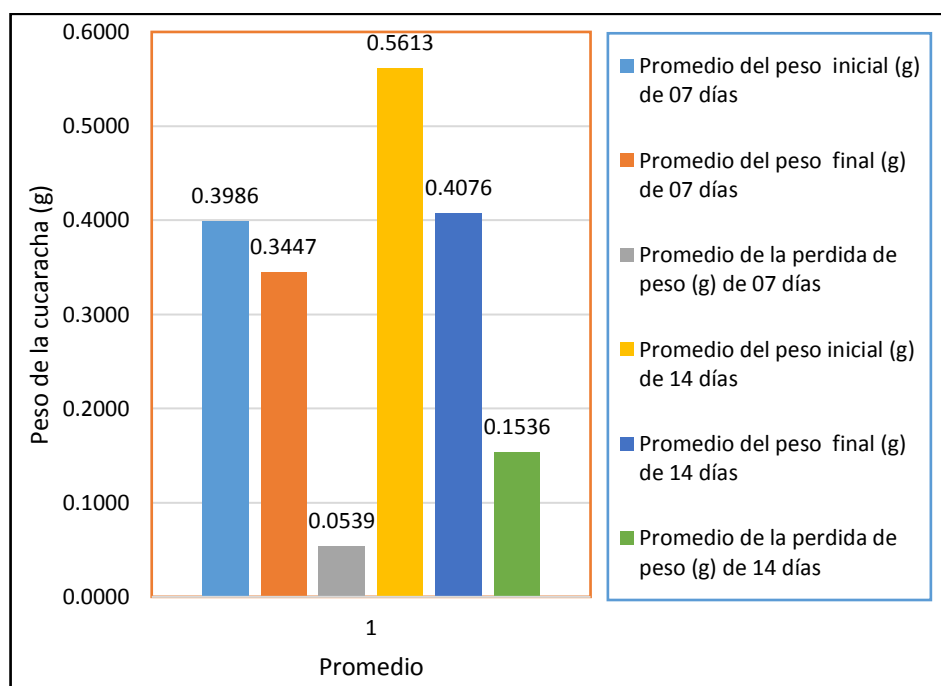


Figura 15. Promedios de pérdida de pesos en función del consumo de film.

En la Figura 15, se puede analizar que el promedio de la pérdida de peso por el consumo de film en los primeros 07 días es de 14 %, además que el promedio de la pérdida de peso por el consumo de film en 14 días es de 27 %.

Cuadro 16. U de Mann-Whitney de la pérdida de la cucaracha

	Consumo de film (g)
U de Mann-Whitney	0.000
Z	-2.611
Sig. asintótica (bilateral)	0.009
a. Variable de agrupación: 07 días y 14 días	

En el Cuadro 16, presentamos los resultados de la prueba estadística, donde p es menor a 0.05 (confiabilidad del 95%), esto nos indica que

son significativos. Estadísticamente existe una diferencia significativa en la pérdida de peso a partir del consumo de film.

4.3.2. Excreta producida

4.3.2.1. Tratamiento 1

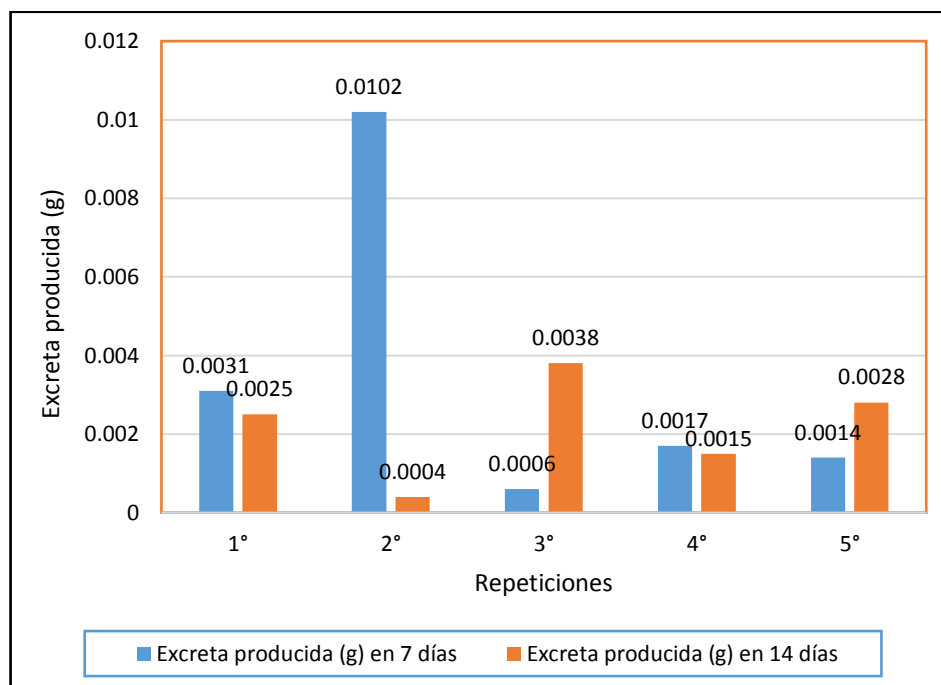


Figura 16. Excreta producida, en función del consumo de bolsa plástica.

Cuadro 17. U de Mann-Whitney de la excreta en función del consumo de bolsa.

	Consumo (g)
U de Mann-Whitney	12.000
Z	-0.104
Sig. asintótica (bilateral)	0.917

a. Variable de agrupación: 07 días y 14 días

En el Cuadro 17, podemos ver los resultados de la prueba estadística, donde p es mayor a 0.05 (confiabilidad del 95%), esto nos indica que son no significativos. Estadísticamente no existe una diferencia significativa en la producción de excreta a partir del consumo de bolsa plástica.

4.3.2.2. Tratamiento 2

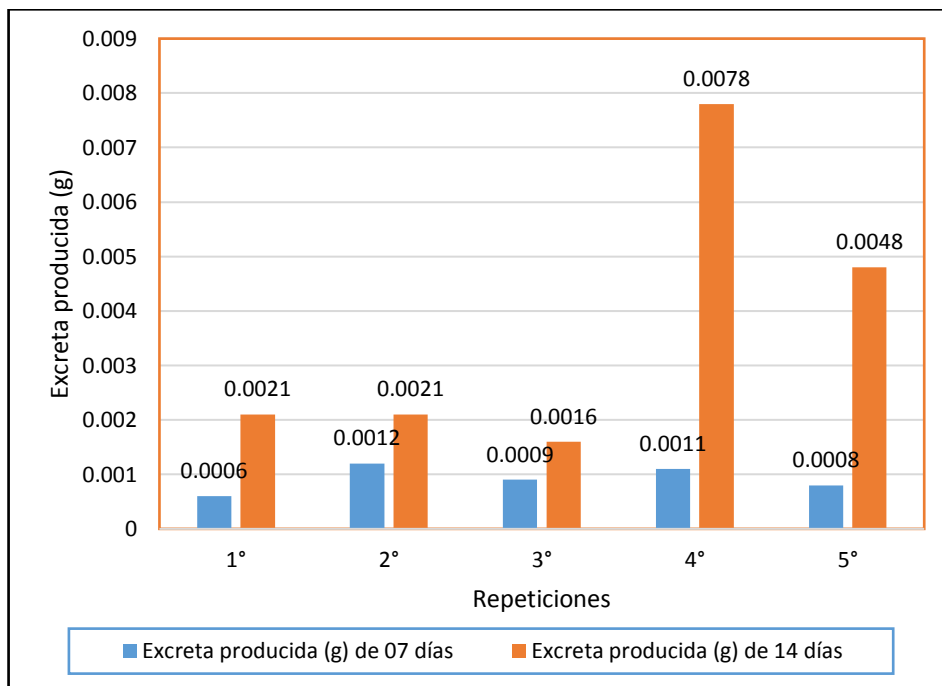


Figura 17. Excreta producida, en función del consumo de film.

Cuadro 18. U de Mann-Whitney de la excreta en función del consumo de film.

	Consumo (g)
U de Mann-Whitney	0.000
Z	-2.619
Sig. asintótica (bilateral)	0.009
a. Variable de agrupación: 07 días y 14 días	

En el Cuadro 18, se detalla los resultados de la prueba estadística, donde p es menor a 0.05 (confiabilidad del 95%), esto nos indica que son significativos. Estadísticamente existe una diferencia significativa en la producción de excreta a partir del consumo de film.

4.3.2.3. Análisis de calidad de la excreta

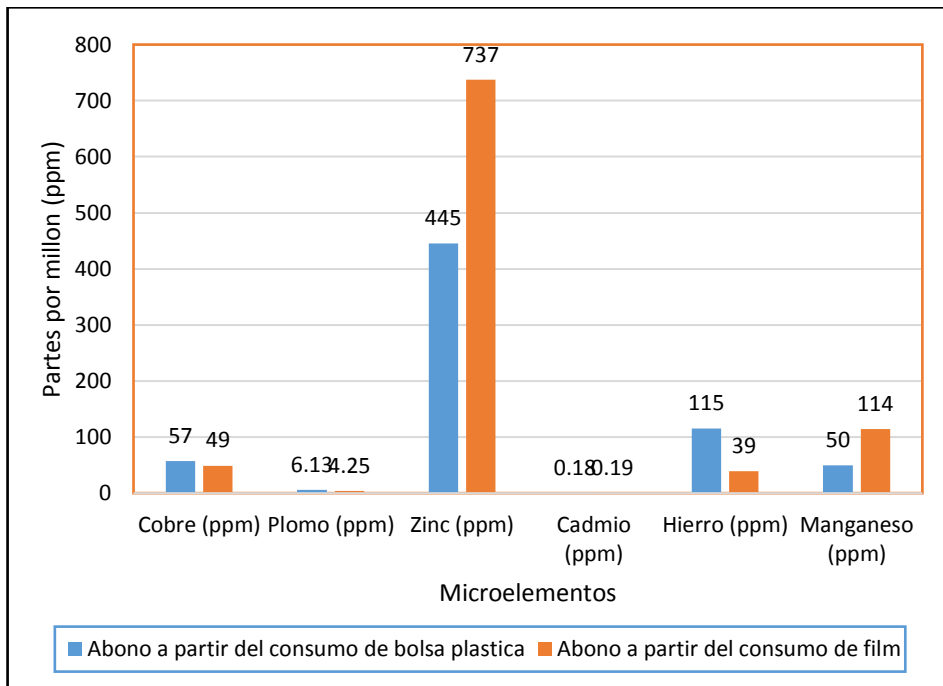


Figura 18. Micronutrientes

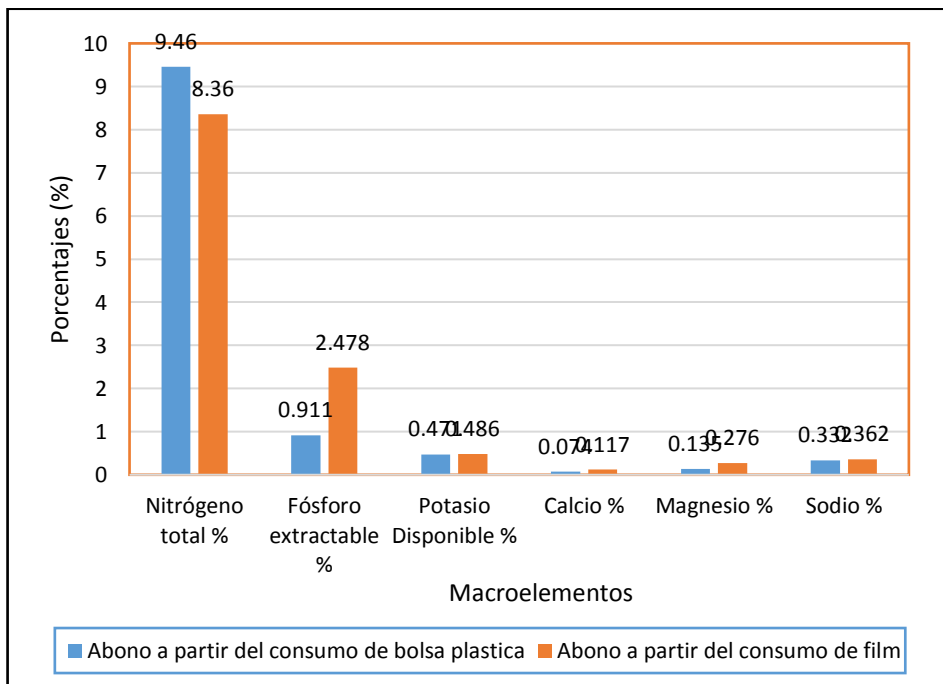


Figura 19. Macronutrientes

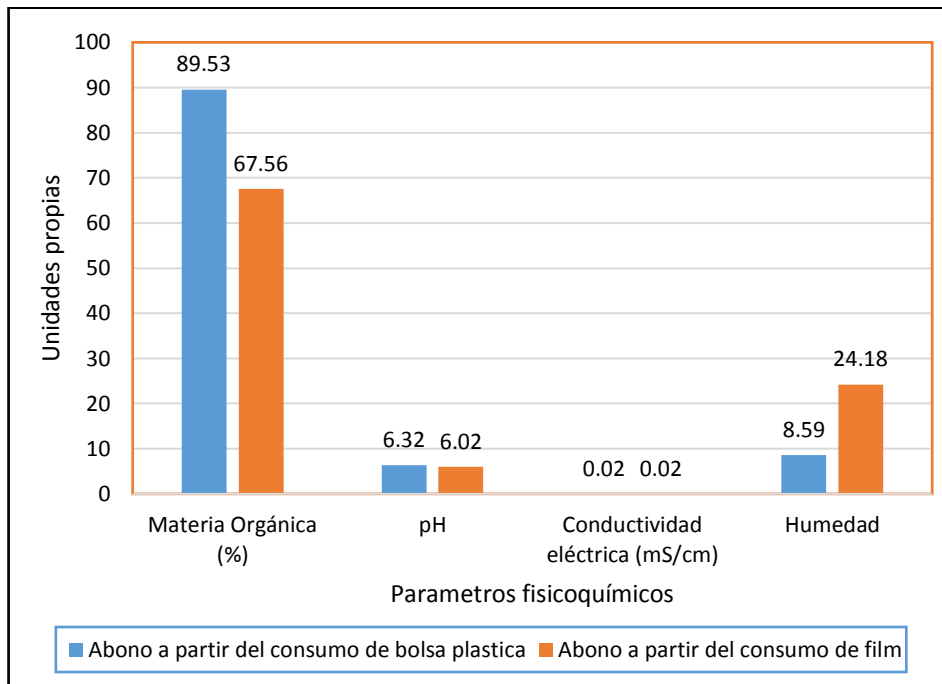


Figura 20. Parámetros físicos y químicos

V. DISCUSIÓN

5.1. Capacidad biodegradativa de la cucaracha

5.1.1. Cuantitativo

La cucaracha *Periplaneta americana* tiene una biodegradación promedio de 0.6 mg de bolsa plástica en 07 días, CÁCERES (2011), da a conocer su investigación de biodegradación con diferentes microorganismos donde obtuvo una disminución de 4.6 mg en 7 días, no obstante GUTIÉRREZ (2018), en su investigación de biodegradación de bolsas plásticas con el microorganismo *Pseudomonas sp.*, obtuvo una disminución de 0.16 mg en 7 días. Comparando con nuestra investigación se observa una clara diferencia en cuanto a lo manifestado por el primer autor, este tratamiento es más ventajoso por utilizar un conglomerado de microorganismos en un mismo tratamiento.

Sin embargo en nuestra investigación se obtuvo una eficiencia promedio de 7.6 % en las películas de bolsas plásticas y 3.8 % en las películas de film, ambos en 07 días de evaluación, por otro lado REVILLA (2018), argumenta que con un homogenizado del tracto digestivo del gusano de la polilla de cera *Galleria mellonella*, logró obtener un consumo promedio de 4.6 % en bolsas plásticas y 12.34 % en el film en 7 días de evaluación. Comparando con nuestra investigación su tratamiento demuestra tener una mayor eficiencia con relación al film y menor eficiencia con respecto a la bolsa plástica.

Al analizar nuestra investigación en 12 horas, se obtuvo una disminución promedio de 0.54 % en las películas de bolsas plásticas, de igual forma VELASCO (2017), expresa que en su investigación de biodegradación de bolsa plástica con *Galleria mellonella* obtuvo una disminución de 3.57 % en 12 horas, comparando con nuestra investigación su tratamiento es mejor en periodos cortos, debido que la especie en etapa larva se alimenta únicamente de cera.

5.1.2. Cualitativo

Según BARBARAN *et al.* (2018), el espectro Raman nos permite un análisis cualitativo de compuestos orgánicos a través de la aparición de bandas en frecuencias específicas y la identificación de los grupos funcionales. Al analizar en nuestra investigación a los grupos funcionales de los diferentes espectros (apéndice 8, anexo C y D), nos muestran productos de biodegradación sobre el patrón inicial.

5.2. Microorganismos del tracto digestivo de la cucaracha

En el tracto digestivo de la cucaracha se encontró a las bacterias: *Pseudomonas sp.* y *Bacillus sp.* MEZA (2013), nos menciona que estos dos tienen antecedentes de favorecer la biodegradación del polietileno de baja densidad. Se puede asumir a partir de los autores mencionados que las dos especies favorecen la biodegradación de la bolsa plástica y film.

Además, en el mismo tracto digestivo se encontró al hongo *Candida albicans*, URIBE *et al.* (2010), propone que sobre la superficie de los plásticos se realiza una acción enzimática por el cual los consorcios microbianos (hongos)

inician una biodegradación, del mismo modo ACOSTA *et al.* (2011), menciona que la levadura *Candida albicans* se desarrolla en presencia de derrames de petróleo y usa este como su única dieta. Se puede asumir a partir de los autores mencionados, que el hongo favorece al proceso de biodegradación, ya que el polietileno se fabrica a partir de petróleo.

5.3. Abono orgánico

5.3.1. Micronutrientes

5.3.1.1. Cobre

La cantidad de cobre en la excreta de la cucaracha es de 57 ppm en el 1° tratamiento y 49 ppm en el 2° tratamiento. DEL CASTILLO (2019), propone que el rango óptimo del cobre en el compost tiene un valor de 100 – 150 ppm, por otro lado, VELÁSQUEZ (2019), manifiesta que el rango óptimo del cobre en el humus tiene un valor de 34 – 490 ppm. En la misma se aprecia que la excreta de la cucaracha posee una baja cantidad de cobre, se debe a que la alimentación utilizada fue con bolsa plástica y film (ambos no poseen cobre en su composición), además se confirma lo mencionado por BELL (2007), por el uso indiscriminado de insecticidas en cucarachas, los contaminan con metales pesados como es el caso del cobre.

5.3.1.2. Plomo

La cantidad de plomo en la excreta de la cucaracha es de 6.13 ppm en el 1° tratamiento y 4.25 ppm en el 2° tratamiento. CLAVIJO (2014), propone que el parámetro óptimo de plomo en el compost es de 100 ppm. En la misma se aprecia que la excreta de la cucaracha posee baja cantidad de plomo, esto se debe a que la alimentación utilizada fue con bolsa plástica y film (ambos no

poseen plomo en su composición), además se confirma lo mencionado por BELL (2007), por el uso indiscriminado de insecticidas en cucarachas, los contaminan con metales pesados como es el caso del plomo.

5.3.1.3. Zinc

La cantidad de zinc en la excreta de la cucaracha es de 445 ppm en el 1° tratamiento y 737 ppm en el 2° tratamiento. DEL CASTILLO (2019), propone que el rango óptimo de zinc en el compost tiene un valor de 200 – 400 ppm, por otro lado VELÁSQUEZ (2019), describe que el rango óptimo de zinc en el humus tiene un valor de 85 – 404 ppm, En la misma se aprecia que la excreta de la cucaracha posee mayor cantidad de zinc, esto se debe a que la cucaracha muda su exoesqueleto y produce exuvia, confirmando lo mencionado por BELL (2007), que el exoesqueleto y la exuvia contiene nutrientes como es el caso del zinc.

5.3.1.4. Cadmio

La cantidad de cadmio en la excreta de la cucaracha es de 0.18 ppm en el 1° tratamiento y 0.19 ppm en el 2° tratamiento. CLAVIJO (2014), afirma obtener en el compost 2 ppm de cadmio. En la misma se aprecia que la excreta de la cucaracha posee una cantidad baja de cadmio, esto se debe a que la alimentación utilizada fue con bolsa plástica y film (ambos no poseen cadmio en su composición), además se confirma lo mencionado por BELL (2007), las cucarachas también se contaminan con metales pesados provenientes de los suelos, como es el caso del cadmio.

5.3.1.5. Hierro

La cantidad de hierro en la excreta de la cucaracha es de 115 ppm en el 1° tratamiento y 39 ppm en el 2° tratamiento. DEL CASTILLO (2019), afirma que el rango óptimo de hierro en el compost tiene un valor de 800 – 1500 ppm, autor como DEL VELÁSQUEZ (2019), nos informa que el rango óptimo de hierro en el humus tiene un valor de 6000 – 96000 ppm, En la misma se aprecia que la excreta de la cucaracha posee una cantidad baja de hierro, esto se debe a que la alimentación utilizada fue con bolsa plástica y film (ambos no poseen hierro en su composición), además se confirma lo mencionado por BELL (2007), las cucarachas también se contaminan con metales pesados provenientes del agua, como es el caso del hierro.

5.3.1.6. Manganeso

La cantidad de manganeso en la excreta de la cucaracha es de 50 ppm en el 1° tratamiento y 114 ppm en el 2° tratamiento. DEL CASTILLO (2019), plantea que el rango óptimo del manganeso en el compost esta entre 300 – 1200 ppm, por otro lado LAMAS (2006), refiere que el parámetro óptimo del manganeso en el humus tiene que tener un valor de 53075 ppm. En la misma se aprecia que la excreta de la cucaracha posee una cantidad baja de manganeso, esto se debe a que la alimentación utilizada fue con bolsa plástica y film (ambos no poseen manganeso en su composición), además se confirma lo mencionado por BELL (2007), las cucarachas también se contaminan con metales pesados provenientes del agua como es el caso del manganeso.

5.3.2. Macronutrientes

5.3.2.1. Nitrógeno

La cantidad de nitrógeno en la excreta de la cucaracha es de 9.46 % en el 1° tratamiento y 8.36 % en el 2° tratamiento. DEL CASTILLO (2019), indica que el rango óptimo del nitrógeno total en el compost se encuentra entre el 1.5 – 2 %, otro autor como CORONADO (1997), da a conocer que el rango óptimo de nitrógeno total en el humus se encuentra entre el 1.5 – 3.3 %. En la misma se aprecia que la excreta de la cucaracha posee un porcentaje elevado de nitrógeno total, confirmando lo mencionado por SABREE (2009), que expresa que las cucarachas se diferencian a grandes rasgos de casi todos de los insectos terrestres no solo por apariencia, en estos se excretan desechos de nitrógeno al interior de sus cuerpos grasos como ácidos úricos, estos son usados como un complemento en casos extremos, cuando la ingesta de nitrógeno en la dieta es limitada.

5.3.2.2. Fósforo

La cantidad de fósforo en la excreta de la cucaracha es de 0.911 % en el 1° tratamiento y 2.478 % en el 2° tratamiento. DEL CASTILLO (2019), manifiesta que el rango óptimo de fósforo en el compost se encuentra entre el 0.15 – 1.5 %, otro autor como CAJAHUANCA (2016), manifiesta que el rango óptimo de fósforo en el humus se encuentra entre el 1.0 – 3.0 %. En la misma se aprecia que la excreta de la cucaracha posee una cantidad óptima de fósforo, esto se debe a que la cucaracha muda el exoesqueleto, confirmando lo mencionado por BELL (2007), que el exoesqueleto de las cucarachas contiene mucho fósforo.

5.3.2.3. Potasio

La cantidad de potasio en la excreta de la cucaracha es de 0.471 % en el 1° tratamiento y 0.486 % en el 2° tratamiento. QUEVEDO (2017), recomienda que el rango óptimo de potasio en el compost se encuentra entre el 0.5 – 1.8 %, otro autor como VELÁSQUEZ (2019), describe que el rango óptimo de potasio en el humus tiene un valor de 1 – 1.5 %, En la misma se aprecia que la excreta de la cucaracha posee una cantidad significativa de potasio, esto se debe a que la cucaracha mudo el exoesqueleto, confirmando lo mencionado por BELL (2007), que el exoesqueleto de las cucarachas contiene pequeñas cantidades de potasio.

5.3.2.4. Calcio

La cantidad de calcio en la excreta de la cucaracha es de 0.074 % en el 1° tratamiento y 0.117 % en el 2° tratamiento. DEL CASTILLO (2019), propone que el rango óptimo del calcio en el compost se encuentra entre 1.5 – 7 %, otro autor como CORONADO (1997), sugiere que el rango óptimo del calcio en el humus es de 2.8 – 8.7 %. En la misma se aprecia que la excreta de la cucaracha posee una insignificante cantidad de calcio, esto se debe a que la cucaracha muda el exoesqueleto, confirmando lo mencionado por BELL (2007), que el exoesqueleto de las cucarachas contiene bajas cantidades de calcio.

5.3.2.5. Magnesio

La cantidad de magnesio en la excreta de la cucaracha es de 0.135 % en el 1° tratamiento y 0.276 % en el 2° tratamiento. DEL CASTILLO (2019), propone que el rango óptimo del magnesio en el compost tiene un valor de 0.49 – 1.06 %, otro autor como CORONADO (1997), plantea que el rango óptimo del

magnesio en el humus tiene un valor de 0.2 – 2.6 %. En la misma se aprecia que la excreta de la cucaracha posee una cantidad baja de magnesio, esto se debe a que la cucaracha muda el exoesqueleto, confirmando lo mencionado por BELL (2007), que el exoesqueleto de las cucarachas contiene magnesio.

5.3.2.6. Sodio

La cantidad de sodio en la excreta de la cucaracha es de 0.332 % en el 1° tratamiento y 0.362 % en el 2° tratamiento. HIDALGO (2016), considera que el parámetro óptimo de sodio en el compost tiene un valor de 0.39 %, otro autor como LAMAS (2006), describe que el parámetro óptimo de sodio en el humus tiene un valor de 0.0023 %. En la misma se aprecia que la excreta de la cucaracha tiene una diferencia no tan significativa en la cantidad de sodio, esto se debe a que la cucaracha muda el exoesqueleto, confirmando lo mencionado por BELL (2007), que el exoesqueleto de las cucarachas contiene una baja cantidad el sodio.

5.3.3. Parámetros físicos y químicos

5.3.3.1. Materia orgánica

La cantidad de materia orgánica en la excreta de la cucaracha es de 89.53 % en el 1° tratamiento y 67.56 % en el 2° tratamiento. DEL CASTILLO (2019), sugiere que el rango óptimo de materia orgánica en el compost se encuentra entre 25 – 50 %, otro autor como VELÁSQUEZ (2019), menciona que el rango óptimo de materia orgánica en el humus se encuentra en 60 %. En la misma se aprecia que la excreta de la cucaracha posee mayor cantidad de materia orgánica, esto se debe a que la cucaracha produjo exuvia, confirmando

lo mencionado por BELL (2007), que las cucarachas mudan de estado ninfa a adulto cambiando su exoesqueleto y produciendo exuvia.

5.3.3.2. Potencial de hidrógeno

El potencial de hidrógeno en la excreta de la cucaracha es de 6.32 en el 1° tratamiento y 6.02 en el 2° tratamiento. IRIGOÍN (2018), plantea que el rango óptimo de pH en el compost se encuentra entre el 6.5 – 8, otro autor como CORONADO (1997), argumenta que el rango óptimo de pH en el humus es 6.6 - 7.2. En la misma se aprecia que la excreta de la cucaracha posee un pH ligeramente neutro (pH normal), al analizar el tracto digestivo de las cucarachas, no observamos indicios de daño alguno, esto confirma lo mencionado por BELL (2007), que las cucarachas poseen micetomas (estructuras que se encuentran dentro de los tejidos de sus intestinos, donde se hospedan microorganismos que trabajan como una simbiosis intracelular) que les permite degradar con facilidad lo que encuentren en su entorno.

5.3.3.3. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica en la excreta de la cucaracha es de 0.02 mS/cm en el 1° tratamiento y 0.02 mS/cm en el 2° tratamiento. CLAVIJO (2014), manifiesta que el parámetro óptimo de la conductividad eléctrica en el compost se encuentra en 3 mS/cm, otro autor como CAJAHUANCA (2016), menciona que el parámetro óptimo de la conductividad eléctrica en el humus es 3.8 mS/cm. En la misma se aprecia que la excreta de la cucaracha posee una baja conductividad eléctrica, esto se debe a que la alimentación fue solo bolsa plástica y film (ambos poseen una baja conductividad eléctrica).

5.3.3.4. Contenido de humedad

El contenido de humedad en la excreta de la cucaracha es de 8.59 % en el 1° tratamiento y 24.18 % en el 2° tratamiento. DEL CASTILLO (2019), recomienda que el rango óptimo de humedad en el compost se encuentra < 40 %, VELÁSQUEZ (2019), recomienda que el rango óptimo de humedad en el humus se encuentra entre el 45 – 55 %. En la misma se aprecia que la excreta de la cucaracha posee ligeramente un óptimo contenido de humedad, esto se debe a que la producción de excreta se realizó dentro de una incubadora a 35 °C.

VI. CONCLUSIONES

1. La capacidad biodegradativa promedio de la cucaracha *Periplaneta americana* para 7 días es de 0.6 mg en la bolsa plástica y 0.9 mg en el film, mientras que para 14 días es de 1.0 mg en la bolsa plástica y 0.3 mg en el film.
2. En el tracto digestivo de la cucaracha *Periplaneta americana* se identificaron a las bacterias *Pseudomona sp*, *Bacillus sp* y al hongo *Cándida albicans*.
3. El tratamiento T₁ (película de bolsa plástica de 0.1 g aproximadamente más 1 cucaracha), demostró mayor influencia en cantidad en el abono (los espectros de los restos de bolsas plásticas encontradas en las excretas mostraron nuevos grupos funcionales en relación al patrón inicial), además se obtuvo un menor promedio de pérdida de peso por el consumo de bolsa plástica (18.78 %) y un mayor promedio en producción de excreta (0.0028 %), con respecto a calidad del abono no se encontró diferencias en los micronutrientes, macronutrientes y parámetros físicoquímicos.

VII. RECOMENDACIONES

1. Continuar investigando sobre tasas de biodegradación utilizando la cucaracha *Periplaneta americana* y otros sustratos, como polietileno tereftalato, polietileno de alta densidad, cloruro de polivinilo, polipropileno y poliestireno, sin añadirle y añadiéndole restos de comida.
2. Aislar y aplicar de forma individual las cepas bacterianas aisladas del tracto digestivo de la especie en estudio para la remoción.
3. Realizar ensayos utilizando diferentes tiempos, temperaturas y humedad, con el objetivo de busca el óptimo de estos parámetros para ser utilizados en ensayos de biodegradación utilizando la cucaracha *Periplaneta americana*.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ACOSTA, I., MOCTEZUMA, M., TOVAR, J., CÁRDENAS. J., 2011. Aislamiento e identificación de bacterias y levaduras resistentes a petróleo. Información tecnológica, México. 22(6): 103-110.
- ACUÑA, N. 2017. Revisión bibliográfica sobre los microorganismos biodegradadores de polietileno de baja densidad y sus efectos en el material. Licenciatura en química. Bogotá, Colombia. Facultad de ciencias y educación - Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas. 139 p.
- ALBINO, J. 2017. Nutrientes primarios y metales pesados de los compost elaborados en los caseríos Shitari, Maquizapa, Paujil, Agua Blanca, Sachavaca, Piedra Ancha y Rio Espino. Practicas Pre-Profesional de ingeniería ambiental. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 49 p.
- ALTUNAR, J. 2016. Cucarachas de importancia urbana, biología, hábitos y control. Tesis de Ingeniero Agrónomo Parasitólogo. Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 69 p.
- GREENPEACE. 2019 Plásticos en los océanos datos, comparativas e impactos. [En línea]: GreenPeace, (<http://www.greenpeace.org/raw/content/espana-reports/contaminacion-por-plasticos-en.pdf>, documentos, 11 abr. 2019).

- ARANGO, G., AGUDELO, L. 2004. Valor biológico de las cucarachas en el compost. Revista lasallista de investigación. Colombia. Revista lasallista de investigación 1(1): 96-98.
- ARCHOMENKO, 2018. Asociado de biología de la investigación rusa - Shandong Qiaobin agricultural technology Co., Ltd. [En línea]: NEW (<https://new.qq.com/omn/20181224/20181224A15L8D.html>, documentos, 28 sep. 2019).
- ARENAS, A. 2018. Aislamiento y caracterización molecular 16S RRNA de cepas bacterianas con capacidad de biodegradación de PEAD (polietileno de alta densidad) micro contaminante en aguas sintéticas a escala laboratorio. Tesis Ingeniería Biotecnóloga. Arequipa, Perú. Universidad Católica De Santa María. 131 p.
- ARIZPE, P., TORRES, R., FERNÁNDEZ I. 2015. Evaluación del grado de atracción de la cucaracha americana, *Periplaneta americana* (L.) por algunos productos alimenticios de uso común. Artrópodos y Salud, Cancun. 2(2): 17-22.
- ASALDE, C. 2018. Regulación de bolsas plásticas de un solo uso en el Perú. Segunda especialidad en derecho ambiental y de los recursos naturales. Lima, Perú. Facultad de Derecho - Pontificia Universidad Católica del Perú. 40 p.
- BARBARAN, H., CABANILLAS L., RUBIO Y. 2018. Biodegradación de polietileno tereftalato (PET) por acción de *Pseudomona aeruginosa*, en

condiciones de laboratorio. Tesis de Ing. Ambiental. Trujillo, Perú. Facultad de Ingeniería – Universidad César Vallejo. 59 p.

BARJA, C. 2016. La eficiencia del hongo *Pestalotiopsis sp.*, en la biodegradación de los tipos de plásticos (poliuretano, polietileno de baja densidad y poliestireno de cristal), a nivel de laboratorio, 2016. Tesis de Ing. Ambiental. Lima, Perú. Facultad de Ingeniería – Universidad César Vallejo. 69 p.

BELL, W., ROTH, L., NALEPA C. 2007. Cockroaches, ecology, behavior, and natural history. United States of America. The Johns Hopkins University Press. 247 p.

BERRÍOS, Á. 2013. Artrópodos asociados en la parte aérea del cultivo de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis L.*). Tesis de ing. Forestal. Tingo María. Facultad de Recursos Naturales Renovables – Universidad Nacional Agraria de la Selva. 135 p.

CABRERA, V., ROSSI, M. 2016. Propuesta para la elaboración de compost a partir de los residuos vegetales provenientes del mantenimiento de las áreas verdes públicas del distrito de Miraflores. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 101 p.

CÁCERES, O. 2011. Biodegradación bacteriana de polietileno de baja densidad bajo condiciones controladas en biorreactores air lif. Tesis de Ing. Ambiental. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 82 p.

- CAJAHUANCA, A. 2016. Optimización del manejo de residuos orgánicos por medio de la utilización de microorganismos eficientes (*Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus sp.*, *Lactobacillus sp.*) en el proceso de compostaje en la central hidroeléctrica Chaglla. Tesis de Ing. Ambiental. Huánuco, Perú. Universidad de Huánuco. 166 p.
- CAMPOS, C., TENAZOA, F. 2018. Combustibles fuel - oil obtenidos de residuos plásticos mediante pirólisis, Pucallpa – Ucayali, 2018. Tesis de Ing. Ambiental. Lima, Perú. Facultad de Ingeniería – Universidad César Vallejo. 81 p.
- CASTELLON, C., TEJEDA, L., TEJEDA L. 2016. Evaluación de la degradación ambiental de bolsas plásticas biodegradables. [En línea]: ResearchGate (https://www.researchgate.net/publication/315908067_Evaluacion_de_la_degradacion_ambiental_de_bolsas_plasticas_biodegradables, documentos, 30 nov. 2019).
- CASTILLO, A. 2011. Identificación de especies de cucarachas de importancia urbana en el área noroeste de Torreón, Coahuila. Ingeniero Agrónomo Parasitólogo. Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 61 p.
- CHÁVEZ, P. 2015. Caracterización fisicoquímica y madurez del compost de las ciudades de Tingo María y Aucayacu mediante test de autocalentamiento. Practicas Pre-Profesional de ingeniería ambiental. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 85 p.

- CHUNGAR, L., CIEZA, C. 2017. Biodegradación de poliestireno utilizando microorganismos presentes en el humus de lombriz durante los meses, octubre - diciembre 2016. Tesis Ing. Ambiental. Chiclayo, Perú. Universidad de Lambayeque. 52 p.
- CLAVIJO, I. 2014. Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual en el bioparque Amaru Cuenca. Maestría en Agroecología y Ambiente. Cuenca, Ecuador. Universidad De Cuenca. 135 p.
- CRISTÁN, A., IZE. I., GAVILÁN. A., 2003. La situación de los envases de plástico en México. Gaceta Ecológica. 69: 67-82.
- CÉRON, J. 2009. Diversidad biológica de morfoespecies de insectos en el sector Tres de Mayo del Parque Nacional Tingo María. Tesis Ing. Forestal. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 91 p.
- CORONADO, M. 1997. Efecto comparativo de tres enmiendas orgánicas; estiércol, compost y humus de lombriz en el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare L.*) variedad Yanamuelo. Tesis Ing. Agrónomo. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 99 p.
- CUETO, S. 2011. Identificación de especies de cucarachas de importancia urbana en el área noreste de Torreón, Coahuila. Tesis Ing. Agrónomo Parasitólogo. Torreón, México. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". 58 p.
- DAMAS, G. 2012. Aislamiento y efectividad de *Beauveria bassiana* villemain para el control biológico de la cucaracha urbana *Periplaneta americana L.*

Doctor en ciencias especialidad microbiología. Nuevo León, México.
Universidad Autónoma de Nuevo León. 141 p.

DAVIRAN, 2017. Biodegradación de la espuma de poliestireno por la larva del *Tenebrio molitor* para la producción de Abono, 2017. Tesis de Ing. Ambiental. Universidad César Vallejo. Lima, Perú. 116 p.

DEL CASTILLO, A. 2019. Efecto del compost de residuos sólidos biodegradables, obtenidos del comedor universitario de la UNAS en el rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) variedad marginal 28 – T. Tesis Agronomía. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 127 p.

ESTRADA, A. 2008. Síntesis de polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) mediante el sistema (n-BuCp) 2ZrHAIH4/SiO2/MAO y evaluación de sus propiedades físicas y mecánicas. Maestro en Tecnología de polímeros. Coahuila, México. Centro de Investigación en Química Aplicada – Programa de Maestría en Tecnología de Polímeros. 137 p.

FARAH, E. 2019. Perú: Fabricantes de plástico estiman que sus ventas caerán 25% ante reglamento. [En línea]: COMERCIO, (<https://www.peru-retail.com/fabricantes-de-plastico-estiman-que-sus-ventas-caigan-ante-ley-de-plastico/>, documentos, 16 nov, 2019).

GARCÍA, F. 2018. Calidad y tiempo de obtención del compost aplicando microorganismos eficientes en la Universidad Cesar Vallejo, filial-Chiclayo. Tesis Ing. Ambiental. Chiclayo, Perú. Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, Universidad Cesar Vallejo. 90 p.

- GUERRERO, L., CADENA. L. 2016. Evaluación del control biológico de *Periplaneta americana* (Blattidae, Linnaeus) por ingestión del hongo *Metarhizium anisopliae* (Clavicipitaceae, Metchnikoff) y ácido bórico. Tesis de Tecnólogas en Saneamiento Ambiental. Bogotá, Colombia. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 92 p.
- GUTIÉRREZ, J. 2013. Biodegradación de polietileno de baja densidad por consorcios microbianos. Tesis de Biología. México. Universidad Nacional Autónoma de México. 58 p.
- GUTIERREZ, K. 2018. Influencia de factores ambientales de crecimiento microbiano en la degradación de polietileno de baja densidad por la bacteria *Pseudomona aeruginos* en Huancayo. Tesis de Ing. Ambiental. Huancayo, Perú. Universidad Continental. 165 p.
- HADAD, D., GERESH, S., SIVAN, A. 2004. Biodegradation of polyethylene by the thermophilic bacterium *Brevibacillus borstelensis*. The Society for applied Microbiology. University of the Negev. 98:10093-1100.
- HERNANDEZ, S., VALDÉS, MÁRIA., HÉRNANDEZ, J., GÁRCIA, F., HÉRNANDEZ, V., CUETO, S. 2016. Cucarachas (insecta: Blattodea) del municipio de Francisco I. Madero, Coahuila, México. Entomología mexicana, México. 3:748-753.
- HERNANDEZ, S., LÓPEZ, J., VÁLDES, M., SANCHEZ, F., 2014. Cucarachas en el municipio de Matamorros, Coahuila, México. Entomología mexicana, México. 1:925-930.

- HIDALGO, A. 2016. Efecto del compost de residuos sólidos municipales biodegradables y del bocashi en el crecimiento de plantones de cacao (*Theobroma cacao L.*), en Tingo María. Tesis Ing. Agrónomo. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 92 p.
- IPARRAGUIRRE, K., VIVANCO, M. 2015. Aislamiento y caracterización de hongos filamentosos biodegradadores de polietileno de tereftalato y polietileno de baja densidad - Ica. Tesis Biólogo. Ica, Perú. Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica. 100 p.
- IRIGOÍN, J. 2018. Aplicación de compost como fertilizante para mejorar los suelos agrícolas del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público de Chota, 2018. Tesis Ing. Ambiental. Chiclayo - Perú. Universidad César Vallejo. 110 p.
- LAMAS, P. 2006. Efecto del ácido indolbutírico (AIB) y el humus de lombriz en el enraizado de estacas de dos clones de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Tingo María. Tesis Ing. Agrónomo. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 86 p.
- LI YANRONG, 2018. Centro de tratamiento de residuos de cocina del distrito de Zhangqiu - Asociación de bioprocesamiento de residuos de cocina en la aldea de Zhangqiu. Jinan (China). [En línea]: SOHU (http://www.sohu.com/a/229930734_118392, documentos, 10 Nov. 2019).
- LOPEZ, G. 2012. Ventajas y desventajas de los plásticos degradables para su aplicación en la agricultura sustentable o ecológica. Especialización en

- Química Aplicada. Coahuila, México. Centro de Investigación en Química Aplicada. 115 p.
- MANGIAROTTI, A., CARETTA, G., NELLI, E., PIONTELLI, E. 1994. Biodeterioro de materiales plásticos por microhongos. Boletín Micológico. Valparaíso, Chile. Vol. 9 (1-2): 39-47 p.
- CUETO, S., CASTILLO, A., HERNÁNDEZ, S., MÉNDEZ, R., SÁNCHEZ, F., ORTEGA, A. S. et al. 2015. Atlas fotográfico de las cucarachas del semidesierto Coahuilense, México. Entomología mexicana. México. 2:767-775.
- MARTÍN, A. 2017. Estudio preliminar de la biodegradación de plásticos por bacterias marinas. Tesis de biología. España. Universidad de La Laguna. 29 p.
- MEJIA, F. 2012. Biodiversidad de artrópodos y su relación con *Steatornis caripensis* Humboldt guácharo con fines de conservación, Tingo María – Perú. Tesis de maestría en agroecología. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 133 p.
- MÉNDEZ, C., VERGARAY, G., BÉJAR, V., CÁRDENAS, K. 2007. Aislamiento y caracterización de micromicetos biodegradadores de polietileno. Rev. Perú biol. Lima, Perú. 13(3):203-205.
- MEZA, M. 2013. Biodegradabilidad de polietileno tereftalato y de oxopolietileno, a nivel de laboratorio, por la acción de bacterias nativas presentes en humus de lombriz, caballo y gallina. Tesis Ing. Biotecnología. Sangolquí, Ecuador. Escuela Politécnica del ejército. 89 p.

- MINAM, 2014. Sexto informe nacional de residuos sólidos de la gestión del ámbito municipal y no municipal 2013. [En línea]: MINAM, (<http://redrrss.minam.gob.pe/material/20160328155703.pdf>, documentos, 11 oct. 2019).
- MORENIKJI, O., ADEBIYI, A., OLUWAYIOSE, A. 2016. Parasites in cockroaches recovered from residential houses around awotan dumpsite in ido local government area of Oyo State, Nigeria, Nigeria. *Annual Research & Review in Biology* 9(3): 1-10.
- MÚNERA, D. 2014. Degradación del polietileno de baja densidad por *Aspergillus niger*. Tesis de Ing. Ambiental. Colombia. Universidad de los Andes. 26 p.
- PEDRAZA, M. 2011. Fósiles vivientes: cucarachas. Conabio. Biodiversidad, 97:6-9. [En línea]: Biodiversitas (<http://bioteca.biodiversidad.gob.mx-/janium/Documentos/7259.pdf>, documento 05 nov. 2019).
- PÉREZ, R., RODAS, R. 2012. Elaboración y caracterización de harinas para consumo humano a partir de *Achetas domesticus* y *Periplanetas americanas*. Ingeniería química. Tesis en Ing. Químico. Trujillo, Perú. Universidad Nacional de Trujillo. 103 p.
- QUEVEDO, M. 2017. Uso de materiales de soporte en la eficiencia del proceso de compostaje de residuos vegetales de mercado. Maestría en Ciencias Ambientales. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 115 p.
- QUINCHÍA, A., MAYA, S. 2015. Degradabilidad de polietileno de baja densidad-LDPE-utilizando *Pycnoporus sanguineus* UTCH 03. ACOFI. Bogotá,

- Colombia. [En línea]: ACOFIPAPERS (<https://acofipapers.org/index.php/eiei2015/-2015/paper/view/1393/499>, documentos, 07 nov. 2019.)
- RAMOS, J., PINO, J., ÁNGELES, S., GARCÍA, A. 2008. Utilización potencial de la excreta del gusano amarillo de las harinas como abono orgánico. Instituto de Biología de la UNAM. México. 1:301-307.
- REN, L., MEN, L., ZHANG, Z., GUAN, F., TIAN, J., WANG, B., WANG, J., ZHANG, Y., ZHANG, W. 2019. Biodegradation of polyethylene by *Enterobacter sp. D1* from the guts of wax moth *Galleria mellonella*. International journal of environmental research and public health. China. 1:1.11.
- RESINEX, 2019. Tipos de polímeros. [En línea]: RESINEX, (<https://www.resinex.es/tipos-de-polimeros/pe.html>, documentos, 01 oct. 2019).
- REVILLA, S. 2018. Eficiencia del homogenizado proveniente del tracto digestivo de la *Galleria mellonella* en la biodegradación de dos tipos de polietileno de baja densidad, Lima – 2018. Tesis Ing. Ambiental. Chiclayo, Perú. Universidad César Vallejo. 103 p.
- RIOS, D. 2017. Caracterización de los microplásticos e identificación de su origen, en el balneario Costa Azul, Ventanilla – Callao 2017. Tesis Ing. Ambiental. Lima, Perú. Universidad César Vallejo. 93 p.
- RUIZ, X. 2015. Presencia de enterobacteriáceas en partes externas del estadio adulto de *Periplaneta americana* cucaracha capturadas en el mercado

- modelo – Iquitos 2014. Tesis de Biólogo. Iquitos, Perú. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. 48 p.
- RYAN, D. 2010. Cockroaches. [En línea]: RESINEX, (<https://utahpests.usu.edu/upddl/files-ou/factsheet/cockroaches2010.pdf>, documentos, 01 oct. 2019).
- RYCHTÁŘ, J., FRYNTA, D., TOMEK, J., VARADINOVÁI, Z., BROM, C. 2014. Waste recycling can promote group living: A cockroach case study. *Letters in Biomathematics*. USA. 1: 17-22.
- SABREE, Z., KAMBHAMPATI, S., MORAN, N. 2009. Nitrogen recycling and nutritional provisioning by *Blattabacterium*, the cockroach endosymbiont. Center for Insect Science and Department of Ecology and Evolutionary Biology, Arizona. 106(46): 19521-19526.
- SANCHEZ, F. 2015. Evaluación de la producción de compost con microorganismos eficientes en el distrito de Rupa Rupa. Tesis Ingeniero en recursos naturales renovables mención conservación de suelos y agua. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva 125 p.
- PIGARS, 2019. Plan provincial de gestión de residuos sólidos municipales de la provincia de Leoncio Prado. [En línea]: PIGARS-MDLP, (<https://es.scribd.com/document/413364442/PIGARS-2019-2023>, documentos, 01 oct. 2019).
- SOLER, G. 2015. Caracterización por microscopia Raman de diferentes calidades de café comercial. Maestría en Física. Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 93 p.

- TÉLLEZ, A. 2012. La complejidad de la problemática ambiental de los residuos plásticos: Una aproximación al análisis narrativo de política pública en Bogotá. Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo. Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 130 p.
- TOALA, M. 2016. Identificación de cucarachas en el área urbana de San Pedro de las Colonias, Coahuila. Tesis de Ing. Agrónomo Parasitólogo. Coahuila, Mexico. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 50 p.
- URIBE, D., GIRALDO, D., GUTIÉRREZ, S., MERINO, F. 2010. Biodegradación de polietileno de baja densidad por acción de un consorcio microbiano aislado de un relleno sanitario, Lima, Perú. Rev. Perú Biol. Lima, Perú. 17(1): 133-136.
- VALLEJO, U. 2016. Análisis del impacto social y ambiental de la gestión integral de residuos sólidos en el municipio de Aguadas, Caldas. Tesis de Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Colombia. Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas - Universidad de Manizales. 110 p.
- VELANDIA, 2017. Identificación de polímeros por espectroscopía infrarroja. ONTARE, Colombia. 5: 1-25.
- VELASCO, M. 2017. Biodegradación del polietileno de baja densidad, mediante el uso del lepidóptero *Gallería mellonella* bajo condiciones térmicas controladas en el 2017. Tesis Ing. Ambiental. Lima. Escuela profesional de ingeniería ambiental, Universidad Cesar Vallejo. 66 p.

- VELÁSQUEZ, H. 2019. Producción de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) a partir del pre compost orgánico, para la mejora de un suelo degradado y su verificación en el cultivo de rabanito (*Raphanus sativus*) en la localidad de La Esperanza – Huánuco 2018. Tesis Ing. Ambiental. Huánuco, Lima. Universidad de Huánuco. 175 p.
- YACHI, C. 2014. Diseño de boya lagrangiana para detección de contaminantes en corrientes costeras superficiales. Tesis de Diseño Industrial. Lima, Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú. 169 p.
- YANG, J., YANG, Y., WU, W., ZHAO, J., JIANG, L. 2015. Evidence of polyethylene biodegradation by bacterial strains from the guts of plastic-eating waxworms. Tests. . *Environmental Science and Technology*. China. 32 p. [En línea]: PUBMED, (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2538-4056>, documentos, 21 jun. 2019).
- ZUÑIGA, J. 2019. Riqueza y abundancia de artrópodos asociados con Anturio de Corte (*Anturium andreanum Linden*) en vivero en Tingo María, Perú. Tesis de Ing. Forestal. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 105 p.

IX. ANEXOS

Apéndice 1. Aislamiento de las cucarachas

Anexo A. Lugares óptimos en la provincia de Leoncio Prado.

N°	Lugar de recolección	Distrito	Este	Norte	Altitud (m.s.m.n.)	Cantidad
1	Complejo del Colegio GAD	Rupa Rupa	389757	8971206	657	369
2	Mercado – Tingo Maria	Rupa Rupa	389871	8971646	650	135
3	La cachina – TM	Rupa Rupa	390086	8971415	655	219
4	UNAS– cafetín paraninfo	Rupa Rupa	390344	8970558	660	51
5	UNAS – Tabladillo	Rupa Rupa	390611	8970261	663	62
6	Carpintería Chinchavito	Mariano Dámaso Beraun	395408	8950355	793	155
7	Carpintería frente al parque de Los Leones	Rupa Rupa	390146	8971303	657	27
8	Planta de compostaje Picuroyacu	Castillo Grande	387541	8974048	659	56

Anexo B. Frecuencia de colecta.

Especie	Frecuencia de colecta (%)
<i>Periplaneta americana</i> - Adultas	30
<i>Periplaneta americana</i> - Ninfas	60
<i>Periplaneta americana</i> - Ooteca	10
<i>Total</i>	100 %

Apéndice 2. Identificación de la especie en estudio

Anexo A. Cucaracha doméstica *Periplaneta americana*.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
Departamento Académico de Ciencias Agrarias
LABORATORIO DE ENTOMOLOGIA



"Año de la Universalidad de la Salud"

EL JEFE DEL LABORATORIO DE ENTOMOLOGIA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA – TINGO MARIA, CERTIFICA:

QUE, DE LAS 16 MUESTRAS DE CUCARACHAS RECEPCIONADAS DEL SR. JIMMY MAXIMO RIVAS SANCHEZ, BACH. EN CIENCIAS AMBIENTALES, SE HA LOGRADO IDENTIFICAR QUE TODOS ESPECIMENES PERTENECEN A FAMILIA BLATTIDAE Y A LA ESPECIE *Periplaneta americana* L., 10 MACHOS Y 6 HEMBRAS.

SE OTORGA EL PRESENTE DOCUMENTO PARA LOS FINES QUE CREA CONVENIENTE.

TINGO MARIA, 25 DE NOVIEMBRE DE 2019.

Dpto. M. Sc. José Luis GIL BACILIO
Jefe del Laboratorio de Entomología
Celular: 937514633
F.A. - UNAS

Archivo

Apéndice 3. Identificación de microorganismos

Anexo A. Microorganismos presentes en el tracto digestivo de la cucaracha doméstica.



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Microbiología General
Tingo María

Servicio de Diagnóstico Microbiológico
Servicio a la comunidad

Muestra : Cucaracha – "*Periplaneta americana*"
Procedencia : Rupa Rupa - Leoncio Prado
Atención : Jimmy Maximo Rivas Sanchez
Fecha recepción : 12 de noviembre del 2019
Análisis solicitados :
- Aislamiento de bacterias.
- Aislamiento de fungi.

RESULTADOS:

Bacterias aislados: *Bacillus sp*, *Pseudomona sp*.
Fungi aislados: *Candida albicas*.

Tingo María, 10 de diciembre del 2019




Dr. César López López
JEFE
Laboratorio Microbiología General

Apéndice 4. Capacidad biodegradativa de la cucaracha

Anexo A. Evaluación de la variación de peso de la película de bolsa plástica.

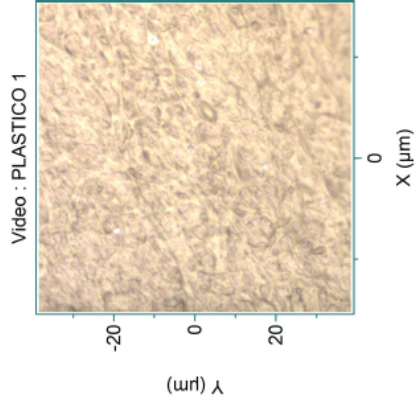
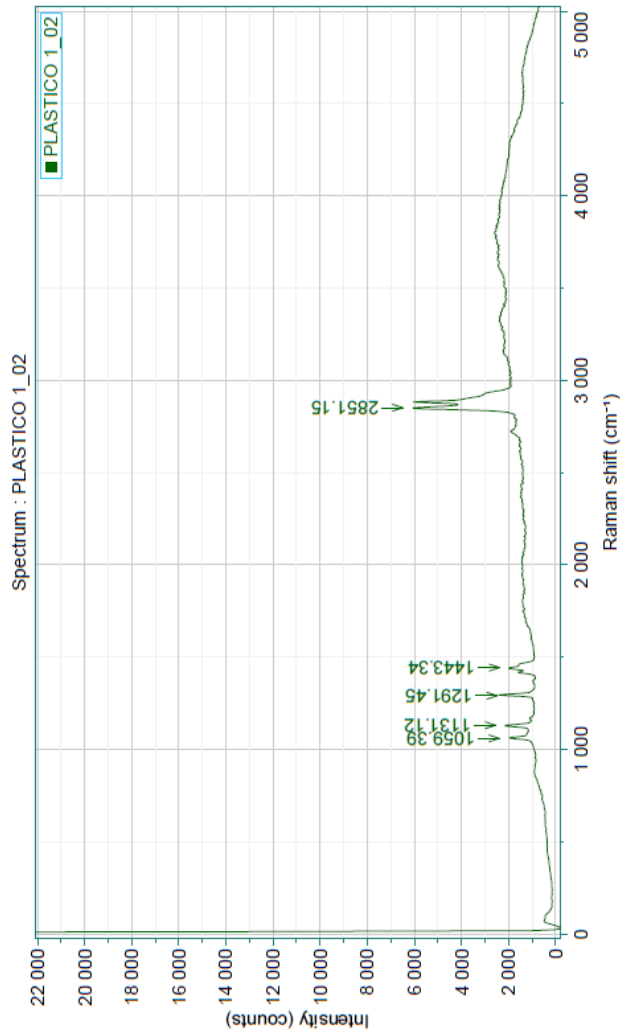
Tiempo (Días)	Repetición	Peso inicial (g)	Promedio (g)	Peso final (g)	Promedio (g)	Consumo (g)	Promedio (g)
7	1	0.0086	0.0110	0.0075	0.0104	0.0011	0.0006
	2	0.0122		0.0118		0.0004	
	3	0.0176		0.0178		-0.0002	
	4	0.0072		0.0060		0.0012	
	5	0.0095		0.0091		0.0004	
14	1	0.0133	0.0140	0.0125	0.0131	0.0008	0.0010
	2	0.0149		0.0133		0.0016	
	3	0.0131		0.0125		0.0006	
	4	0.0145		0.0131		0.0014	
	5	0.0143		0.0139		0.0004	

Anexo B. Evaluación de la variación de peso de la película de film.

Tiempo (Días)	Repetición	Peso de inicial (g)	Promedio (g)	Peso de final (g)	Promedio (g)	Consumo (g)	Promedio (g)
7	1	0.0237	0.0241	0.0230	0.0231	0.0007	0.0009
	2	0.0210		0.0205		0.0005	
	3	0.0261		0.0255		0.0006	
	4	0.0252		0.0238		0.0014	
	5	0.0244		0.0229		0.0015	
14	1	0.0286	0.0280	0.0277	0.0277	0.0009	0.0003
	2	0.0231		0.0229		0.0002	
	3	0.0268		0.0269		-0.0001	
	4	0.0300		0.0298		0.0002	
	5	0.0313		0.0311		0.0002	

Apéndice 5. Espectros y grupos funcionales

Anexo A. Espectro Raman de la bolsa plástica (patrón inicial para contraste).



NOTA: MUESTRAS DE PLASTICO 01

ESPECIALISTA: ING. JORGE A. RIVERO
FONSECA
SOLICITANTE: JIMMY MAXIMO RIVAS
SANCHEZ

PARAMETROS

Date	09.12.2019 1...	Acq. time (s)	6	Accumulations	4	Laser	638nm_Edge
Spectro (cm ⁻¹)		Hole (µm)	100	Slit (µm)	100	Grating	600 (750nm)
Filter	100%	Objective	x100_VIS	ICS correction	Off	Range (cm ⁻¹)	

Powered by
LabSpec 6 from:

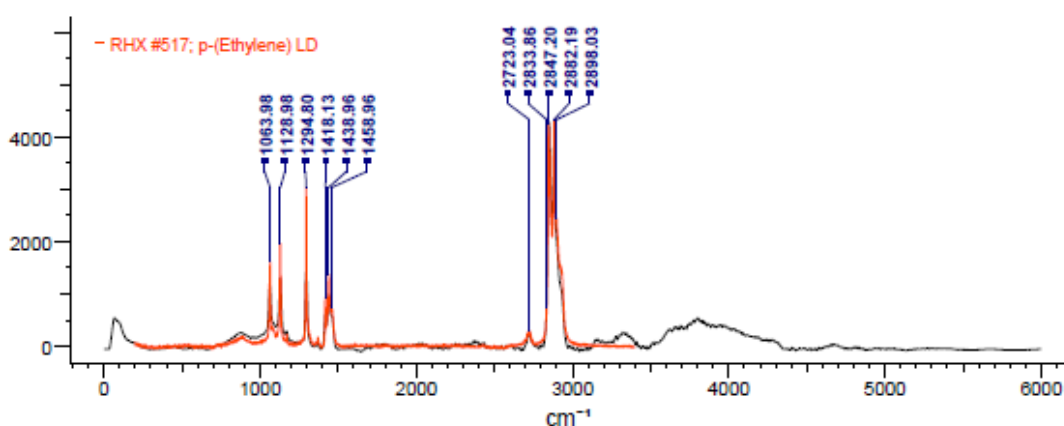


Anexo B. Bolsa plástica identificada al 92.91 %.



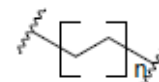
IDENTIFICACIÓN DEL COMPUESTO

MUESTRA: PLASTICO 01
ESPECIALISTA: ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA
SOLICITANTE: JIMMY MAXIMO RIVAS SANCHEZ



ESPECTRO DE PLASTICO 01 OBTENIDO POR ESPECTROMETRÍA RAMAN IDENTIFICADO AL 92.91%

Name	Value
Resulting HQI	92.91
Database Abbreviation	RHX
Database Title	Raman - Forensic - HORIBA
Record ID	517
Name	p-(Ethylene) LD
CAS Registry Number	9002-88-4
Classification	polymer
Comments	LD=low density; spectrum from branched LDPE
Formula	C ₂ H ₄
Instrument Name	HORIBA LabRAM
Raman Laser Power	632.8
Source of Sample	Jobin Yvon
Source of Spectrum	HORIBA Scientific
Substance Type	p-(olefin)

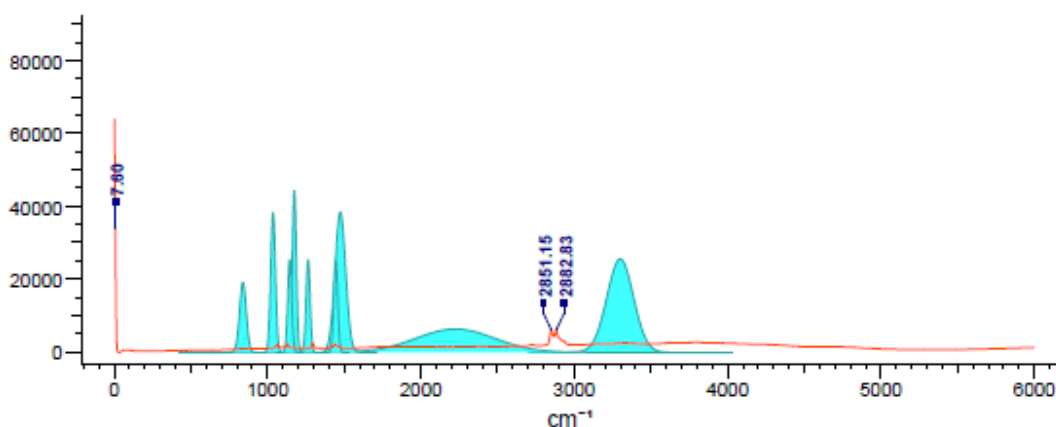


Bio-Rad Laboratories
Informatics Division

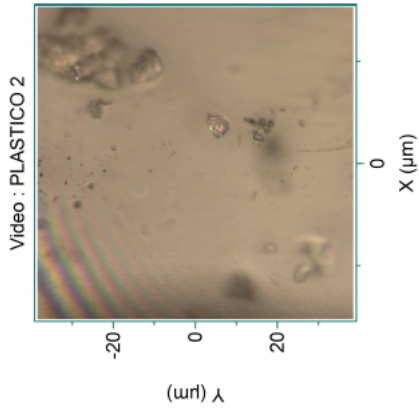
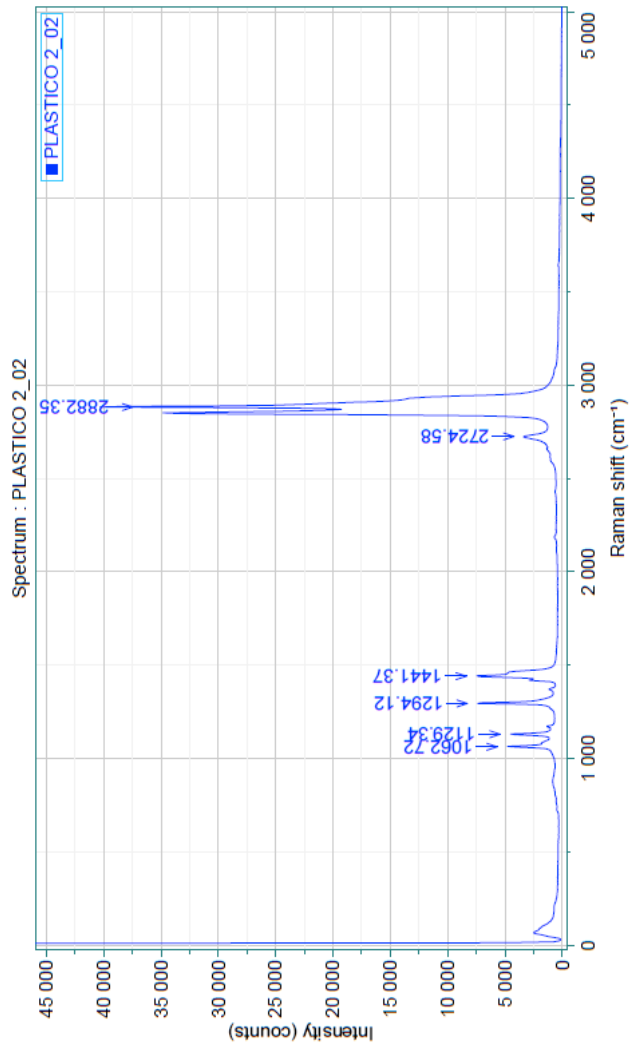
Anexo C. Principales grupos funcionales de la bolsa plástica.

**IDENTIFICACIÓN DE GRUPOS FUNCIONALES**

MUESTRA: PLASTICO 01
ESPECIALISTA: ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA
SOLICITANTE: JIMMY MAXIMO RIVAS SANCHEZ

**GRUPOS FUNCIONALES DE PLASTICO 01 POR ESPECTROMETRÍA RAMAN**

Classification	Group	Bond	Range	Intensity	Mode
Sulfur Compounds	R-N=S=O				
		N=S=O	1300-1230	variable	antisymmetric stretching
		N=S=O	1180-1110	variable	symmetric stretching
Sulfur Compounds	R-SO ₃ ⁻ H ₃ O ⁺				
		H ₃ O ⁺	2800-1850	weak	stretching
		SO ₃	1230-1120	strong	stretching
Alcohols	R-CH ₂ -OH				
		OH	3400-3200	variable	stretching
		OH	1480-1410	medium-weak	deformation
		C-O	1075-1000	strong	stretching
Azo Compounds	N=N				
		N=N	1550-1400	medium	stretching
Peroxides	R-O-O-R				
		O-O	880-800	weak	stretching



NOTA: MUESTRAS DE PLASTICO 02
 ESPECIALISTA: ING. JORGE A. RIVERO
 FONSECA
 SOLICITANTE: JIMMY MAXIMO RIVAS
 SANCHEZ

PARAMETROS

Date	09.12.2019 1...	Acq. time (s)	6	Accumulations	4	Laser	638nm_Edge
Spectro (cm ⁻¹)		Hole (µm)	100	Slit (µm)	100	Grating	600 (750nm)
Filter	100%	Objective	x100_VIS	ICS correction	Off	Range (cm ⁻¹)	

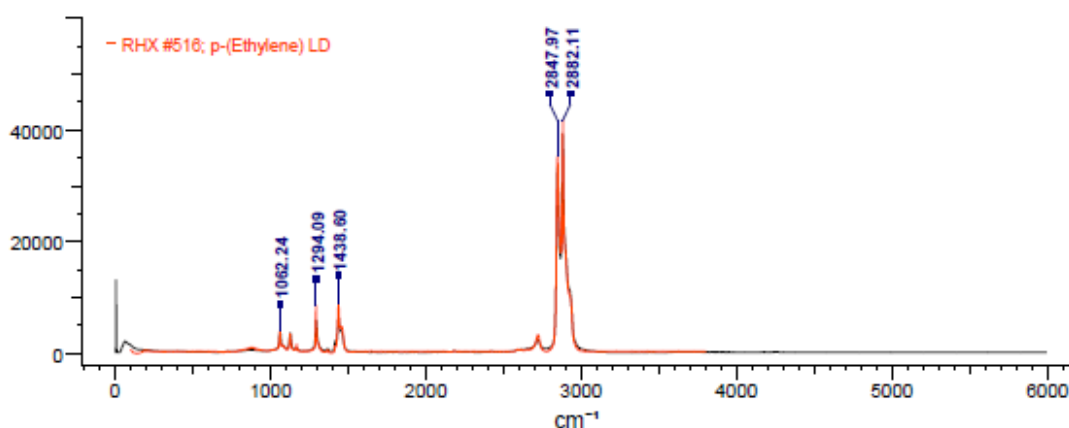
Powered by
 LabSpec 6 from:


Anexo E. Film identificado al 98.65 %.



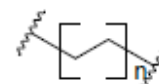
IDENTIFICACIÓN DEL COMPUESTO

MUESTRA: PLASTICO 02
ESPECIALISTA: ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA
SOLICITANTE: JIMMY MAXIMO RIVAS SANCHEZ



ESPECTRO DE PLASTICO 02 OBTENIDO POR ESPECTROMETRÍA RAMAN IDENTIFICADO AL 98.65%

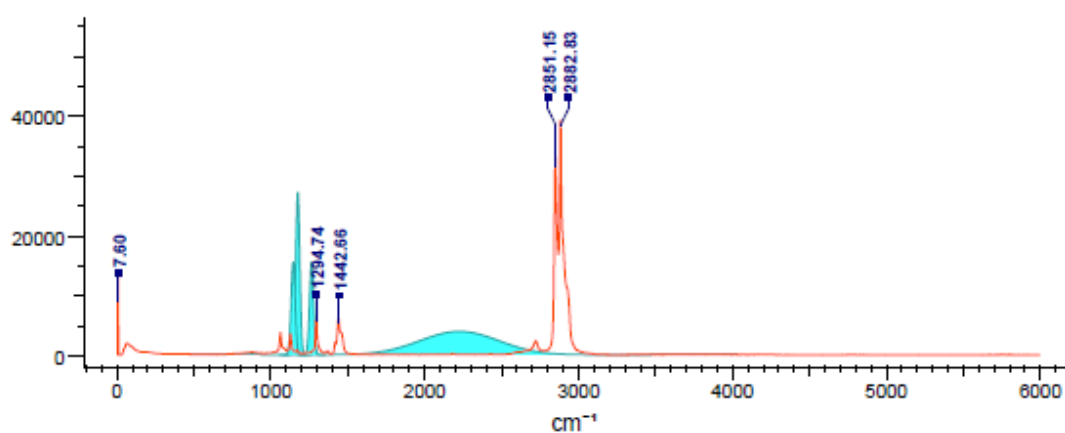
Name	Value
Resulting HQI	98.65
Database Abbreviation	RHX
Database Title	Raman - Forensic - HORIBA
Record ID	516
Name	p-(Ethylene) LD
CAS Registry Number	9002-88-4
Classification	polymer
Comments	LD=low density
Formula	C ₂ H ₄
Instrument Name	HORIBA
Raman Laser Power	632.8
Source of Sample	Jobin Yvon
Source of Spectrum	HORIBA Scientific
Substance Type	p-(olefin)



Anexo F. Principales grupos funcionales del film.

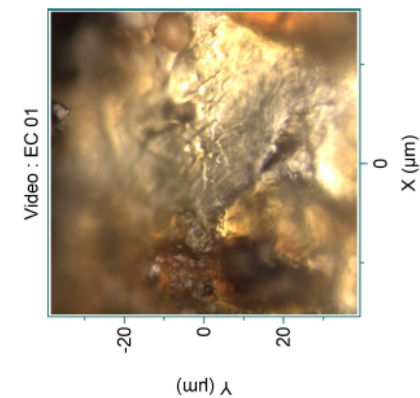
**IDENTIFICACIÓN DE GRUPOS FUNCIONALES**

MUESTRA: PLASTICO 02
ESPECIALISTA: ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA
SOLICITANTE: JIMMY MAXIMO RIVAS SANCHEZ

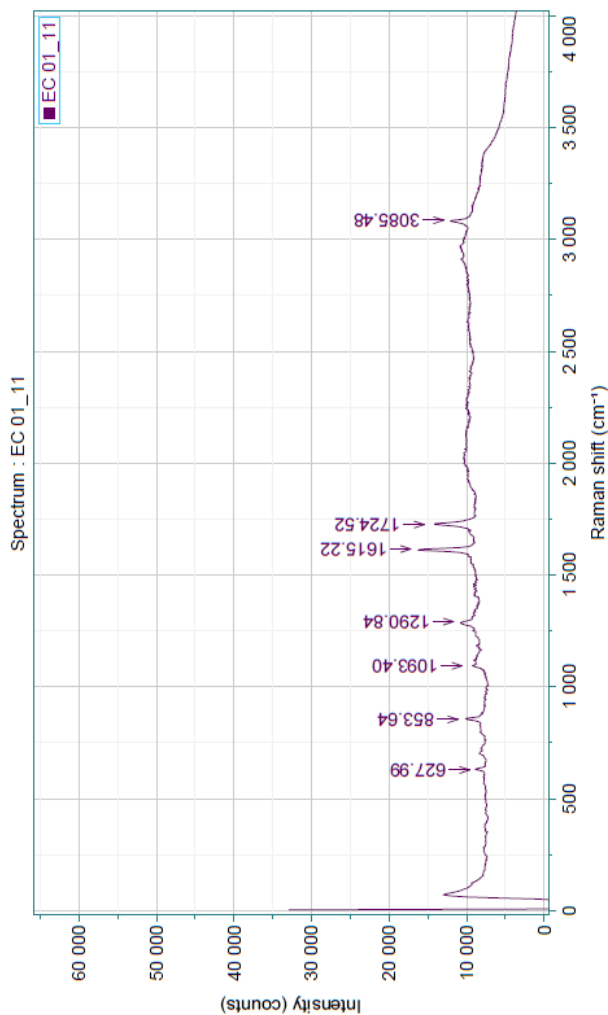
**GRUPOS FUNCIONALES DE PLASTICO 02 POR ESPECTROMETRÍA RAMAN**

Classification	Group	Bond	Range	Intensity	Mode
Sulfur Compounds	R-SO ₃ ⁻ H ₃ O ⁺				
		H ₃ O ⁺	2800-1650	weak	stretching
		SO ₃	1230-1120	strong	stretching
Sulfur Compounds	R-N=S=O				
		N=S=O	1300-1230	variable	antisymmetric stretching
		N=S=O	1180-1110	variable	symmetric stretching

Anexo G. Primer espectro de los restos de la bolsa plástica en la excreta.



NOTA: MUESTRAS DE EXCREMENTO DE CUCARACHA ALIMENTADA CON PLASTICO 1
ESPECIALISTA: ING. JORGE A. RIVERO FONSECA
SOLICITANTE: JIMMY MAXIMO RIVAS SANCHEZ



PARAMETROS

Date	09.12.2019 1...	Acq. time (s)	3	Accumulations	4	Laser	638nm_Edge
Spectro (cm ⁻¹)		Hole (µm)	100	Slit (µm)	100	Grating	600 (750nm)
Filter	50%	Objective	x100_VIS	ICS correction	Off	Range (cm ⁻¹)	

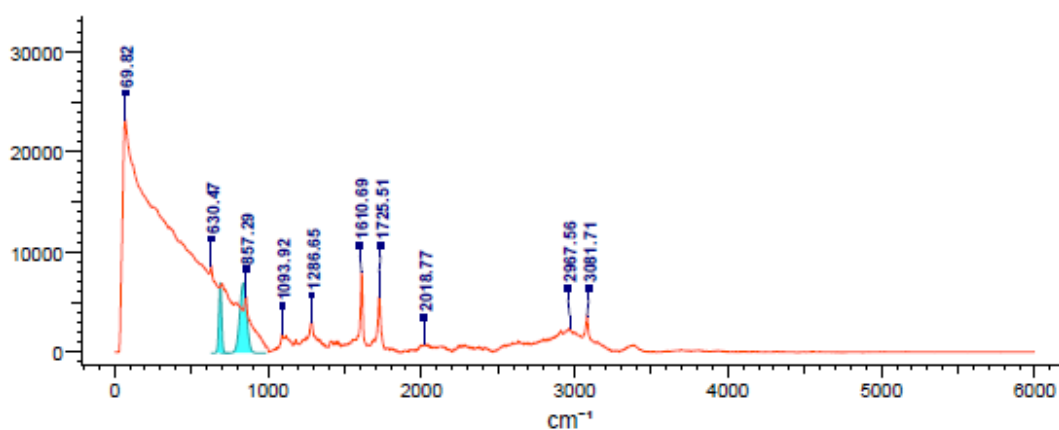
Powered by
LabSpec 6 from:
HORIBA
Scientific

Anexo H. Principales grupos funcionales del primer espectro de los restos de la bolsa plástica en la excreta.



IDENTIFICACIÓN DE GRUPOS FUNCIONALES

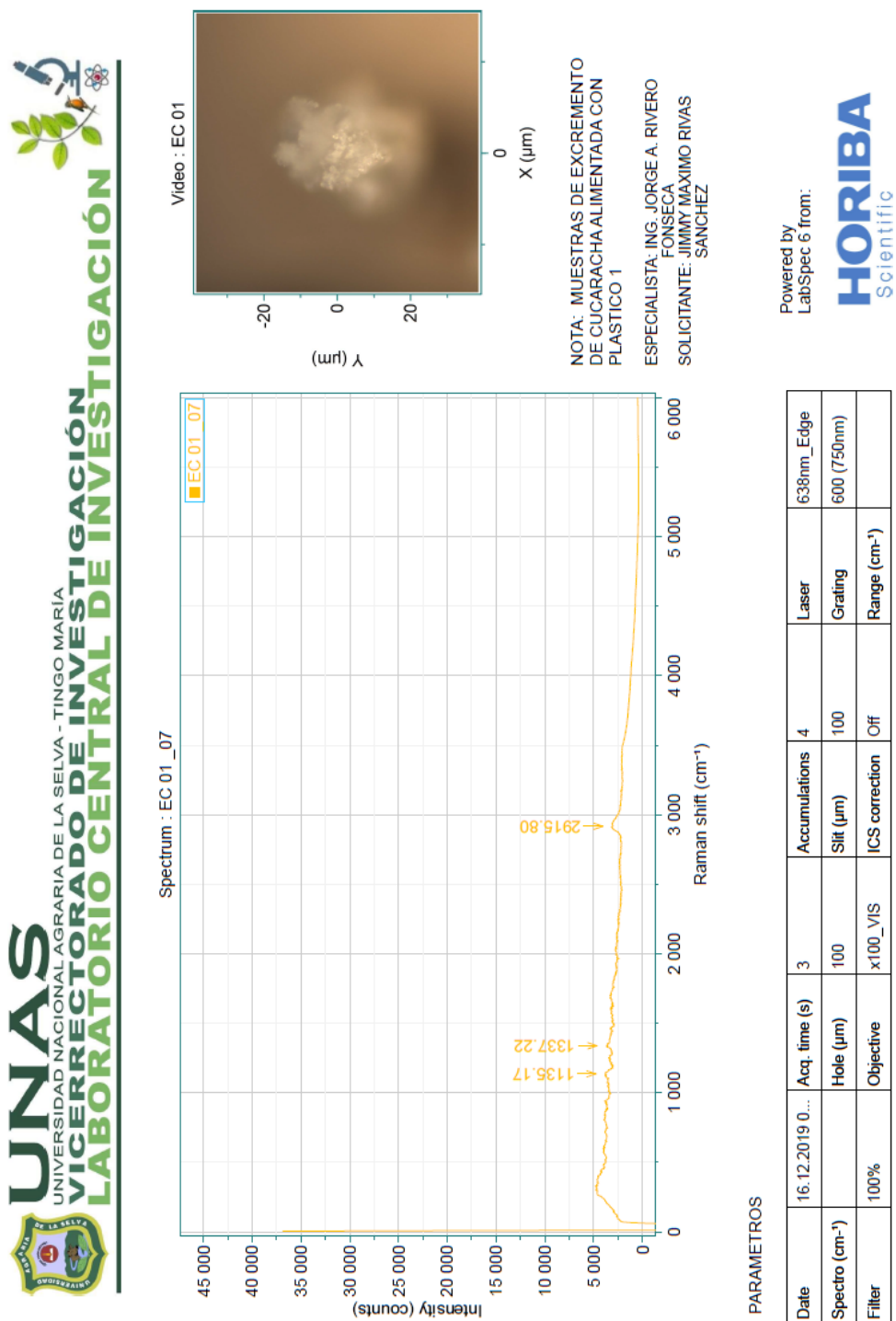
MUESTRA: ESTIERCOL DE CUCARACHA CON PLASTICO 01
ESPECIALISTA: ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA
SOLICITANTE: JIMMY MAXIMO RIVAS SANCHEZ



GRUPOS FUNCIONALES DE ESTIERCOL DE CUCARACHA CON PLASTICO 01 POR ESPECTROMETRÍA RAMAN

Classification	Group	Bond	Range	Intensity	Mode
Peroxides	R-O-O-R				
		O-O	880-800	weak	stretching
Phosphorus Compounds	P=S				
		P=S	800-580	variable	stretching

Anexo I. Segundo espectro de los restos de la bolsa plástica en la excreta.

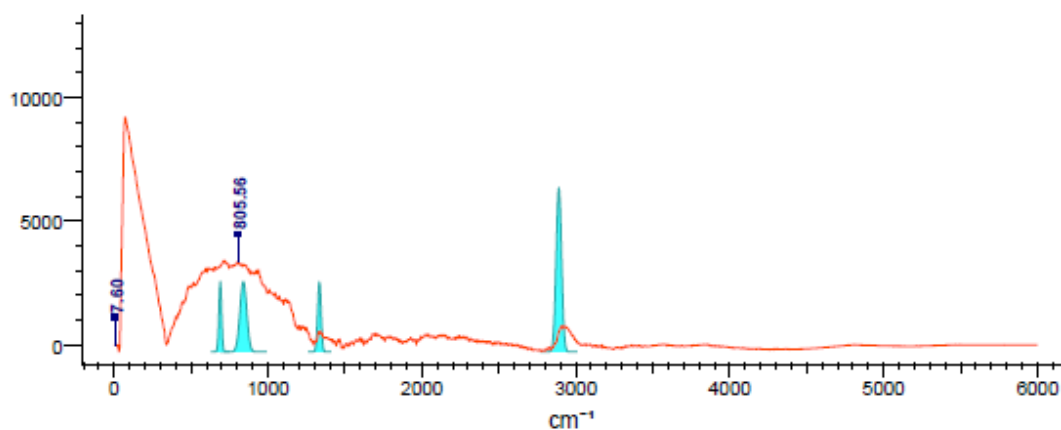


Anexo J. Principales grupos funcionales del segundo espectro de los restos de la bolsa plástica en la excreta.



IDENTIFICACIÓN DE GRUPOS FUNCIONALES

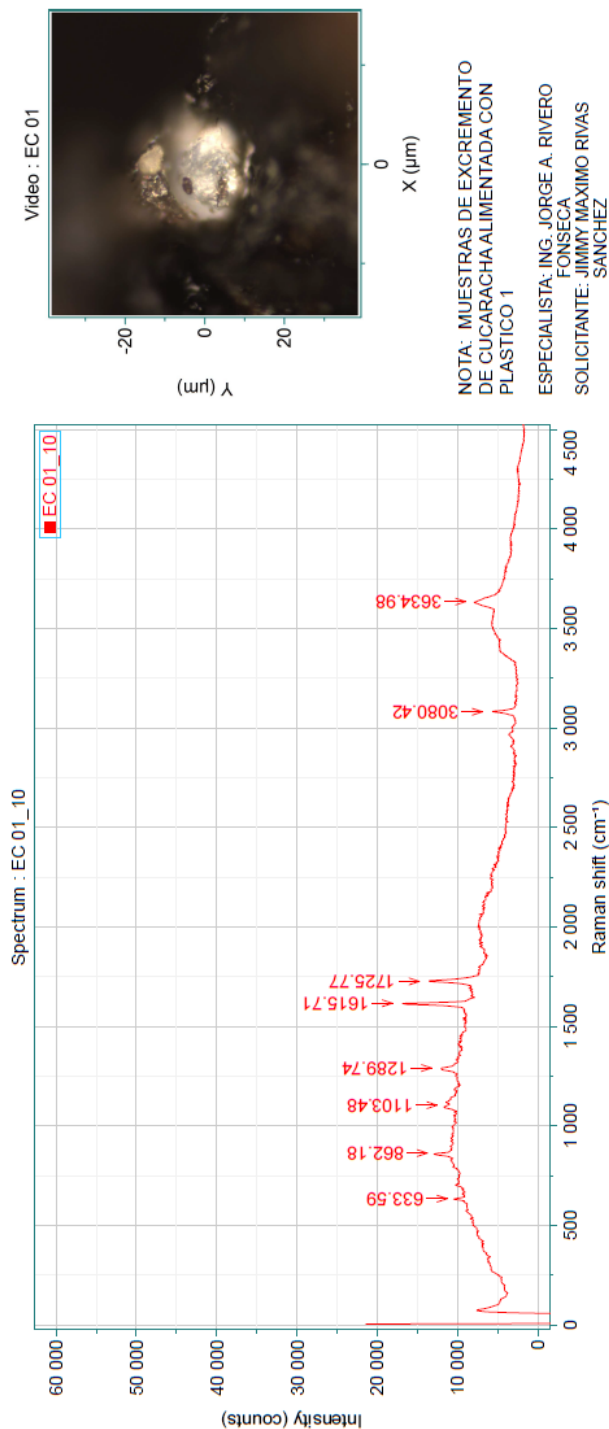
MUESTRA: ESTIERCOL DE CUCARACHA CON PLASTICO 01
ESPECIALISTA: ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA
SOLICITANTE: JIMMY MAXIMO RIVAS SANCHEZ



GRUPOS FUNCIONALES DE ESTIERCOL DE CUCARACHA CON PLASTICO 01 POR ESPECTROMETRÍA RAMAN

Classification	Group	Bond	Range	Intensity	Mode
Alkanes	(R) ₃ CH				
		CH	2900-2880	weak	stretching
		CH	1350-1320	weak	deformation
Peroxides	R-O-O-R				
		O-O	880-800	weak	stretching
Phosphorus Compounds	P=S				
		P=S	800-580	variable	stretching

Anexo K. Tercer espectro de los restos de la bolsa plástica en la excreta.



PARAMETROS

Date	09.12.2019 1...	Acq. time (s)	3	Accumulations	4	Laser	638nm_Edge
Spectro (cm ⁻¹)		Hole (µm)	100	Slit (µm)	100	Grating	600 (750nm)
Filter	50%	Objective	x100_VIS	ICS correction	Off	Range (cm ⁻¹)	

Powered by
LabSpec 6 from:

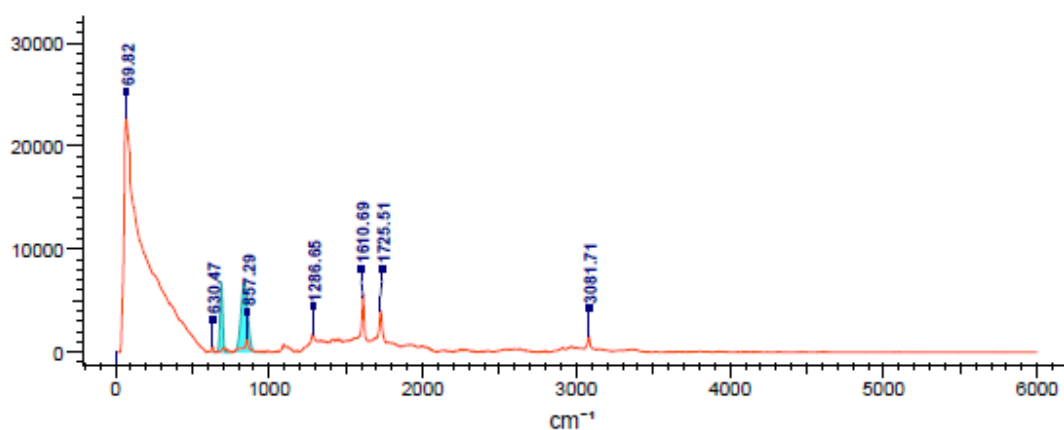


Anexo L. Principales grupos funcionales del tercer espectro de los restos de la bolsa plástica en la excreta.



IDENTIFICACIÓN DE GRUPOS FUNCIONALES

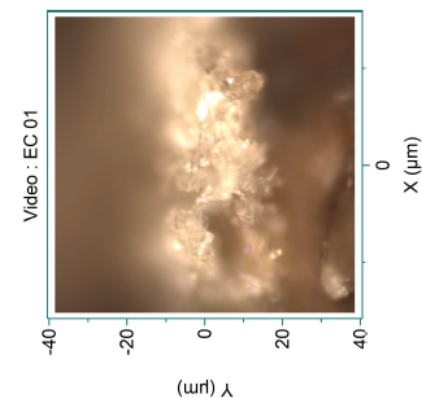
MUESTRA: ESTIERCOL DE CUCARACHA CON PLASTICO 01
ESPECIALISTA: ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA
SOLICITANTE: JIMMY MAXIMO RIVAS SANCHEZ



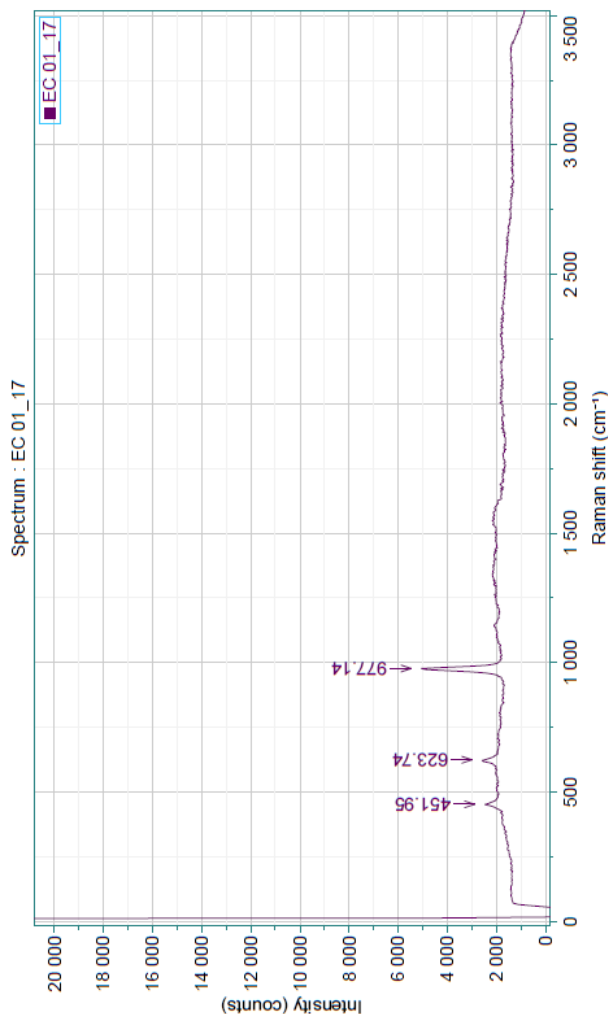
GRUPOS FUNCIONALES DE ESTIERCOL DE CUCARACHA CON PLASTICO 01 POR ESPECTROMETRÍA RAMAN

Classification	Group	Bond	Range	Intensity	Mode
Peroxides	R-O-O-R				
		O-O	880-800	weak	stretching
Phosphorus Compounds	P=S				
		P=S	800-580	variable	stretching

Anexo M. Cuarto espectro de los restos de la bolsa plástica en la excreta.



NOTA: MUESTRAS DE EXCREMENTO DE CUCARACHA ALIMENTADA CON PLASTICO 01
ESPECIALISTA: ING. JORGE A. RIVERO FONSECA
SOLICITANTE: JIMMY MAXIMO RIVAS SANCHEZ



PARAMETROS

Date	31.01.2020 0...	Acq. time (s)	3	Accumulations	4	Laser	638nm_Edge
Spectro (cm ⁻¹)		Hole (µm)	100	Slit (µm)	100	Grating	600 (750nm)
Filter	100%	Objective	x100_VIS	ICS correction	Off	Range (cm ⁻¹)	

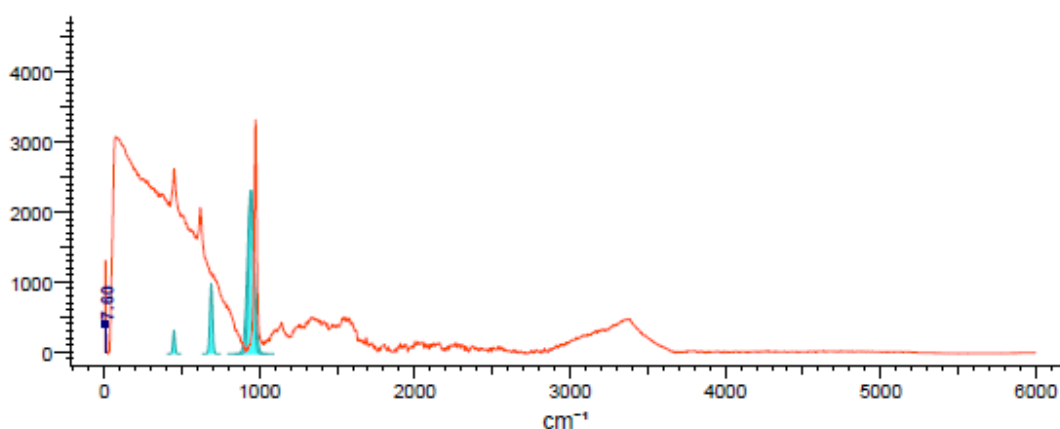
Powered by
LabSpec 6 from:
HORIBA
Scientific

Anexo N. Principales grupos funcionales del cuarto espectro de los restos de la bolsa plástica en la excreta.



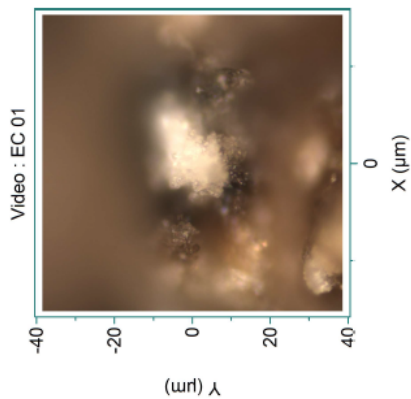
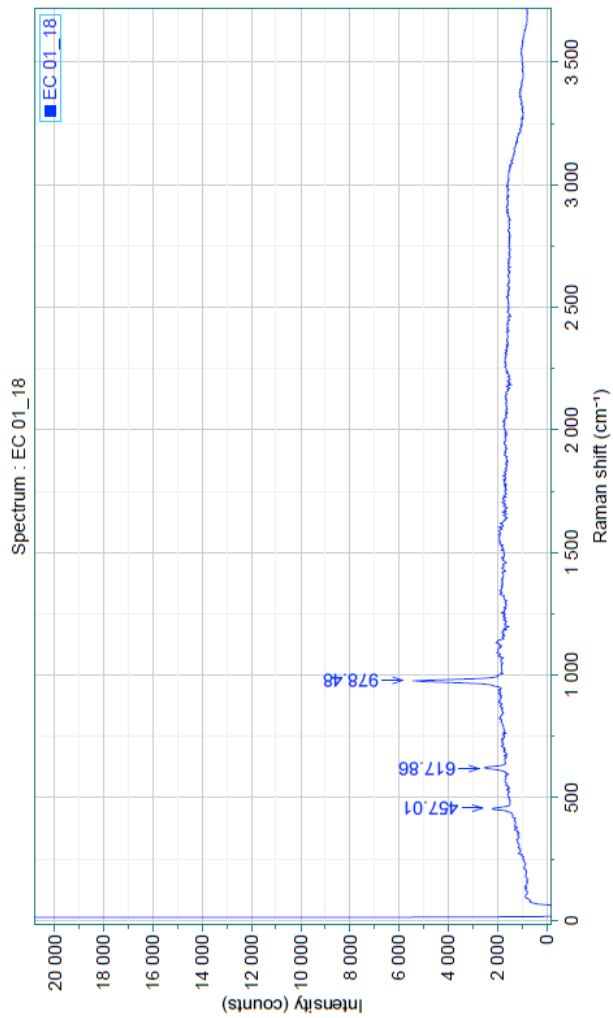
IDENTIFICACIÓN DE GRUPOS FUNCIONALES

MUESTRA: ESTIERCOL DE CUCARACHA CON PLASTICO 01
ESPECIALISTA: ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA
SOLICITANTE: JIMMY MAXIMO RIVAS SANCHEZ



GRUPOS FUNCIONALES DE ESTIERCOL DE CUCARACHA CON PLASTICO 01 POR ESPECTROMETRÍA RAMAN

Classification	Group	Bond	Range	Intensity	Mode
Sulfur Compounds	S-S				
		S-S	500-400	variable-weak	stretching
Phosphorus Compounds	P-O-P				
		P-O-P	1025-870	strong	stretching
Silicon Compounds	Si-O-Ph				
		Si-O	970-920	strong	stretching
Phosphorus Compounds	P=S				
		P=S	800-580	variable	stretching



NOTA: MUESTRAS DE EXCREMENTO DE CUCARACHA ALIMENTADA CON PLASTICO 01

ESPECIALISTA: ING. JORGE A. RIVERO
 FONSECA
 SOLICITANTE: JIMMY MAXIMO RIVAS SANCHEZ

PARAMETROS

Date	31.01.2020 0...	Acq. time (s)	3	Accumulations	4	Laser	638nm_Edge
Spectro (cm ⁻¹)		Hole (µm)	100	Slit (µm)	100	Grating	600 (750nm)
Filter	100%	Objective	x100_VIS	ICS correction	Off	Range (cm ⁻¹)	

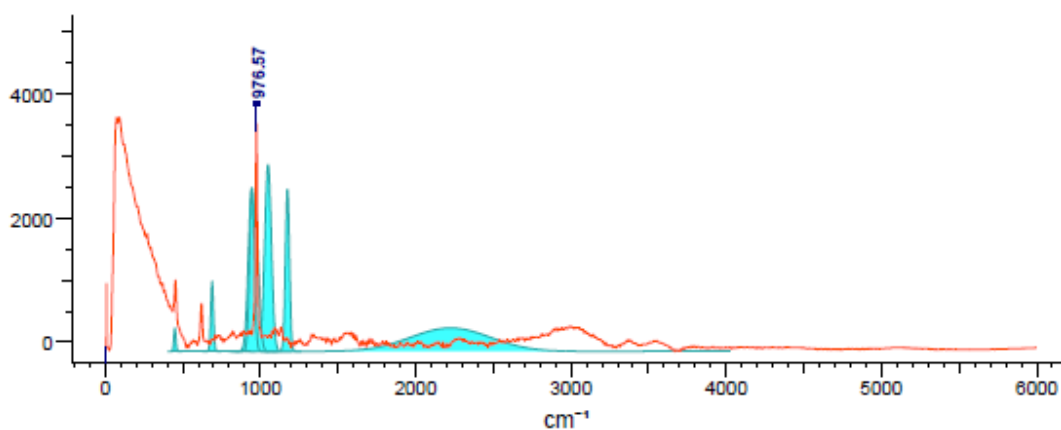
Powered by
 LabSpec 6 from:


Anexo O. Principales grupos funcionales del quinto espectro de los restos de la bolsa plástica en la excreta.



IDENTIFICACIÓN DE GRUPOS FUNCIONALES

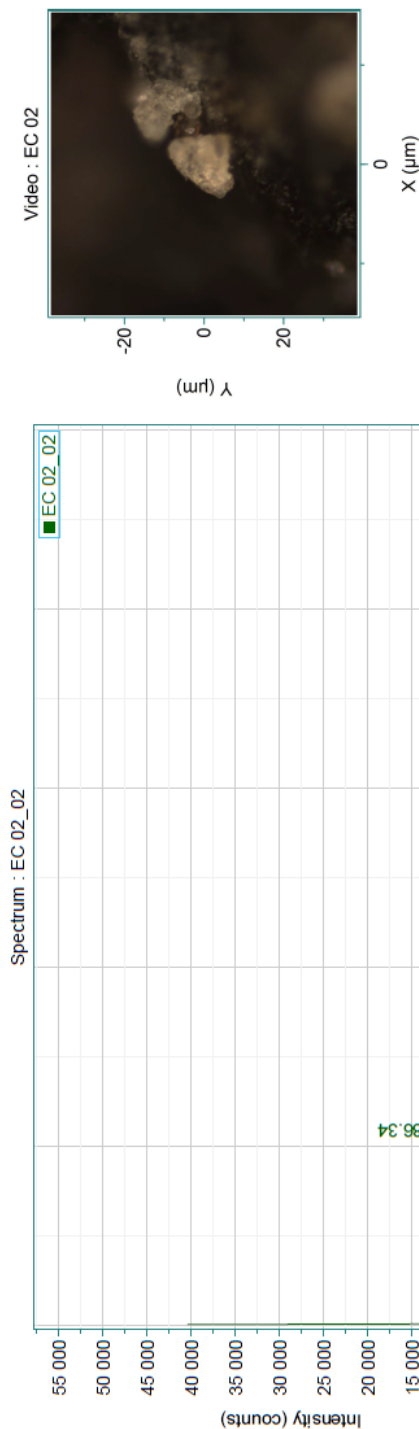
MUESTRA: ESTIERCOL DE CUCARACHA CON PLASTICO 01
ESPECIALISTA: ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA
SOLICITANTE: JIMMY MAXIMO RIVAS SANCHEZ



GRUPOS FUNCIONALES DE ESTIERCOL DE CUCARACHA CON PLASTICO 01 POR ESPECTROMETRÍA RAMAN

Classification	Group	Bond	Range	Intensity	Mode
Sulfur Compounds	R-SO ₃ ⁻ H ₃ O ⁺	H ₃ O ⁺	2800-1650	weak	stretching
		SO ₃	1230-1120	strong	stretching
Phosphorus Compounds	P-O-P				
		P-O-P	1025-870	strong	stretching
Silicon Compounds	Si-O-Ph				
		Si-O	970-920	strong	stretching
Sulfur Compounds	S-S				
		S-S	500-400	variable-weak	stretching
Silicon Compounds	Si-O-C				
		Si-O-C	1100-1000	strong	stretching
		Si-O-C	990-945	strong	stretching
Phosphorus Compounds	P=S				
		P=S	800-580	variable	stretching

Anexo P. Primer espectro de los restos del film en la excreta.



NOTA: MUESTRAS DE EXCREMENTO DE CUCARACHA ALIMENTADA CON PLASTICO 2

ESPECIALISTA: ING. JORGE A. RIVERO FONSECA
SOLICITANTE: JIMMY MAXIMO RIVAS SANCHEZ

PARAMETROS

Date	09.12.2019 1...	Acq. time (s)	3	Accumulations	4	Laser	638nm_Edge
Spectro (cm ⁻¹)		Hole (µm)	100	Slit (µm)	100	Grating	600 (750nm)
Filter	50%	Objective	x100_VIS	ICS correction	Off	Range (cm ⁻¹)	

Powered by
LabSpec 6 from:

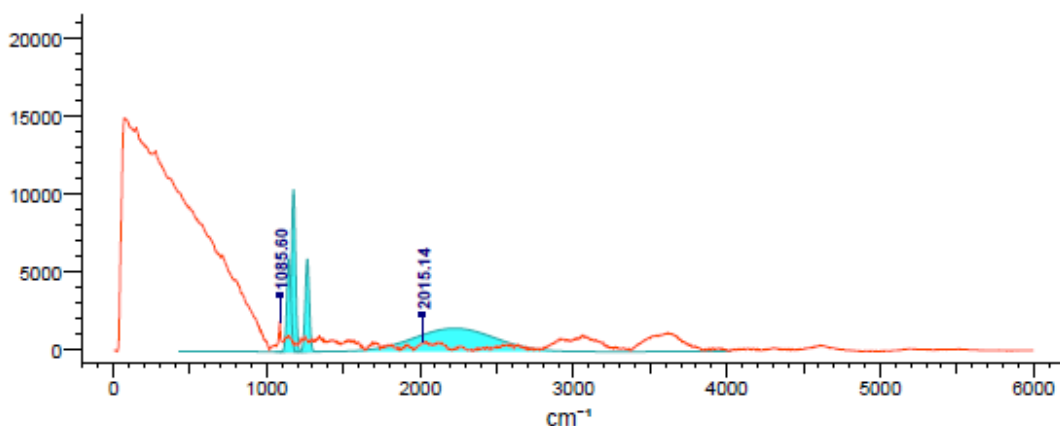


Anexo Q. Principales grupos funcionales del primer espectro de los restos del film en la excreta.



IDENTIFICACIÓN DE GRUPOS FUNCIONALES

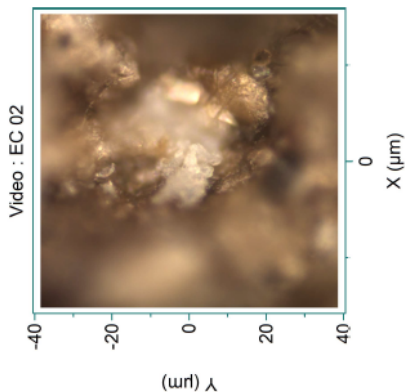
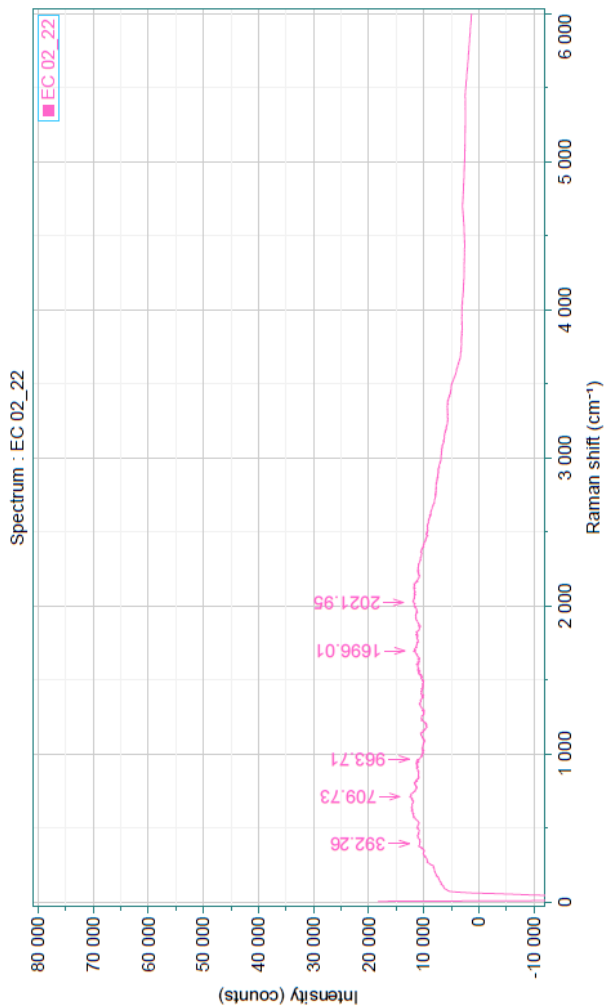
MUESTRA: ESTIERCOL DE CUCARACHA CON PLASTICO 2
ESPECIALISTA: ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA
SOLICITANTE: JIMMY MAXIMO RIVAS SANCHEZ



GRUPOS FUNCIONALES DE ESTIERCOL DE CUCARACHA CON PLASTICO 02 POR ESPECTROMETRÍA RAMAN

Classification	Group	Bond	Range	Intensity	Mode
Sulfur Compounds	R-SO ₃ ⁻ H ₃ O ⁺				
		H ₃ O ⁺	2800-1650	weak	stretching
		SO ₃	1230-1120	strong	stretching
Sulfur Compounds	R-N=S=O				
		N=S=O	1300-1230	variable	antisymmetric stretching
		N=S=O	1180-1110	variable	symmetric stretching

Anexo R. Segundo espectro de los restos del film en la excreta.



NOTA: MUESTRAS DE EXCREMENTO DE CUCARACHA ALIMENTADA CON PLASTICO 02
 ESPECIALISTA: ING. JORGE A. RIVERO FONSECA
 SOLICITANTE: JIMMY MAXIMO RIVAS SANCHEZ

PARAMETROS

Date	03.02.2020 1...	Acq. time (s)	3	Accumulations	4	Laser	638nm_Edge
Spectro (cm ⁻¹)		Hole (µm)	100	Slit (µm)	100	Grating	600 (750nm)
Filter	25%	Objective	x100_VIS	ICS correction	Off	Range (cm ⁻¹)	

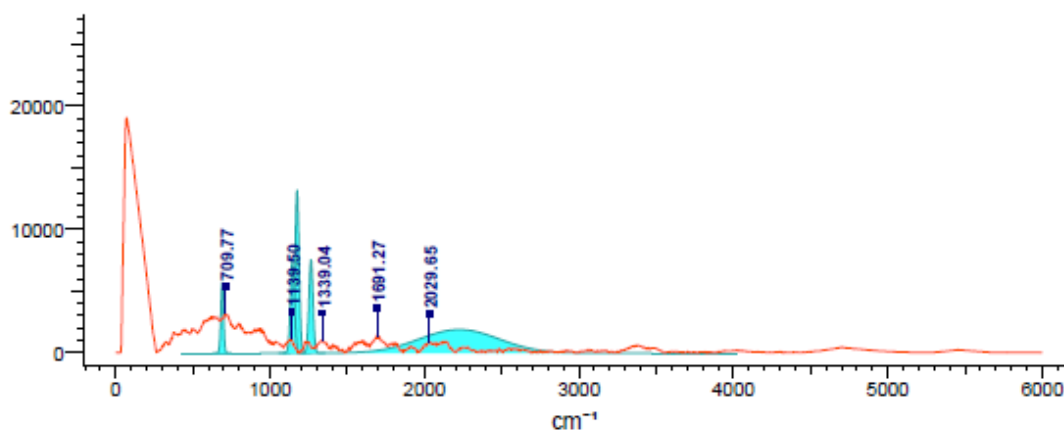
Powered by
 LabSpec 6 from:
HORIBA
 Scientific

Anexo S. Principales grupos funcionales del segundo espectro de los restos del film en la excreta.



IDENTIFICACIÓN DE GRUPOS FUNCIONALES

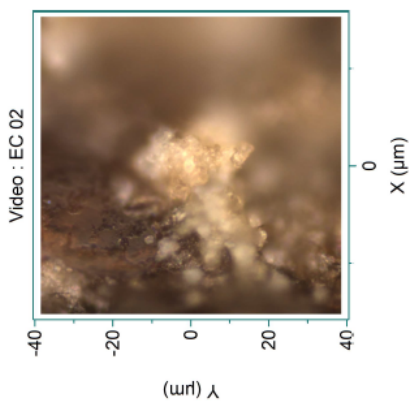
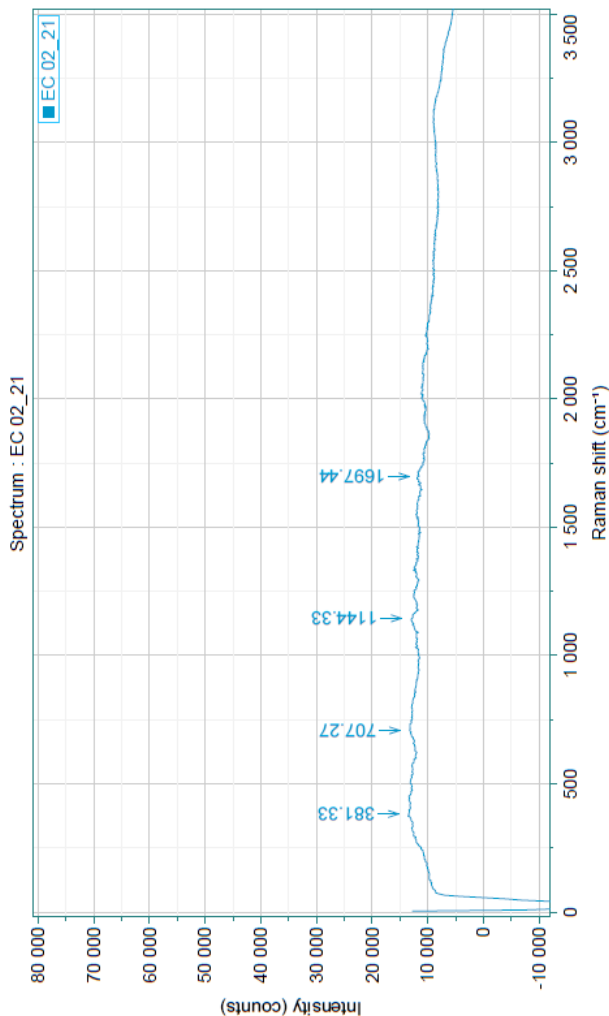
MUESTRA: ESTIERCOL DE CUCARACHA CON PLASTICO 02
ESPECIALISTA: ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA
SOLICITANTE: JIMMY MAXIMO RIVAS SANCHEZ



GRUPOS FUNCIONALES DE ESTIERCOL DE CUCARACHA CON PLASTICO 02 POR ESPECTROMETRÍA RAMAN

Classification	Group	Bond	Range	Intensity	Mode
Sulfur Compounds	R-SO ₃ ⁻ H ₃ O ⁺	H ₃ O ⁺	2800-1650	weak	stretching
		SO ₃	1230-1120	strong	stretching
Phosphorus Compounds	P=S	P=S	800-580	variable	stretching
		N=S=O	1300-1230	variable	antisymmetric stretching
Sulfur Compounds	R-N=S=O	N=S=O	1300-1230	variable	antisymmetric stretching
		N=S=O	1180-1110	variable	symmetric stretching

Anexo T. Tercer espectro de los restos del film en la excreta.



NOTA: MUESTRAS DE EXCREMENTO DE CUCARACHA ALIMENTADA CON PLASTICO 02
 ESPECIALISTA: ING. JORGE A. RIVERO FONSECA
 SOLICITANTE: JIMMY MAXIMO RIVAS SANCHEZ

PARAMETROS

Date	03.02.2020 1...	Acq. time (s)	3	Accumulations	4	Laser	638nm_Edge
Spectro (cm ⁻¹)		Hole (µm)	100	Slit (µm)	100	Grating	600 (750nm)
Filter	25%	Objective	x100_VIS	ICS correction	Off	Range (cm ⁻¹)	

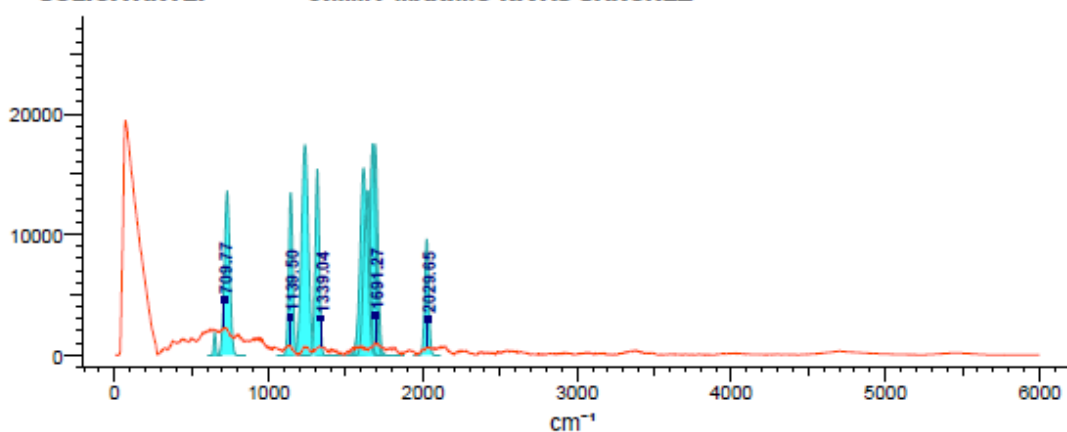
Powered by
 LabSpec 6 from:
HORIBA
 Scientific

Anexo U. Principales grupos funcionales del tercer espectro de los restos del film en la excreta.



IDENTIFICACIÓN DE GRUPOS FUNCIONALES

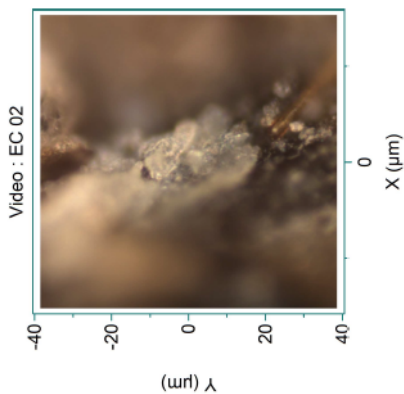
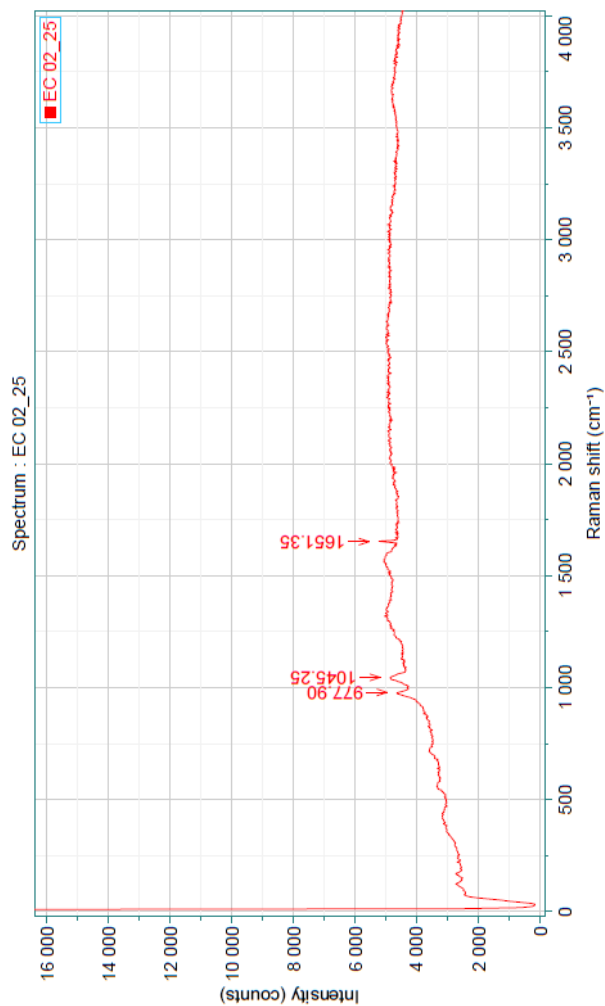
MUESTRA: ESTIERCOL DE CUCARACHA CON PLASTICO 02
ESPECIALISTA: ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA
SOLICITANTE: JIMMY MAXIMO RIVAS SANCHEZ



GRUPOS FUNCIONALES DE ESTIERCOL DE CUCARACHA CON PLASTICO 02 POR ESPECTROMETRÍA RAMAN

Classification	Group	Bond	Range	Intensity	Mode
Halogens	RCF ₃	C-F	1350-1120	variable-strong	stretching
		C-F	780-680	strong	unknown
Other Nitrogen Compounds	(C) ₂ C=C=N-R	C=C=N	2050-2000	strong	stretching
Sulfur Compounds	C-SO ₂ -C	SO ₂	1340-1290	strong	antisymmetric stretching
		SO ₂	1165-1120	strong	symmetric stretching
		S-C	700-600	variable-weak	stretching
Ketones	C=C-(C=O)-C	C=O	1685-1665	strong	stretching
		C=O	1700-1680	strong	stretching
Ketones	Ph-(C=O)-C	C=O	1690-1660	strong	stretching
Guanidines	RNH-(C=NH)-NHR	C=N	1680-1550	strong	stretching
		C=N	1680-1600	medium-strong	stretching
Azines	RCH=N-N=CHR	C=N	1680-1600	medium-strong	stretching
Hydrazones	CH=N-NH ₂	C=N	1680-1580	medium-strong	stretching
Hydroxamic Acids	(C=O)NH-OH	CN	1680-1600	medium-strong	stretching
		CN	1680-1600	medium-strong	stretching

Anexo V. Cuarto espectro de los restos del film en la excreta.



NOTA: MUESTRAS DE EXCREMENTO DE CUCARACHA ALIMENTADA CON PLASTICO 02
 ESPECIALISTA: ING. JORGE A. RIVERO FONSECA
 SOLICITANTE: JIMMY MAXIMO RIVAS SANCHEZ

PARAMETROS

Date	03.02.2020 1...	Acq. time (s)	3	Accumulations	4	Laser	638nm_Edge
Spectro (cm ⁻¹)		Hole (µm)	100	Slit (µm)	100	Grating	600 (750nm)
Filter	100%	Objective	x100_VIS	ICS correction	Off	Range (cm ⁻¹)	

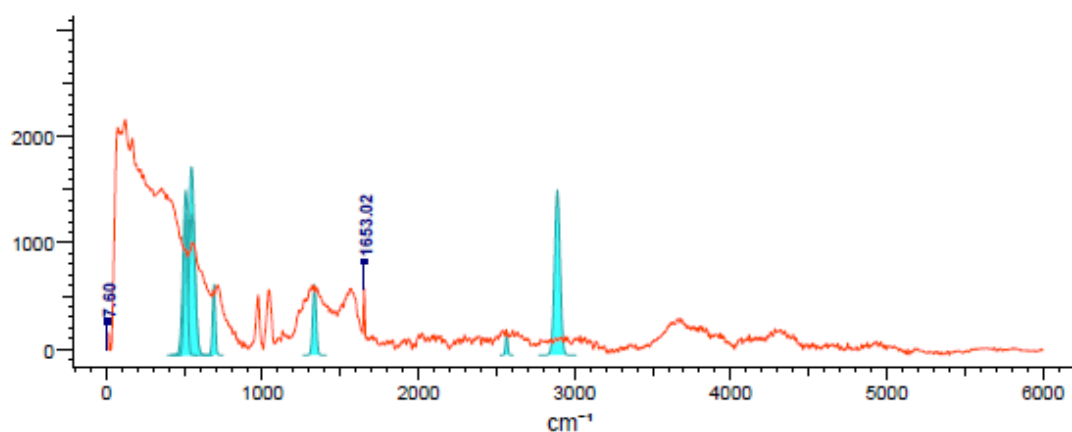
Powered by LabSpec 6 from:
HORIBA Scientific

Anexo W. Principales grupos funcionales del cuarto espectro de los restos del film en la excreta.



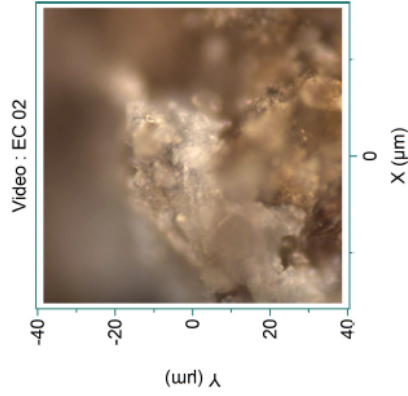
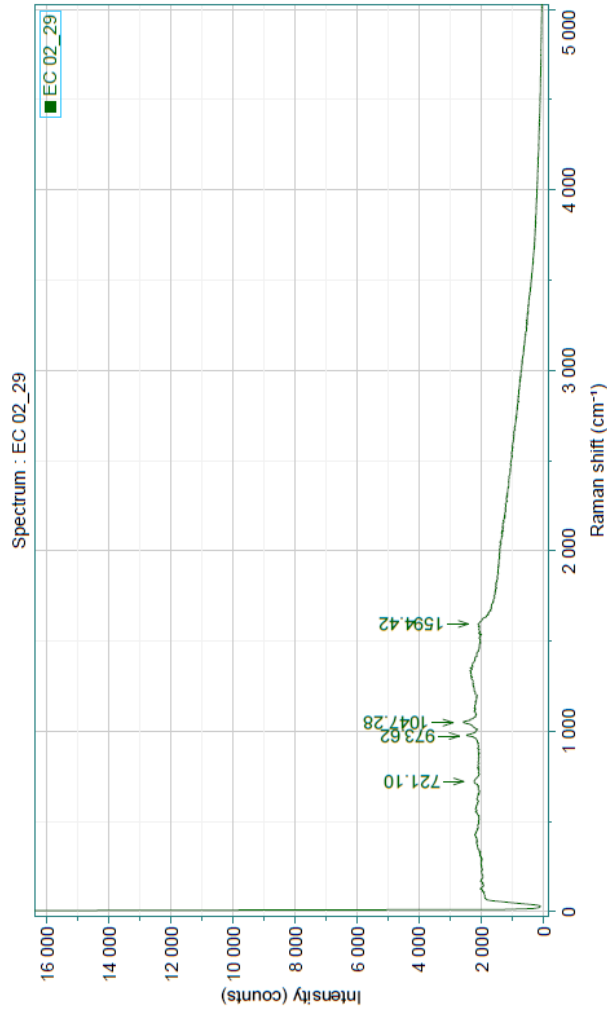
IDENTIFICACIÓN DE GRUPOS FUNCIONALES

MUESTRA: ESTIERCOL DE CUCARACHA CON PLASTICO 02
ESPECIALISTA: ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA
SOLICITANTE: JIMMY MAXIMO RIVAS SANCHEZ



GRUPOS FUNCIONALES DE ESTIERCOL DE CUCARACHA CON PLASTICO 02 POR ESPECTROMETRÍA RAMAN

Classification	Group	Bond	Range	Intensity	Mode
Sulfur Compounds	S-H				
		S-H	2590-2540	variable-weak	stretching
Alkanes	(R) ₃ CH				
		CH	2900-2880	weak	stretching
		CH	1350-1320	weak	deformation
Halogens	C-Br				
		C-Br	600-500	strong	stretching
Halogens	C-I				
		C-I	610-485	strong	stretching
Phosphorus Compounds	P-Cl				
		P-Cl	580-440	strong	stretching
Silicon Compounds	Si-Cl				
		Si-Cl	550-470	strong	stretching
Phosphorus Compounds	F=S				
		P=S	800-580	variable	stretching



NOTA: MUESTRAS DE EXCREMENTO DE CUCARACHA ALIMENTADA CON PLASTICO 02
 ESPECIALISTA: ING. JORGE A. RIVERO FONSECA
 SOLICITANTE: JIMMY MAXIMO RIVAS SANCHEZ

PARAMETROS

Date	03.02.2020 1...	Acq. time (s)	3	Accumulations	4	Laser	638nm_Edge
Spectro (cm ⁻¹)		Hole (µm)	100	Slit (µm)	100	Grating	600 (750nm)
Filter	50%	Objective	x100_VIS	ICS correction	Off	Range (cm ⁻¹)	

Powered by LabSpec 6 from:

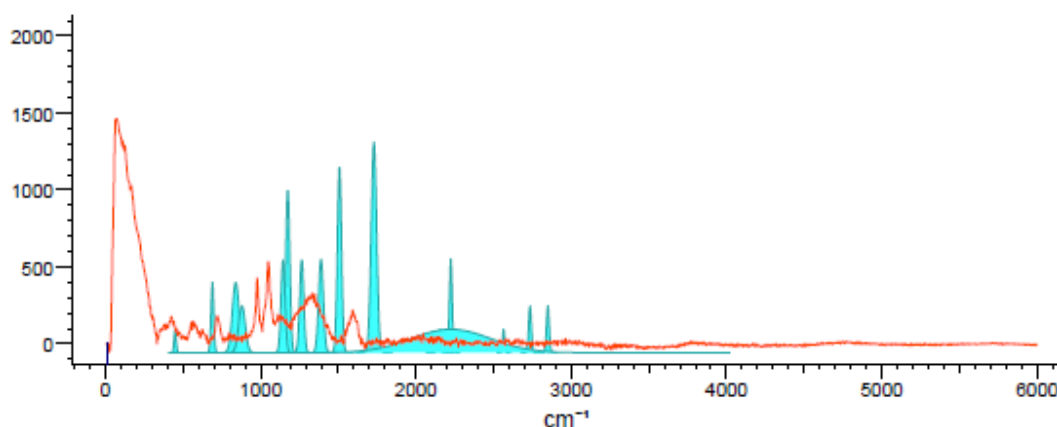


Anexo Y. Principales grupos funcionales del quinto espectro de los restos del film en la excreta.



IDENTIFICACIÓN DE GRUPOS FUNCIONALES

MUESTRA: ESTIERCOL DE CUCARACHA CON PLASTICO 02
ESPECIALISTA: ING. JORGE ALEX RIVERO FONSECA
SOLICITANTE: JIMMY MAXIMO RIVAS SANCHEZ



GRUPOS FUNCIONALES DE ESTIERCOL DE CUCARACHA CON PLASTICO 02 POR ESPECTROMETRÍA RAMAN

Classification	Group	Bond	Range	Intensity	Mode
Sulfur Compounds	S-H	S-H	2590-2540	variable-weak	stretching
Alkynes	R-C≡C-R	C≡C	2280-2190	variable	stretching
		N=S=O	1300-1230	variable	antisymmetric stretching
Sulfur Compounds	R-N=S=O	N=S=O	1180-1110	variable	symmetric stretching
		S-S	500-400	variable-weak	stretching
Sulfur Compounds	R-SO ₃ ⁻ H ₃ O ⁺	H ₃ O ⁺	2800-1650	weak	stretching
		SO ₃	1230-1120	strong	stretching
		O-O	880-800	weak	stretching
Peroxides	R-O-O-R				
Aldehydes	R-CHO	CH	2900-2800	weak	stretching
		CH	2775-2695	weak	stretching
		C=O	1740-1720	strong	stretching
		CH	1392-1388	strong	rocking
		CH	980-780	medium-weak	deformation
Phosphorus Compounds	P=S	P=S	800-580	variable	stretching
Solvent Impurities	Carbon disulfide	C=S	2160-2152	variable-weak	stretching
		C=S	1512-1504	variable-strong	stretching

Apéndice 6. Pérdida de peso de la cucaracha

Anexo A. Por el consumo de bolsa plástica.

Tiempo (Días)	Repetición	Peso inicial (g)	Promedio (g)	Peso final (g)	Promedio (g)	Pérdida de peso (g)	Promedio (g)	Porcentaje %	Porcentaje de tratamiento %
7	1	0.6062	0.7338	0.5435	0.6436	0.0627	0.0902	12.28	18.78
	2	1.2743		1.0557		0.2186			
	3	0.9479		0.8824		0.0655			
	4	0.4706		0.4129		0.0577			
	5	0.3699		0.3236		0.0463			
14	1	0.6196	0.5485	0.4756	0.4098	0.1439	0.1387	25.28	
	2	0.4295		0.3182		0.1113			
	3	0.4919		0.3379		0.1540			
	4	0.6693		0.5219		0.1474			
	5	0.5321		0.3956		0.1366			

Anexo B. Por el consumo de film.

Tiempo (Días)	Repetición	Peso inicial (g)	Promedio (g)	Peso final (g)	Promedio (g)	Pérdida de peso (g)	Promedio (g)	Porcentaje %	Porcentaje de tratamiento %
7	1	0.3834	0.3986	0.3302	0.3447	0.0532	0.0539	13.53	20.25
	2	0.3105		0.2520		0.0585			
	3	0.2215		0.1829		0.0386			
	4	0.6823		0.6024		0.0799			
	5	0.3954		0.3559		0.0396			
14	1	0.3228	0.5613	0.2152	0.4076	0.1076	0.1536	27.37	
	2	0.2659		0.0526		0.2133			
	3	0.9061		0.7463		0.1599			
	4	0.6141		0.4755		0.1386			
	5	0.6974		0.5486		0.1488			

Apéndice 7. Producción de excreta

Anexo A. Por el consumo de bolsa plástica.

Tiempo (días)	Repetición	Excreta producida (g)	Promedio (g)	Promedio del tratamiento 1 (g)
7	1	0.0031	0.0034	0.0028
	2	0.0102		
	3	0.0006		
	4	0.0017		
	5	0.0014		
14	1	0.0025	0.0022	
	2	0.0004		
	3	0.0038		
	4	0.0015		
	5	0.0028		

Anexo B. Por el consumo de film.

Tiempo (días)	Repetición	Excreta producida (g)	Promedio (g)	Promedio del tratamiento 2 (g)
7	1	0.0006	0.0009	0.0023
	2	0.0012		
	3	0.0009		
	4	0.0011		
	5	0.0008		
14	1	0.0021	0.0037	
	2	0.0021		
	3	0.0016		
	4	0.0078		
	5	0.0048		

Apéndice 8. Contraste de la excreta, compost y humus de lombriz

Anexo A. Micronutrientes, macronutrientes, parámetros fisicoquímicos de la excreta y el compost.

Parámetros	Limites	Tratamientos		Cumplimiento	
		T1	T2	T1	T2
Cu (ppm)	100 – 150	57	49	No conforme	No conforme
Pb (ppm)	100	6.13	4.25	No conforme	No conforme
Zn (ppm)	200 – 400	445	737	No conforme	No conforme
Cd (ppm)	2	0.18	0.19	No conforme	No conforme
Fe (ppm)	800 – 1500	115	39	No conforme	No conforme
Mn (ppm)	300 – 1200	50	114	No conforme	No conforme
M.O. (%)	25 – 50	89.53	67.56	No conforme	No conforme
N %	1.5 – 2	9.46	8.36	No conforme	No conforme
P %	0.15 – 1.5	0.911	2.478	Conforme	No conforme
K %	0.5 – 1.8	0.471	0.486	No conforme	No conforme
Ca %	1.5 – 7	0.074	0.117	No conforme	No conforme
Mg %	0.49 – 1.06	0.135	0.276	No conforme	No conforme
Na %	0.39	0.332	0.362	No conforme	No conforme
pH	6.5 – 8	6.32	6.02	No conforme	No conforme
C.E. (mS/cm)	3	0.02	0.02	No conforme	No conforme
Humedad %	< 40	8.59	24.18	Conforme	Conforme

Anexo B. Micronutrientes, macronutrientes, parámetros fisicoquímicos obtenidos y el humus.

Parámetros	Limites	Tratamientos		Cumplimiento	
		T1	T2	T1	T2
Cu (ppm)	34 – 490	57	49	Conforme	Conforme
Pb (ppm)	-	6.13	4.25	No conforme	No conforme
Zn (ppm)	85 – 400	445	737	No conforme	No conforme
Cd (ppm)	-	0.18	0.19	No conforme	No conforme
Fe (ppm)	6000 – 96000	115	39	No conforme	No conforme
Mn (ppm)	53075	50	114	No conforme	No conforme
M.O. (%)	60	89.53	67.56	No conforme	No conforme
N %	1.5 – 3.3	9.46	8.36	No conforme	No conforme
P %	1 – 3	0.911	2.478	No conforme	No conforme
K %	1 – 1.5	0.471	0.486	No conforme	No conforme
Ca %	2.8 – 8.7	0.074	0.117	No conforme	No conforme
Mg %	0.2 – 2.6	0.135	0.276	No conforme	No conforme
Na %	0.0023	0.332	0.362	No conforme	No conforme
pH	6.6 - 7.2	6.32	6.02	No conforme	No conforme
C.E. (mS/cm)	3.8	0.02	0.02	No conforme	No conforme
Humedad %	45 – 55	8.59	24.18	No conforme	No conforme

Anexo C. Grupos funcionales de bolsa plástica y restos de bolsa plástica en la excreta.

	Grupos funcionales
Bolsa plástica	$R - N = S = 0, R - SO_3^-H_3O^+, R - CH_2 - OH, N = N, R - O - O - R$
Restos de bolsa plástica en la excreta - 1.	$R - O - O - R, P = S$
Restos de bolsa plástica en la excreta - 2.	$(R)_3CH, R - O - O - R, P = S$
Restos de bolsa plástica en la excreta - 3.	$R - O - O - R, P = S$
Restos de bolsa plástica en la excreta - 4.	$Si - O - Ph, P = S, S - S, P - O - P$
Restos de bolsa plástica en la excreta - 5.	$R - SO_3^-H_3O^+, P - O - P, Si - O - Ph, S - S, Si - O - C, P = S$

Anexo D. Grupos funcionales de film y restos de film en la excreta.

	Grupos funcionales
Film	$R - N = S = 0, R - SO_3^-H_3O^+$
Restos de Film en la excreta - 1.	$R - N = S = 0, R - SO_3^-H_3O^+$
Restos de Film en la excreta - 2.	$R - SO_3^-H_3O^+, P = S, R - N = S = 0$
Restos de Film en la excreta - 3.	$RCF_3, (C)_2C = C = N - R, C - SO_2 - C, C = C - (C = O) - C, Ph - (C = O) - C, RNH - (C = NH) - NHR, RCH = N - N = CHR, CH = N - NH_2$
Restos de Film en la excreta - 4.	$S - H, (R)_3CH, C - Br, C - I, P - Cl, Si - Cl, P = S$
Restos de Film en la excreta - 5.	$S - H, R - C \equiv C - R, R - N = S = 0, S - S, R - SO_3^-H_3O^+, R - O - O - R, R - CHO, P = S$

Apéndice 9. Análisis de la excreta

Anexo A. Micronutriente, macronutriente y fisicoquímicos de la excreta.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Aguas y Ecotoxicología
 Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - Celular 941531359
analisisdesuekusunas@hotmail.com

ANÁLISIS ESPECIAL

LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA - UNAS - RUPA RUPA - LEONCIO PRADO - HUANUCO

SOLICITANTE	RIVAS SANCHEZ, JIMMY MAXIMO		PROCEDENCIA		RESULTADOS EN BASE SECA																											
	ANÁLISIS PROXIMAL				EN BASE SECA				PORCENTAJE (%)				PARTES POR MILLON (ppm)																			
	DATOS DE LA MUESTRA		EN BASE HUMEDA		MATERIA SECA		Cenizas (%)		Materia Orgánica (%)		F ₂ O ₃ (%)		Ca (%)		Mg (%)		K (%)		Na (%)		Cd ppm		Pb ppm		Cu ppm		Fe ppm		Zn ppm		Mn ppm	
ME_696	ORGANICO	M1	6.52	1.1	PH	1.1	CE	1.1	ms/cm	0.02	8.59	89.53	1.89	97.94	2.06	0.911	0.074	0.135	0.471	0.332	0.18	6.13	57	115	445	50						
ME_697	ORGANICO	M2	6.02	1.1	PH	1.1	CE	1.1	ms/cm	0.02	24.18	67.56	8.25	89.11	10.89	2.478	0.117	0.276	0.486	0.362	0.19	4.25	49	39	737	114						

VND. VALOR NO DETECTABLE

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

TINGO MARIA, 21 DE DICIEMBRE 2019

RECIBO N° 0600727



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 Laboratorio de Análisis de Suelos

Ing. Luis O. Mayasilla Albornoz
 JEFE

Anexo B. Nitrógeno total en la excreta



Universidad Nacional Agraria de la Selva
Laboratorio de Nutrición Animal
Tingo María

Propietario : JIMMY MAXIMO RIVAS SANCHEZ
 Muestras : HECES DE CUCARACHA
 Procedencia : UNAS
 Fecha recepción : 03 / 03 / 2020
 Análisis solicitados : NITROGENO TOTAL

Resultado de Análisis

Nº	MUESTRA	ANALISIS	RESULTADOS
1	HECES DE CUCARACHA	NITROGENO TOTAL	9.46
2	HECES DE CUCARACHA	NITROGENO TOTAL	8.36
3	ALIMENTO DE CONEJO	NITROGENO TOTAL	2.74
4	ALIMENTO DE CONEJO	NITROGENO TOTAL	2.68

Tingo María, 09 de Marzo del 2020



Glelia Ríos Saldaña
 GLELIA RÍOS SALDAÑA
 TEC. Laboratorio de Nutrición Animal
 Fac. Zootecnia - UNAS

Apéndice 10. Descripción morfológica



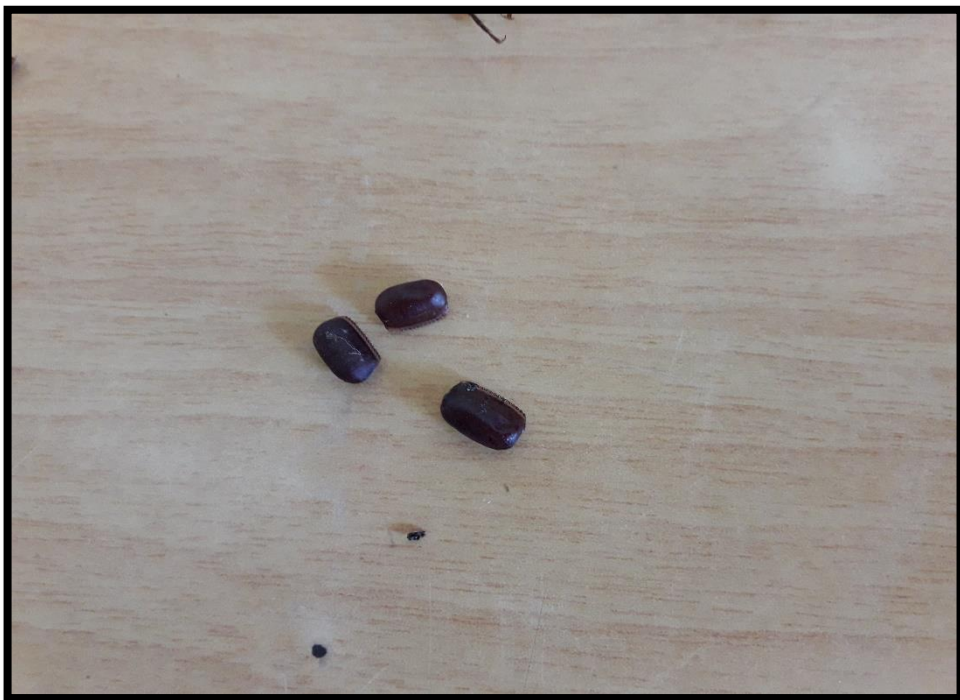
Anexo A. Pronoto con margen color café pálido a amarillento y escudo de color café marrón.



Anexo B. Placa subgenital de la hembra dividida y valvulada (Aparato reproductor femenino).



Anexo C. Placa subgenital del macho simétrica; estilos elongados, rectos, delgados y simétricos (Aparato reproductor masculino)



Anexo D. Fase huevo u ooteca de la cucaracha



Anexo E. Fase ninfa de la cucaracha



Anexo F. Fase adulta de la cucaracha

Apéndice 11. Panel fotográfico



Figura 21. Adquisición de la Incubadora Rcom 20



Figura 22. Programación de la incubadora a 35 °C y una humedad de 60 %



Figura 23. Asimilación de la cucaracha a la bolsa plástica y film.



Figura 24. El 60 - 70 % de cucarachas no soportan la asimilación.



Figura 25. Canibalismo entre cucarachas.



Figura 26. Muestra de bolsas plásticas.



Figura 27. Muestra de film.



Figura 28. Instalando el primer y segundo tratamiento.



Figura 29. Peso inicial de la cucaracha y el film.



Figura 30. Excreta y restos del cambio de ninfa a adulto.

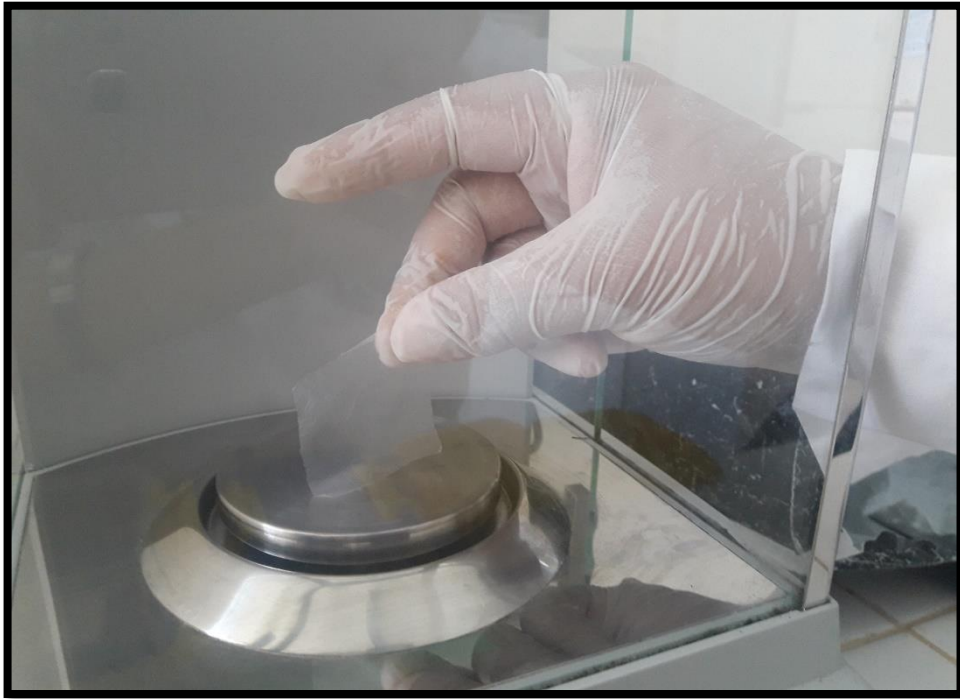


Figura 31. Prueba gravimétrica de las muestras tratadas.



Figura 32. Bolsa plástica con orificios.



Figura 33. Extracción del tracto digestivo de la cucaracha.



Figura 34. Incubación de placas con Agar nutritivo y caldos.

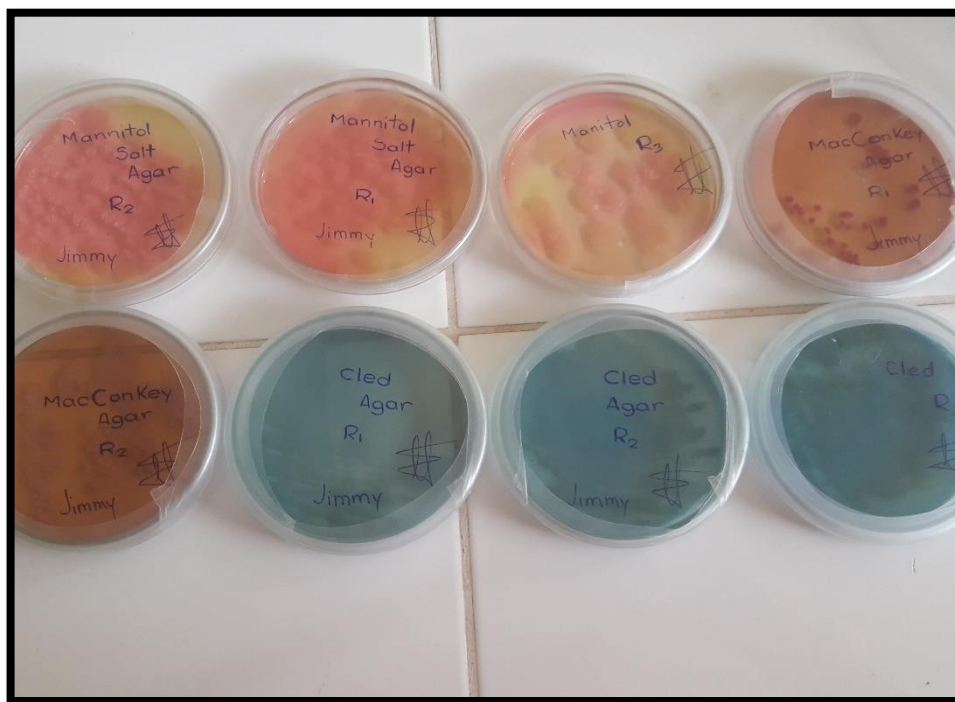


Figura 35. Registro del crecimiento bacteriano en los diferentes agares.

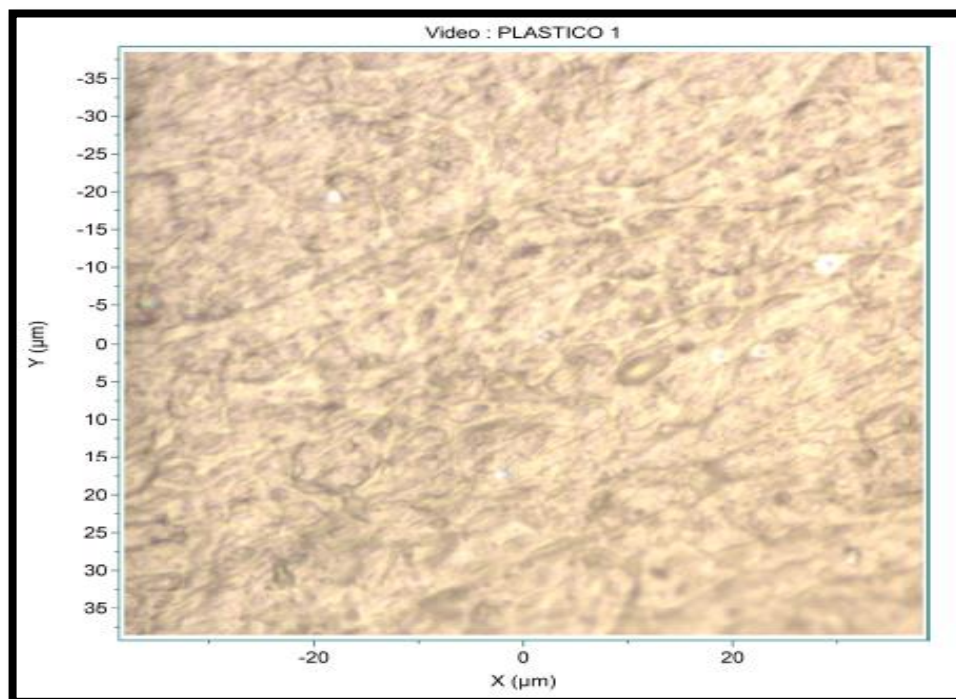


Figura 36. Película de bolsa plástica.

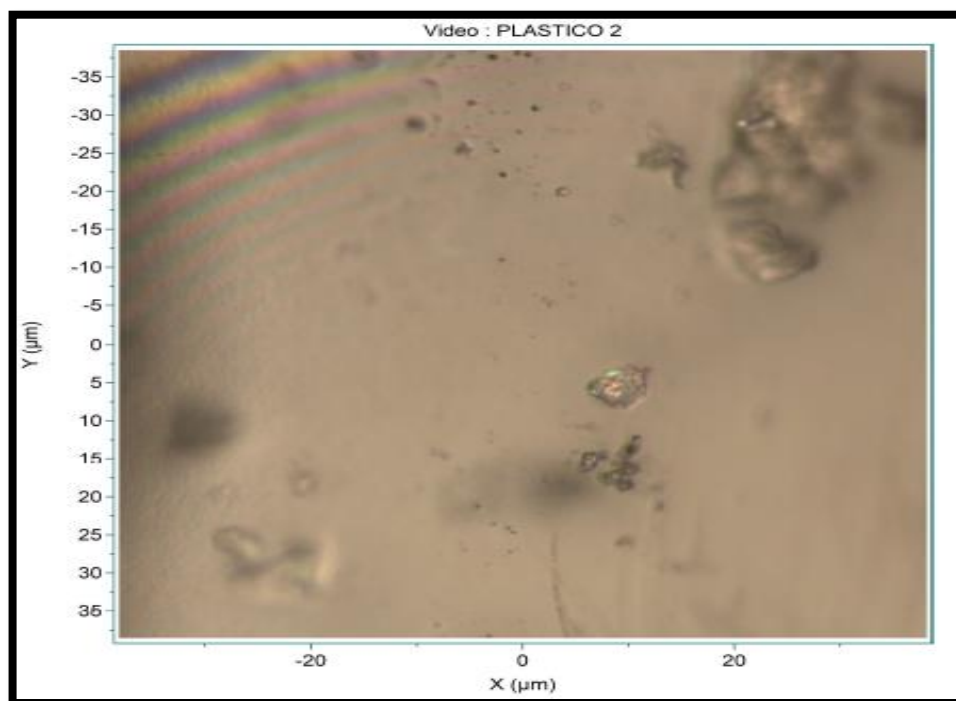


Figura 37. Película de film.

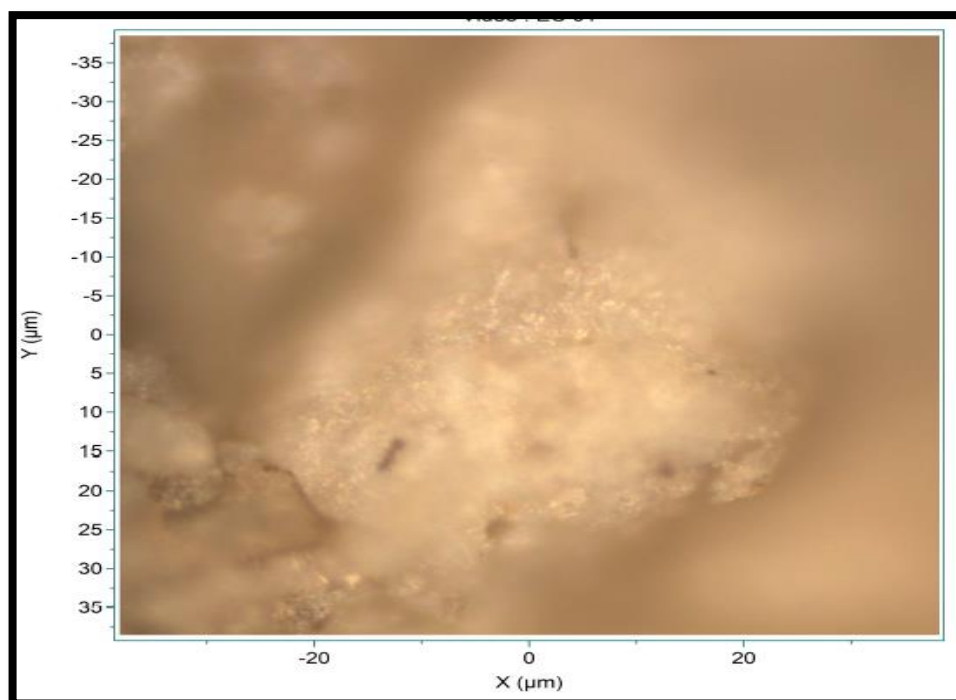


Figura 38. Restos de bolsa plástica en la excreta.

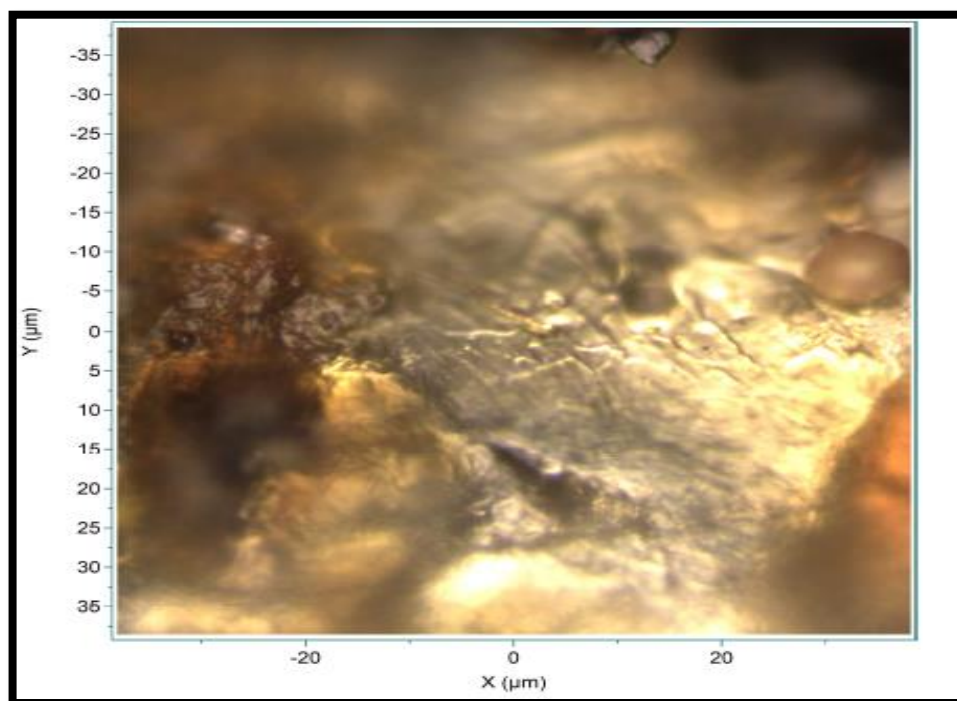


Figura 39. Restos de film en la excreta.



Figura 40. Asesoramiento del Blgo. M. Sc. José Luis Gil Bacilio

Apéndice 12. Mapas

Anexo D. Mapa ubicación de los puntos de aislamiento de las cucarachas.

