



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICO A BASE DEL EXOESQUELETO DE CAMARÓN
(QUITINA) COMO ALTERNATIVA DEL PLÁSTICO TERMO FORMABLE”

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Ambiental

AUTOR: BRUMMEL LEONARDO OJEDA BENAVIDES
TUTOR: ING. JORGE BRAULIO AMAYA PINOS, PhD.

Cuenca - Ecuador

2023

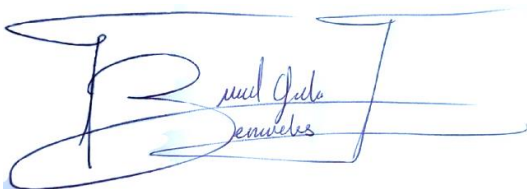
CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Brummel Leonardo Ojeda Benavides con documento de identificación N° 030222154, manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 28 de febrero del 2023

Atentamente,



Brummel Leonardo Ojeda Benavides

0302221544


CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Brummel leonardo Ojeda Benavides con documento de identificación N° 0302221544, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Trabajo experimental: “Elaboración de bioplástico a base del exoesqueleto de camarón (quitina) como alternativa del plástico termo formable”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 28 de febrero del 2023

Atentamente,



Brummel Leonardo Ojeda Benavides

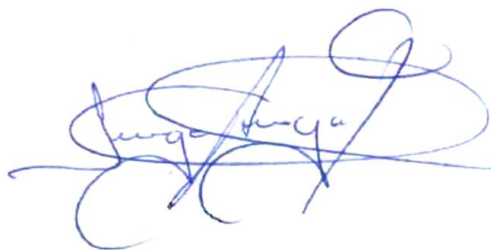
0302221544

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Jorge Braulio Amaya Pinos con documento de identificación N° 0103444923, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICO A BASE DEL EXOESQUELETO DE CAMARÓN (QUITINA) COMO ALTERNATIVA DEL PLÁSTICO TERMO FORMABLE”, realizado por Brummel Leonardo Ojeda Benavides con documento de identificación N° 0302221544, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 28 de febrero del 2023.

Atentamente,



Ing. Jorge Braulio Amaya Pinos, PhD.
0103444923

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi familia que, son mis papas (Jaime Ojeda, Dolores Benavides) mi hermana (Mayra Ojeda) mi sobrino (Jackson Martínez) y las personas que fueron mi combustible en esta trayectoria Mi esposa y Mi hijo (Alejandra Rivas y Isac Ojeda) dedico esta tesis a mis amigos que me acompañaron entre risas y enojos pero lo logramos de ante mano quiero dedicar mi tesis a mí mismo por tener el valor y el coraje necesario para poder cumplir lo que me propongo este será una meta más cumplida y una animación para poder seguir adelante por mi familia mi esposa y mi hijo más amado Isac Leonardo

Gracias

Brummel Ojeda

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi papa Jaime Ojeda a mi mama Dolores Benavides que fueron los que me Ayudaron económicamente en esta trayectoria también a mi hermana Mayra Ojeda y me sobrino Jackson Martínez y los más principales mi esposa Alejandra y mi Hijo Isac Ojeda que al verlos desvelados preocupados cuando me encontraba frustrado con las materias ellos estaban para darme aliento y valentía es por eso que son mi pilar fundamental en mis logros porque como familia tenemos un legado de nunca mirar atrás siempre adelante estemos como estemos y primero antes de todo quiero agradecer a Dios por permitirme estar hoy en día culminando un sueño más es el único quien sabe lo que e pasado para poder lograr lo que hoy soy .

Gracias

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I.....	14
1. INTRODUCCIÓN	14
2. ANTECEDENTES.....	15
3. JUSTIFICACIÓN.....	16
4. OBJETIVOS.....	17
4.1 Objetivo General	17
4.2 Objetivos Específicos.....	17
5. MARCO TEÓRICO.....	18
5.1 Plástico	18
5.2 Biopolímeros	18
5.3 Quitina	18
5.3.1 Características de la Quitina.....	19
5.3.2 Obtención de la Quitina.....	20
5.4 Bioplástico.....	20
5.4.1 Clasificación del bioplástico.....	21
5.5 Desechos orgánicos en la creación del bioplástico	24
5.6 FUNDAMENTACIÓN LEGAL	24
CAPÍTULO II	26
6. METODOLOGÍA	26
6.1 Primera fase	26
6.1.1 Obtención de la quitina/quitosano	26
6.2 Segunda Fase.....	35
6.2.1 Obtención de residuos adicionales para pruebas en la elaboración del bioplástico	35
6.2.2 Mezcla de principios activos	35
6.3 Tercera fase	36

6.3.1 Prueba de propiedades mecánicas.....	36
6.3.2 Maquinaria industrial.....	37
6.3.3 Método de compostaje.....	39
6.3.4 Prueba de degradabilidad mediante el compostaje.....	40
6.4 Cuarta fase.....	41
CAPÍTULO III.....	42
7. RESULTADOS.....	42
7.1 Primera fase de resultados.....	42
7.2 Segunda fase de resultados.....	43
7.2.1 Propiedades físicas del biopolímero.....	43
7.3 Tercera fase de resultados.....	44
7.3.1 Prueba de propiedades mecánicas.....	44
7.4 Cuarta fase de resultados.....	58
7.4.1 Comparación de costos en 1 kilo de bioplástico.....	58
7.4.2 Análisis de la demanda.....	60
7.4.3 Análisis económico proyectado.....	61
7.5.4 Plan de producción.....	62
8. DISCUSIÓN.....	68
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70
9.1 Conclusiones.....	70
9.2 Recomendaciones.....	72
BIBLIOGRAFÍA.....	73
ANEXOS.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Equipos utilizado para la obtención de quitina	26
Tabla 2 Materiales utilizados en porcentajes para la obtención del bioplástico	42
Tabla 3 Comparación de características físicas de las muestras	43
Tabla 4 Propiedades físicas muestra 9	44
Tabla 5 Resultado de las pruebas de elongación del bioplástico	45
Tabla 6 Prueba de densidades	47
Tabla 7 Pruebas en maquinaria de inyección.	48
Tabla 8 Condiciones externas medidas en el campo de estudio	50
Tabla 9 Muestra 1 Sin bioplástico (Inicial).....	53
Tabla 10 Muestra 2 Suelo + Bioplástico	54
Tabla 11 Datos recolectados en base al crecimiento de las plantas en dos evaluaciones	56
Tabla 12 Análisis de varianza para comparar múltiples medias en función del crecimiento .	57
Tabla 13 Comparativa entre medias de crecimiento por lote	58
Tabla 14 Número de empresas en la provincia (Demanda potencia).....	60
Tabla 15 Inversión inicial.....	61
Tabla 16 Plan de producción.....	62
Tabla 17 Producción en relación a la demanda	63
Tabla 18 Depreciaciones	63
Tabla 19 Costos fijos y variables	64
Tabla 20 <i>Punto de Equilibrio</i>	65
Tabla 21 Presupuesto de ingresos	65
Tabla 22 Parámetros para abastecer la demanda.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tipos y clasificación del bioplástico.....	23
Figura 2 Contenido de la Enzima Papaína y Contenido de la Enzima Quimotripsina	28
Figura 3 Estufa con Cáscaras de Camarón Seco	29
Figura 4 Molino Polymix (PX-MFC 90D)	29
Figura 5 Tamizador con Malla # 50	30
Figura 6 Balanza Analítica.....	31
Figura 7 Agitador Magnético.....	31
Figura 8 Equipo de Filtración al Vacío	32
Figura 9 Potenciómetro	32
Figura 10 Potenciómetro con Regulador para Quimotripsina.....	33
Figura 11 Equipo Orbital (Thermo)	33
Figura 12 Muestras Desproteinizadas con Método Enzimático.....	34
Figura 13 Despigmentación	34
Figura 14 Panel eléctrico de la maquinaria	38
Figura 15 Alimentación de la maquinaria y moldeo	39
Figura 16 Pilas estáticas	40
Figura 17 División del área para cultivo de lechugas con Muestras 1 y 2.....	55

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 Elaboración del bioplástico.....	79
ANEXO 2 Registro de coordenadas y muestreo	81
ANEXO 3 Registro de mediciones.....	82
ANEXO 4 Análisis de suelo AGROCALIDAD.....	83
ANEXO 5 Registro de compostaje y aplicación de abono en plantas.....	85
ANEXO 6 Extracción de la Quitina	87

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal elaborar un bioplástico a partir del exoesqueleto de camarón (quitina) como alternativa del plástico termo formable y se desarrolló en la provincia de El Oro, cantón Arenillas. Se realizó una metodología experimental, con un diseño de investigación de tipo descriptivo, se seleccionaron las variables: quitina, exoesqueleto de camarón y bioplástico. Se determinó que los porcentajes de residuos orgánicos a usarse para la obtención del bioplástico dependerán de la capacidad de carga de la maquinaria y de la producción que se desea realizar. Sin embargo, los residuos que más se utilizan para generar una mezcla apropiada son el bagazo de caña de azúcar el almidón de maíz y la quitina. El bioplástico elaborado en esta investigación posee una capacidad biodegradable y compostable que aporta en pequeñas proporciones macronutrientes esenciales para los cultivos agrícolas, el mismo arrojó resultados positivos sin afectar de manera negativa al suelo, el tiempo de degradabilidad estimado para el material de estudio fue de 120 días sin residuos que puedan afectar a las propiedades del suelo ni al medio ambiente. En referencia al costo de producción, dentro del análisis económico del proyecto la obtención del bioplástico, se pone en evidencia que, se puede llegar a vender en 5 dólares el kilo frente al costo del plástico tradicional que sería de 1,90 dólares por kilo, lo cual entraría en el mercado con un precio no muy elevado, pero que lo compensa con las externalidades negativas a partir de la producción del plástico tradicional previamente identificadas. Por lo tanto, el bioplástico tipo puede ser competitivo con referencia a otros biopolímeros que están dentro del país como Biofase, Ecobyc, Quimasa y Displast. Se cree que el biopolímero debe ser mezclado con algunos aditivos que ayuden a la producción de materiales mucho más resistentes a la hora de colocarlos en las máquinas, ya que las mismas están adaptadas para trabajar con materiales plásticos sintéticos que contienen otras propiedades además de abaratar los costos de producción. Se pudo concluir que, dentro de esta investigación, la mezcla de algunas bases plastificantes, mejorar el contenido de la producción como lo es el plástico biodegradable y al realizar una adecuada gestión de residuos sólidos, se puede notar que el proyecto mitiga impactos en el ambiente.

Palabras Clave: Quitina, Bioplástico, Biodegradable, Compostable

ABSTRACT

The main objective of this research was to develop a bioplastic from shrimp exoskeleton (chitin) as an alternative to thermoformable plastic and was developed in the province of El Oro, Arenillas canton. An experimental methodology was used, with a descriptive research design, and the following variables were selected: chitin, shrimp shell and bioplastic. It was determined that the percentages of organic waste to be used to obtain the bioplastic will depend on the load capacity of the machinery and the production desired. However, the wastes most commonly used to generate an appropriate mixture are sugar cane bagasse and corn starch. The bioplastic elaborated in this research has a biodegradable and compostable capacity that provides in small proportions essential macronutrients for agricultural crops, it yielded positive results without negatively affecting the soil, the degradability time estimated for the study material was 120 days without residues that could affect the properties of the soil or the environment. In reference to the cost of production, within the economic analysis of the project the obtaining of the bioplastic, it is evident that it can be sold at 5 dollars per kilo compared to the cost of traditional plastic which would be 1.90 dollars per kilo, which would enter the market with a not very high price, but which compensates it with the negative externalities from the production of traditional plastic previously identified. Therefore, the type bioplastic can be competitive with reference to other biopolymers that are within the country such as Biophase, Ecobyc, Quimasa and Displast. It is believed that the biopolymer should be mixed with some additives that help the production of much more resistant materials at the time of placing them in the machines, since the machines are adapted to work with synthetic plastic materials that contain other properties in addition to lowering production costs. It could be concluded that, within this research, the mixture of some plasticizing bases, improve the content of the production such as bioplastic and by carrying out a proper solid waste management, it can be noted that the project mitigates impacts on the environment.

Keys words: Chitin, Bioplastic, Biodegradable, Compostable.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Muchos materiales son muy importantes para la salud de nuestra vida diaria, pero uno de los más importantes son los plásticos. Debido a la forma en que se producen, los plásticos creados mediante un proceso de termoformado liberan compuestos tóxicos cuando se calientan durante su proceso de producción. Esto conduce a la contaminación del aire, el agua y el suelo; también provoca un incremento de dióxido de carbono a la atmósfera. Se deben encontrar reemplazos potenciales para los materiales tradicionales que reduzcan el daño al medio ambiente. Un reemplazo potencial son los bioplásticos hechos de quitina, que se saca del exoesqueleto de los camarones.

Esta investigación abordará los posibles beneficios y desventajas de crear bioplásticos a partir del exoesqueleto de camarones. También detallará los pasos adecuados para crear este sustituto de los plásticos termo formables convencionales. Este material es biodegradable y no tóxico, por lo que podría ser una opción viable para ayudar a mejorar los problemas ambientales causados por los termoplásticos. Se supone que los plásticos biodegradables en realidad no ayudan a reducir la contaminación plástica ni a la sostenibilidad del material. Son polímeros derivados del petróleo que se utilizan para producir artículos de un solo uso que se usan indebidamente y luego se desechan. Una vez desechados, los plásticos biodegradables contaminan todos los rincones del océano al descomponerse en micro plásticos.

2. ANTECEDENTES

Toda actividad desarrollada por el ser humano, forma varias reacciones con el ambiente; una de ellas es la generación de residuos, mismos que pueden presentarse en varios estados como proceder de diferentes actividades industriales, comerciales o domésticas (Guerra & Baca, 2022). Es así que el crecimiento poblacional cada vez demanda una mayor cantidad de recursos que, finalizado su uso, se desechan, siendo uno de los más importantes los desechos plásticos (Pradeep et al., 2022).

La producción de bioplásticos requiere más recursos naturales que los materiales tradicionales. Esto significa que representan una amenaza para la soberanía alimentaria, ya que requieren cultivos adicionales para satisfacer la demanda. Los planificadores y compradores deben considerar la producción de bioplásticos como parte de un ciclo económico cerrado. Esto incluye el compostaje para fomentar la agricultura ecológica y el fomento de una economía circular. La degradabilidad debe verificarse completamente para estos bioplásticos; sin embargo, actualmente se pone poco esfuerzo en esto. No basta con crear una etiqueta 100 % biodegradable: es necesario comprender el tiempo que tardan los bioplásticos en degradarse.

Esta falta de comprensión sobre el tema de los bioplásticos es más evidente en el hecho de que no se han realizado estudios sobre cómo convertir estos materiales en productos. En cambio, solo se ha probado la cáscara de plátano, papa, maíz o yuca como material de origen para crear láminas bioplásticas. Estos se utilizan luego como base para productos de un solo uso o termoformados. Además, estos estudios ni siquiera utilizan hidrocarburos naturales como punto de partida para los bioplásticos. Esto significa que la demanda de productos elaborados con hidrocarburos naturales puede disminuir aún más debido a que más personas cambian a versiones artificiales.

Es así que con base en la revisión realizada se establece que se ha comprobado el empleo de residuos que contengan quitina para la elaboración de biopolímeros, pero existe poca información relacionada con la elaboración de bioplástico a partir del exoesqueleto de camarón, ya que se desecha al igual que las cáscaras de cangrejo como residuo industrial. Por lo tanto, es de importancia encontrar un uso efectivo para ese desecho y es por ello que el presente trabajo pretende responder a la siguiente interrogante ¿Es posible la elaboración de un bioplástico a partir del biopolímero de las cáscaras de camarón? Por lo que la investigación se centra en generar dicho conocimiento para hacer un uso efectivo de estos residuos como un material ecológico que pueda reemplazar al plástico tradicional.

3. JUSTIFICACIÓN

El exoesqueleto de camarón es un subproducto de la industria del camarón, y se calcula una producción anual estimada de aproximadamente 1,5 millones de toneladas de caparazones de camarón. La quitina, que es el principal componente del exoesqueleto de camarón, es un biopolímero natural que se puede usar para la elaboración de bioplásticos. Los bioplásticos son plásticos que se han elaborado a partir de materiales biodegradables, como la quitina. El bioplástico a base de quitina es una alternativa viable al plástico tradicional, ya que es biodegradable y se puede reutilizar. La quitina también es una buena fuente de nutrientes para las plantas, por lo que se puede utilizar como fertilizante.

La quitina es un biopolímero natural derivado del exoesqueleto de camarón. Tiene una estructura química similar al poliestireno, el principal componente del plástico tradicional. Sin embargo, la quitina es biodegradable y no tóxica. Por estas razones, se ha propuesto como un reemplazo del plástico tradicional. La quitina se puede extraer del exoesqueleto de camarón mediante un proceso de desproteinización. El polvo de quitina se mezcla con agua y se calienta hasta que se disuelve. Luego, se añaden agentes quelantes para evitar que la

quitina se precipite. El líquido se enfría y se moldea en el molde deseado. El bioplástico se deja solidificar y se extrae del molde.

El bioplástico a base de quitina es biodegradable, pero no es biocompatible. Esto significa que no se puede descomponer en el cuerpo humano. Sin embargo, se puede descomponer en el ambiente. El tiempo de descomposición depende de la concentración de quitina, la temperatura y la humedad. En general, se tarda de 3 a 6 meses en descomponerse completamente. El bioplástico a base de quitina tiene varias aplicaciones. Se puede utilizar para fabricar envases, recipientes, utensilios de cocina, productos de higiene personal, juguetes, etc. También se puede utilizar en la agricultura, por ejemplo, para fabricar macetas biodegradables.

Bajo estas consideraciones, es importante ocupar este bio polímero para darle un mejor uso en bien de la sostenibilidad de nuestro planeta.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Elaborar bioplástico a base del exoesqueleto de camarón (quitina) como alternativa del plástico termo formable.

4.2 Objetivos Específicos

- Determinar porcentajes de quitina a utilizarse para la obtención del bioplástico.
- Realizar pruebas en maquinarias de inyección para estudiar la afinidad del material con estos procesos a manera industrial.
- Realizar pruebas de degradabilidad a través del compostaje y labores de agricultura para determinar su tiempo de degradabilidad y si aporta algún tipo de nutrientes al suelo.

- Determinar la diferencia del costo del bioplástico frente al plástico común en relación a la unidad de medida considerada de 1 Kilo.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 Plástico

La gente ha estado usando plásticos desde la creación de los primeros hace más de un siglo. Ahora son uno de los materiales esenciales utilizados en la sociedad actual. La creación de estos materiales depende del procesamiento de recursos naturales como el petróleo o el gas natural. Muchos de estos se derivan actualmente de Materia no renovable procesados como el petróleo o el gas natural (Vázquez et al., 2018).

En otro postulado, según el autor (Díaz, 2012) el plástico es considerado como un material que se a formado por moléculas de gran longitud que se entrelazan al tal punto de formar una cadena. Aunque existen plásticos de origen orgánico, Al igual que la celulosa y el caucho, la gran mayoría de los materiales sintéticos están hechos de plásticos, que a su vez se derivan de materias primas como el petróleo, el carbón o el gas natural. cómo se ha mencionado anteriormente, de hecho, casi todos los plásticos son básicamente a base de petróleo. Sus presentaciones pueden variar según la forma o el moldeado que se obtenga en su producción siendo estos peletizados (granulado) o en polvo que al final de su proceso se convierten en el objeto o producto deseado.

5.2 Biopolímeros

En el campo científico se considera a un biopolímero como la formación de moléculas con largas cadenas de monómeros que pueden pertenecer al mismo tipo o presentarse en combinaciones diferentes y que poseen un peso molecular elevado (Abdullah *et al.*, (2020). Es así que su obtención es a partir de microorganismos vivos, animales, vegetación, etc.

(Wankhade, 2020). Sin embargo, para obtenerlos mediante síntesis química a partir de un monómero o polímero (azúcares, proteínas, entre otros). Es importante mencionar que los biopolímeros de alta biodegradabilidad pueden ser el almidón, el ácido poliláctico, la celulosa y el quitosano (Deringer *et al.*, (2016); Narancic *et al.*, (2020).

5.3 Quitina

La quitina o poli - N - acetilglucosamina es un abundante biopolímero que estabiliza el exoesqueleto de los insectos y da estructura a las plantas. Sus propiedades macroscópicas se remontan a una intrincada red de enlaces de hidrógeno que conectan las hebras de polímero, y estos enlaces intermoleculares se han estado estudiando (Deringer *et al.*, (2016). Este polímero ha sido estudiado desde 1976, debido a la acumulación de desechos de crustáceos, ya que en la industria alimenticia puede generar hasta 120.000 toneladas métricas a nivel mundial (Hu et al., 2007).

5.3.1 Características de la Quitina

La quitina es conocido como un polímero natural de origen vegetal que se encuentra en exoesqueletos de algunos organismos vivos como crustáceos, insectos y algunos hongos. Está compuesta por unidades de N-acetilglucosamina unidas entre sí por enlaces glucosídicos, lo que la vuelve una resina insoluble en agua. Su densidad es de 1.4-1.6 g/cm³. su punto de fusión es de 180-200°C y su punto de ebullición es de 220-250°C, Su contenido en carbono es del 42-50% (Pilali, 2009).

La quitina es un polisacárido a base de nitrógeno de color marrón amarillento. Es duro, inelástico y no reactivo, y forma acetamida cuando se sumerge en un grupo central amorfo. Está formado por fibrillas altamente cristalinas que sobresalen en forma de gotas de un montículo de polisacárido menos organizado. Además, la quitina puede tomar la forma α ,

$\beta\alpha$, siendo la forma α la más común en el mundo natural. En la década de 1970, se descubrió que el contenido de quitina de la N, N'-dimetilacetamida se disolvía en el mundo exterior. Naturalmente, se encontraron ácido fórmico, ácido metanol-sulfónico y hexafluoroisopropanol al disolver solventes junto con 1,2-dicloroetano y ácido tricloroacético, una mezcla (Pilali, 2009).

5.3.2 Obtención de la Quitina

La quitina se obtiene normalmente mediante métodos basados en la biología, la química o la enzimología. Cualquier material inorgánico se puede eliminar mediante un proceso químico, mientras que las proteínas se pueden eliminar mediante enzimología. Los métodos biológicos requieren un control cuidadoso de todas las variables para ser precisos. Los métodos alternativos efectivos a los métodos enzimáticos más costosos son las enzimas aisladas y otros métodos que no requieren un control estricto de las variables. Sin embargo, estas alternativas no son ideales para el medio ambiente (Esmieu de León, 2019).

Antes de poder acondicionar los desechos recolectados, se deben lavar con agua para eliminar el exceso de masa. Una vez lavados, los desechos deben secarse y congelarse para mantener una composición química y un contenido de humedad constantes. Si no se siguen estos pasos, el exoesqueleto resultante no tendrá elementos de diseño óptimos. Esmieu de León (2019), afirma que el procesamiento de la materia prima comienza con la molienda hasta que sea lo suficientemente pequeña para su extracción. Este es el primer paso en su tratamiento de los materiales, que inmediatamente aclara a la audiencia.

- Lavado
- Secado
- Molienda y escurrido
- Eliminación de proteínas

- Desmineralización
- Decoloración

5.4 Bioplástico

Aunque no existe una definición estandarizada para un bioplástico, de acuerdo con el significado más aceptado, un bioplástico es un polímero de base biológica o biodegradable o ambos Nandakumar *et al.*, (2021). Es por ello que se considera como un material desarrollado a partir de la descomposición orgánica, a diferencia del plástico común (Narancic *et al.*, (2020). Por lo tanto, para que un compuesto sea considerado bioplástico debe provenir de una base biológica y ser biodegradable; a escala mundial en 1% del mercado está representado por biopolímeros (Duarte, 2022).

5.4.1 Clasificación del bioplástico

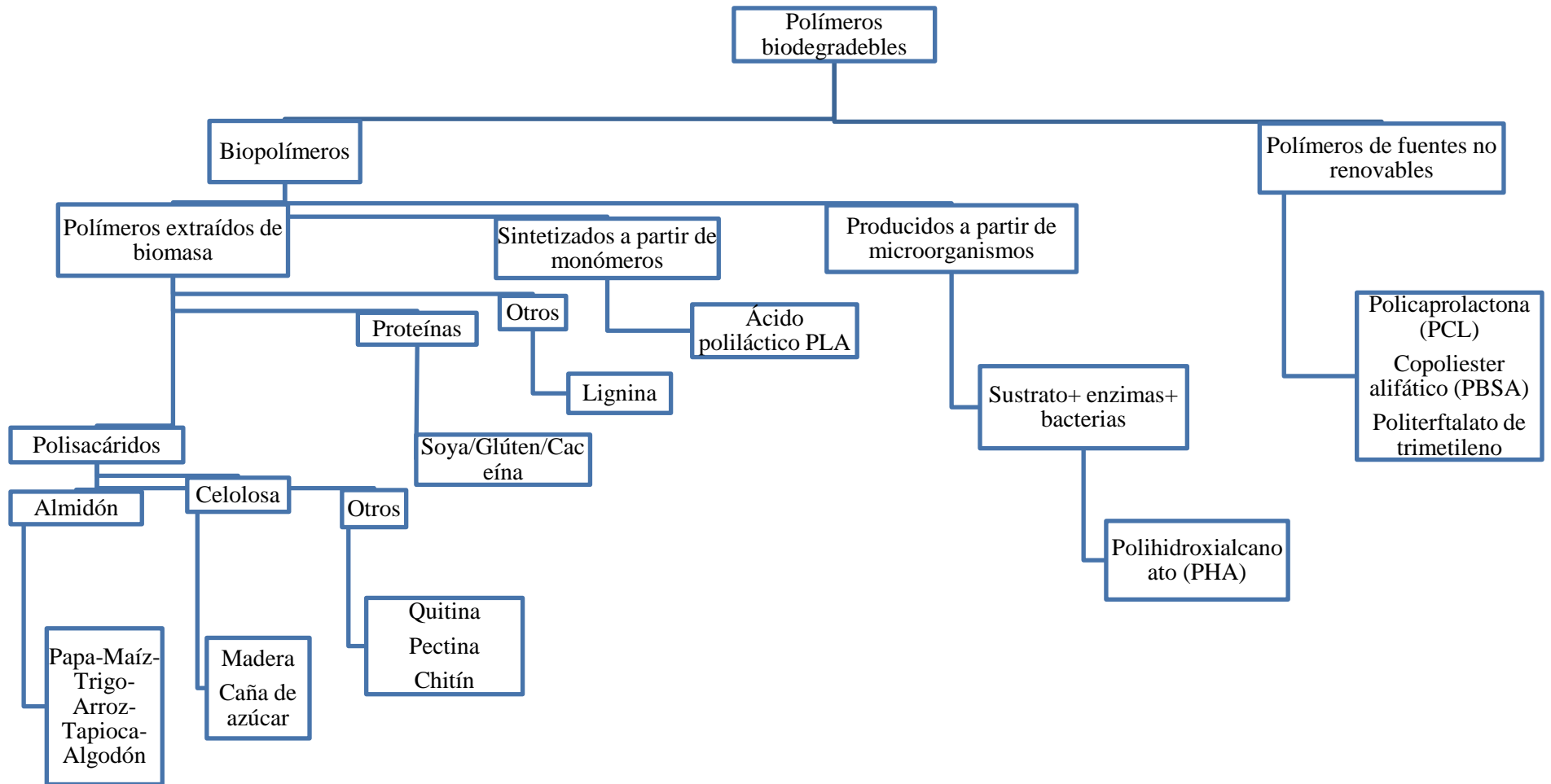
Para la clasificación del bioplásticos (Ochoa, 2013) considera que todos los polímeros de origen natural o vegetal no precisamente pueden ser biodegradables o compostables como se mencionó anteriormente, aunque en su gran mayoría lo sean.

Ciertos plásticos biodegradables y compostables deben cumplir ciertos estándares cuando se comercializan. Estos estándares los establece la industria petroquímica, que utiliza monómeros derivados de moléculas alifáticas y aromáticas. Algunos bioplásticos que cumplen con estos estándares están hechos de poliésteres alifático-aromáticos, poliésteres hechos de amidas y poliamidas alifáticas y aromáticas. La biotecnología crea bioplásticos que están hechos de fermentación microbiana y la síntesis química de materias primas. Estos materiales provienen de plantas genéticamente modificadas (Ochoa, 2013).

Algunos bioplásticos se crean a través de una fuente y otros se crean a través de dos. Los materiales biodegradables, compostables y degradables pueden confundirse con procesos naturales que ocurren al final de su vida útil. Nos referimos concretamente a las diferencias

entre estos materiales y el bioplástico. La gente se refiere a diferentes materiales como biodegradables o compostables. Estos dos términos describen qué tan duradero es un material y si necesita asistencia humana para descomponerse. Algunos son completamente biodegradables, como los vegetales y la madera. Otros deben ser compostados por alguien, como los restos de comida, porque no son completamente biodegradables. Esta categorización es similar a los muchos bioplásticos que las personas pueden fabricar. El siguiente cuadro muestra los orígenes y clasificaciones de estos materiales (Ver Figura 1).

Figura 1 Tipos y clasificación del bioplástico



Elaborado por: Ojeda, B. (2020)

5.5 Desechos orgánicos en la creación del bioplástico

Como se manifiesta anteriormente, es posible obtener biopolímeros a partir de las cáscaras de algunas frutas como el mango, la naranja o incluso del plátano verde; como se comenta en la experimentación realizada por (Haro, 2017), al utilizar de los residuos del plátano; estos se convierten en una alternativa viable de producción para estos desechos por su alto contenido de celulosa y almidón los cuales pueden ser transformados en bioplásticos que a su vez se descomponen de manera más rápida, sirviendo de igual manera como compost (abono) para el suelo en la industria agrícola y así poder suplantar a los plásticos tradicionales que están afectando hoy por hoy a la biodiversidad.

Otro de los trabajos realizados para crear un biopolímero es el de (Villalta, 2018), en donde coloca a las cáscaras de mango como materia prima principal para la elaboración de un bioplástico sintetizado explicando que el mango presenta un contenido de entre 0,30 % y 10,50 % de almidón. Por lo que es posible destinar un porcentaje para la elaboración de bioplásticos y de esta forma disminuir la contaminación de plásticos dañinos.

En el caso del presente trabajo es necesario recalcar que se utiliza el maíz y la caña de azúcar, que aportan diferentes características al producto final en cuanto a su composición además de agregar otros agentes para facilitar su elaboración

5.6 FUNDAMENTACIÓN LEGAL

La Fundamentación Legal para el manejo de desechos plásticos post-consumo incluye normas nacionales, como la Constitución de la República del Ecuador, el Código Orgánico Ambiental y la Normativa NTE INEN 2634:2012, así como políticas para la Gestión Integral de Plásticos en el Ecuador. A nivel internacional, se destacan las Normas Europeas EN 13432, D6400, D6868 y D6866, la Norma ISO 17088:2012, ASTM D6400:04, ASTM D 638 y ASTM D 3418-15. Estas normas establecen especificaciones para los plásticos compostables, biodegradables y bioderivados, así como para el etiquetado, la biodegradación, la desintegración, la calidad del

compost obtenido y las propiedades del material, permitiendo a los ingenieros de diseño de productos y gerentes de calidad predecir con precisión el rendimiento de sus productos en aplicaciones de uso final.

Los productos plásticos deben contar con el símbolo de reconocimiento internacional que demuestre el tipo de materia prima utilizada en el producto para facilitar en el reconocimiento de gestión de residuos sólidos. En los artículos 4 y 5 de las Políticas para Gestión Integral de Plásticos en el Ecuador se establece el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes, así como la promoción de la investigación, transferencia de tecnología y desarrollo de bioplásticos y plásticos degradables. Mientras que el artículo 9 establece que los productos plásticos deben indicar el número de veces que el mismo ha sido reciclado para garantizar la inocuidad de los mismos.

CAPÍTULO II

6. METODOLOGÍA

Para la elaboración del presente proyecto de investigación se estableció cuatro fases: la primera fase fue la obtención de la quitina, en la segunda fase se obtuvieron los materiales para la posterior elaboración del bioplástico, en la tercera fase, se realizaron las pruebas mecánicas y luego se determinó el tiempo de degradación del material obtenido, en los laboratorios de ciencias de la vida de la Universidad Politécnica Salesiana y en la cuarta fase se hizo una estimación económica para proyectar el costo de un kilogramo de bioplástico frente a uno de hidrocarburos.

6.1 Primera fase

6.1.1 Obtención de la quitina/quitosano

Procedimiento

Para la producción de quitina a partir del exoesqueleto de camarón se utilizaron diferentes dispositivos, los cuales se encuentran ubicados en el Laboratorio de Ciencias de la Vida de la Universidad Tecnológica Salesiana.

Tabla 1 Equipos utilizado para la obtención de quitina

Equipo	Marca	Modelo
Molino	Kinematica	Polymix Px MFC90
Estufa	Memmert	SN8-400
Balanza halógena	Metller Toledo	HB43-C Halogeno
Mufla	Thermo scientific	I4810
Cámara de flujo laminar	Biobase	IH1800(P)

Potenciométrico	Mettler Toledo	Seven Compact DUO
Espectrofotómetro UV	Thermo scientific	
FTIR	Thermo scientific	Nicolet Is10
Agitador Magnético	Mettler Toledo	
Equipo de Proteína	Biobase	
Tamizador	Biobase	

Reactivos: En la parte experimental, para la obtención de quitina por método enzimático, se utilizaron los siguientes reactivos con diferentes concentraciones: ácido acético glacial, hidróxido de sodio, ácido clorhídrico, papaína, quimotripsina, etanol 97%, agua desionizada, agua destilada.

Materiales: Para la obtención de quitina por métodos enzimáticos se utilizaron los siguientes materiales: Agitador magnético; Equipo de filtración al vacío; Horno; Varilla; Pinza; Equipo de titulación; Papel filtro; Paja; Probeta y red #50.

Preparación de la muestra

Selección de Enzimas: Se adquirieron para la metodología enzimática que se realizó, como son: la papaína y la quimotripsina

Figura 2 Contenido de la Enzima Papaína y Contenido de la Enzima Quimotripsina



Recolección del exoesqueleto de camarón

Se obtuvo la cantidad de 6k de exoesqueleto de camarón de la empresa camaronera CRAMAGROMAR en la provincia de Guayaquil

Selección y lavado del exoesqueleto de camarón

Después del proceso de recolección, los residuos se almacenaron congelados y luego descongelados durante 3 a 4 horas. Luego se procedió a retirar los residuos carnosos adheridos a las cáscaras, lavándolas con agua destilada tres veces seguidas hasta que queden libres de impurezas.

Secado, molienda y tamizado de la partícula

Para el secado de conchas de camarones, se usó un horno a 90 ° C durante 5 h hasta alcanzar un peso constante. El procedimiento se realizó por duplicado y una vez seco el material (Fig. 3) se procedió a la reducción de tamaño en un molino Polymix -PX-MFC 90D (Fig. 4) - hasta alcanzar un tamaño de partícula de 300 micras a una velocidad de 3175 revoluciones por minuto. minuto (Fig. 5) Finalmente, la muestra se pasó por un tamiz de malla #50 durante 20 minutos para obtener un polvo más fino (Figura 6).

Figura 3 *Estufa con Cáscaras de Camarón Seco*



Figura 4 *Molino Polymix (PX-MFC 90D)*



Figura 5 Tamizador con Malla # 50



Desmineralización: El contenido mineral de los camarones fluctuó entre 30% y 55%, principalmente carbonato de calcio y 10% de fosfato de calcio. Así que para eliminarlo se usó ácido acético grado glaciador al 15% a temperatura ambiente, para lo cual ponemos 15 mL de ácido acético y calibramos a 100 mL con agua destilada. Luego, se pesaron 5 g de la muestra en agitación constante a 10 rpm (Figura 7) y el tiempo de reacción fue de 3 horas (Figura 8). Posteriormente, se filtró al vacío (Figura 9). Luego la solución se lavó 3 veces con agua desionizada y el Hornear las muestras en un horno a 60 ° C durante 6 h.

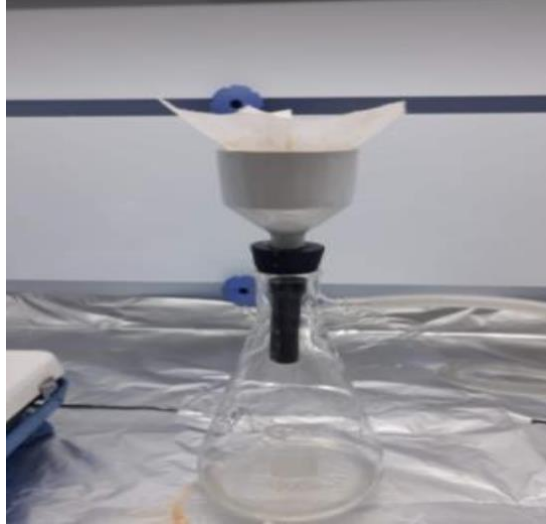
Figura 6 *Balanza Analítica*



Figura 7 *Agitador Magnético*



Figura 8 *Equipo de Filtración al Vacío*



Desproteinización: El material desmineralizado se desproteinizó con las enzimas proteolíticas papaína y quimotripsina. A continuación, se midió el valor de pH inicial de cada muestra de 2,5 g, observándose que su valor de pH inicial fue de 3,61 (Figura 10), para lo cual se utilizaron ajustadores de pH como: Tris base 0,05 M - pH 10,63- y CaCl₂ a 0,1 M - pH 6.8 -. El papel de estos reguladores es mantener constante el pH de la solución. Luego se ajustó el pH para cada enzima en el aparato orbital: papaína a pH 8,7 y quimotripsina a pH 8 (Figuras 11-12).

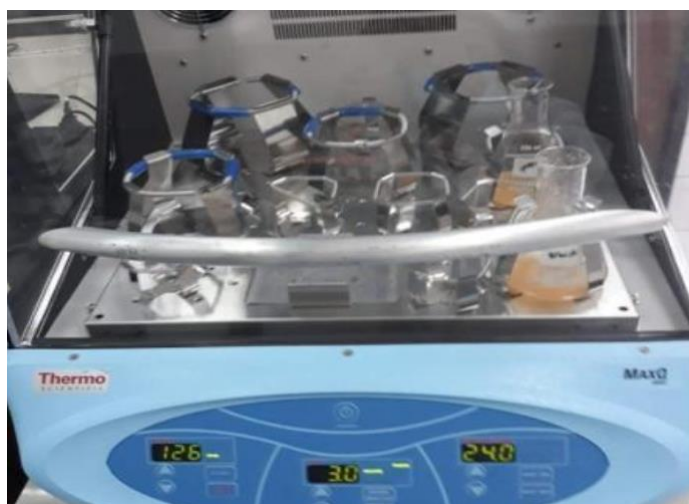
Figura 9 *Potenciómetro*



Figura 10 *Potenciómetro con Regulador para Quimotripsina*



Figura 11 *Equipo Orbital (Thermo)*



El desempeño efectivo de la enzima depende de la temperatura y su pH inicial, para ello se realizó la desproteinización en matraces Erlenmeyer en los que se colocan papaína E/S: 0.5:100 y quimotripsina E/S: 0.7:100 Se continúa agitando a 140 rpm durante tres horas a 40°C. Posteriormente, la mezcla se separó manualmente a través de cuatro capas de gasa para eliminar las fases sólida y líquida. Por su parte, la fase sólida se lavó 3 veces con agua desionizada hasta obtener un pH neutro, y luego las muestras se colocaron en una estufa a 60 °C durante 6 h.

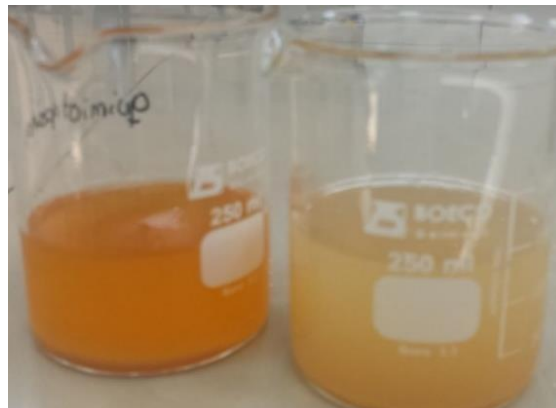
El desempeño efectivo de la enzima depende de la temperatura y su pH inicial, para ello se realizó la desproteinización en matraces Erlenmeyer en los que se colocan papaína E/S: 0.5:100 y quimotripsina E/S: 0.7:100 Se continúa agitando a 140 rpm durante tres horas a 40°C. Posteriormente, la mezcla se separó manualmente a través de cuatro capas de gasa para eliminar las fases sólida y líquida. Por su parte, la fase sólida se lavó 3 veces con agua desionizada hasta obtener un pH neutro, y luego las muestras se colocaron en una estufa a 60 °C durante 6 h.

Figura 12 *Muestras Desproteinizadas con Método Enzimático*



Despigmentación: La tercera etapa fue la decoloración utilizando etanol al 96% en proporción 1:20 con agitación constante y lavado con agua desionizada. Posteriormente, la muestra se colocó en un espectrofotómetro UV-Vis, y se midió la absorbancia de la muestra con papaína 0.2783λ y 0.3612λ para quimotripsina a una longitud de onda de 470 nm.

Figura 13 *Despigmentación*



6.2 Segunda Fase

6.2.1 Obtención de residuos adicionales para pruebas en la elaboración del bioplástico

- Como fuente de almidón se utilizó maíz (*Zea mays*) del tipo indentata sintético, es decir maicena industrializada al por mayor que contiene 0,9 gramos de fibra por cada 100 gramos de maicena además de minerales como fósforo, sodio, entre otros. Para la obtención de la maicena industrial, esta se adquiere por kilogramos en el mercado municipal de Cuenca, debido a su calidad y procesamiento, se considera como la base plastificante para la mezcla.
- En cuanto a la celulosa, ésta se obtuvo de la caña de azúcar (variedad desconocida) como residuo del proceso de extracción para jugos en pequeños locales comerciales, la caña se secó al punto de tornarse quebradiza para posteriormente pulverizarla en un triturador, obteniendo así, un polvo muy fino que no contenga material particulado demasiado grande que pueda afectar a la mezcla.

El bagazo de caña, se obtuvo de establecimientos aledaños en carreteras, donde venden jugos de caña, generando el desecho a partir del bagazo; luego de ser recolectado y desinfectado, se puso a secar al aire libre para posteriormente pulverizado y así obtener un polvo sumamente fino y poder añadirlo a la mezcla principal del bioplástico.

6.2.2 Mezcla de principios activos

Se utilizaron aditivos plastificantes como el glicerol y el ácido acético (vinagre) que se deben obtener en una distribuidora de productos químicos, para asegurar la pureza de la materia prima.

Para determinar los factores de peso equivalentes se hizo una conversión de kilogramo a gramos para cada polvo sólido respectivamente; además de cada relación entre los reactivos utilizados en el laboratorio. Se trabajó con una dilución de ácido láctico en una concentración del 50%. Los ingredientes orgánicos fueron introducidos en un caldero y sometidos al calor por 30 minutos para su previa esterilización, una vez que se encuentren totalmente fríos todos los principios activos fueron colocados en un vaso de precipitación con capacidad de 1000 ml, repitiendo el proceso hasta obtener 2 kilos y posteriormente se integró hasta obtener una mezcla homogénea, la misma que fue expuesta al calor indirectamente sin dejar de agitar la solución que tomó gelatinizarse unos 3 minutos, a su vez se midió la temperatura con un termómetro de mercurio con apreciación de $87,5^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ y una capacidad de 0+110, cuando la mezcla llegó a los 50°C se agregó el ácido acético para mejorar la propiedad de dureza en el material al momento de solidificarse.

6.3 Tercera fase

6.3.1 Prueba de propiedades mecánicas

Procedimiento

Prueba mecánica de elongación del bioplástico

Para esta prueba se tomó como referencia tres muestras laminadas, las mismas que de acuerdo a la norma ASTM-D 638 tuvo las siguientes medidas: espesor 1mm, ancho 1cm y largo 12cm. a elongación se calcula en Newtons por lo que para esta prueba se requiere de un dinamómetro el cual posee una capacidad de medición desde 0 a 2000 N, además cuenta con una precisión de 0,5% cual se coloca en uno de los extremos de la lámina, al mismo tiempo que en el otro extremo se colocó una pinza con soporte para que el material no se mueva, se tiró del dinamómetro hasta que el material se rompa, el punto exacto de ruptura fue marcado en el aparato

de medida, Este proceso se repitió en las tres láminas anotando el número de ruptura marcado en cada una para luego obtener un valor medio utilizando la siguiente ecuación.

$$eP = \frac{\Sigma m}{NT} \quad (1)$$

Donde:

eP= Elongación Promedio

Σm = Sumatoria de muestras

NT= Numero de muestras

6.3.2 Maquinaria industrial

Procedimiento

Se utilizó la máquina de inyección de plástico para la síntesis del bioplástico a partir de la quitina. Esta máquina es capaz de inyectar una cantidad específica de material fundido en un molde para producir un producto con la forma y tamaño deseados.

La máquina consta de un sistema de control electrónico, una unidad de inyección, una unidad de extrusión y una unidad de calentamiento. El sistema de control electrónico permite al operador ajustar los parámetros de inyección según los requerimientos de la producción.

Figura 14 Panel eléctrico de la maquinaria



La unidad de extrusión es la encargada de mezclar la quitina con los demás componentes para producir el bioplástico. La unidad de calentamiento sirve para calentar el material antes de ser inyectado en el molde. El procedimiento para la producción del bioplástico es el siguiente: primero, se mezcla la quitina con los demás componentes en una mezcladora. Luego, se carga la mezcla en la unidad de inyección. Después, se aplica calor a la mezcla para fundirla y luego se inyecta en el molde. Finalmente, el producto final se libera del molde.

Figura 15 Alimentación de la maquinaria y moldeado



6.3.3 Método de compostaje

Procedimiento

Pilas estáticas

Se utilizó este método porque se cataloga como el más sencillo, económico y el más recomendado, los materiales deben ser acumulados en el suelo sin reprimir en exceso dependiendo de la forma y la medida de la pila. Las medidas adecuadas van a variar dependiendo el caso, de preferencia son medidas entre 1,2- 2,0m de altura por 2,0 – 4,0m de ancho, (Gomez et al., 2013).

Figura 16 *Pilas estáticas*



6.3.4 Prueba de degradabilidad mediante el compostaje

Procedimiento

Al obtener el material bioplástico granulado fue necesario hacer pruebas de degradabilidad en el suelo, para después por medio del compostaje comprobar si aporta algún tipo de nutrientes en un suelo destinado al uso agrícola, antes de ello se tomaron muestras iniciales del suelo como línea base para trabajar sobre algunos parámetros y se lo planteó de la siguiente manera:

- Se tomaron 70 gramos de bioplástico granulado.
- Se hizo un hoyo en la tierra de 45cm de profundidad en donde posterior a ello se colocó la caja de madera.
- Se colocaron 10 cm de tierra, luego residuos orgánicos como lechuga podrida, hojas secas humedecidas y estiércol.
- También se agregaron 2 cc de *Bacillus* spp. (Formulación líquida) /200 ml de agua para acelerar el proceso de degradabilidad del bioplástico en el suelo.

- Por último, se cubrió todo el sistema con más tierra

Se dio una verificación in situ de los cambios que van apareciendo en el material con respecto a sus propiedades físicas.

En esta prueba las condiciones externas del estudio como la temperatura y la humedad relativa del suelo, fueron medidas con un termohigrómetro digital con sensor externo TAYLOR de modelo 1523.

Las características de este equipo son las siguientes:

- Unidad de temperatura intercambiable en °C ó °F.
- Funciona con una pila AAA (Incluida en el equipo).
- Rango de temperatura interna es de -10 a +50°C.
- Rango de humedad interna 20 a 99%hr.
- Rango de temperatura externa (sonda) -50 a 70°C.
- Resolución: 0.1°C 1%hr.

La medida de estas condiciones se realizó colocando el sensor del equipo en el suelo, de tal manera que éste quedó dentro a una profundidad de 2 centímetros, inmediatamente los datos se registraron en la pantalla del equipo y cada dato fue registrado para evaluarlos en función del tiempo. De tal modo que estos valores fueron tomados en diferentes evaluaciones de distintos días que.

6.4 Cuarta fase

En esta fase se realizó una estimación económica para proyectar el costo de un kilogramo de bioplástico frente a uno de hidrocarburos. Esta estimación se realizó a partir del análisis de los precios de los componentes del bioplástico y los precios del plástico a base de hidrocarburos y se realizó utilizando una hoja de cálculo.

CAPÍTULO III

7. RESULTADOS

7.1 Primera fase de resultados

7.1.1 Determinación del porcentaje de quitina en elaboración de bioplástico

En la primera fase, y cumpliendo con el primer objetivo específico, para determinar el porcentaje de la quitina se realizó un proceso de obtención de la quitina a partir de exoesqueletos de camarón mediante un método enzimático. Se utilizó una solución de clorhídrico al 10% para descomponer el exoesqueleto de camarón. Esta solución fue mantenida a una temperatura de 37 °C durante 12 horas. Al final del proceso, se obtuvo una cantidad de quitina aproximadamente de 55,7 g.

Como se observa en la Tabla 2, los porcentajes de quitina fluctuaron de entre el 5% al 10% en 9 muestras realizadas.

Tabla 2 *Materiales utilizados en porcentajes para la obtención del bioplástico*

INGREDIENTES	Porcentajes utilizados								
	MUESTRAS								
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Quitina	10%	10%	10%	9%	8%	8%	7%	6%	5%

Elaborado por: Ojeda, B. (2022)

Al colocar la quitina a la mezcla del bioplástico, la muestra número 9, indicó mejores resultados que favorecieron a las propiedades del material, observando una mejor resistencia (dureza) y una mejor densidad.

7.2 Segunda fase de resultados

7.2.1 Propiedades físicas del biopolímero

En esta fase, se obtuvieron los materiales necesarios para la elaboración del bioplástico a base de quitina. Estos materiales fueron: glicerol, ácido láctico, ácido cítrico, peróxido de hidrógeno y acetona. Con estos materiales, se preparó una solución que contenía quitina y los demás materiales. Esta solución fue homogeneizada y luego se colocó en una placa de Petri para permitir que se solidifique. Una vez solidificado, se observó y se determinaron las propiedades físicas de las muestras obtenidas.

Tabla 3 Comparación de características físicas de las muestras

PROPIEDADES FÍSICAS MUESTRAS			
Propiedades	Especificaciones		
	Muestras 1-2-3	Muestras 4-5-6	Muestras 7-8-9
Color	Se obtuvo un color crema pálido	Se obtuvo un color crema pálido	Se obtuvo un color crema pálido
Olor	Emanó un aroma a vinagre	Emanó un aroma a vinagre	Emanó un aroma dulce a la caña
Rigidez	De las muestras 1 y 2 son similares mostraron una alta viscosidad.	Muestra 4: se identificó una reducción de humedad.	Muestra 7: en esta se identifica una muestra mucho más compacta, flexible al tacto.
	Muestra 3 se mostró menos flexible al tacto y baja resistencia térmica.	Muestra 5: Se identificó una alta reducción de humedad.	Muestra 8: Se observa más maleable y un aumento de resistencia térmica.
		Muestra 6: se pudo identificar que la muestra era frágil al tacto.	Muestra 9: Se mostró sumamente compacto, duro al tacto cuando

estuvo completamente
seco

Elaborado por: Ojeda, B. (2022)

Tabla 4 *Propiedades físicas muestra 9*

PROPIEDADES FÍSICAS MUESTRA ÓPTIMA	
Propiedades	Especificaciones
Color	Se obtuvo un producto crema pálido ya que no se adhirió ningún colorante
Olor	Al momento de ser extruido emana un aroma dulce a caña el mismo que se mantuvo durante todo el proceso
Rigidez	Se consiguió un material sumamente compacto y duro al tacto cuando estuvo completamente seco

Elaborado por: Ojeda, B. (2022)

7.3 Tercera fase de resultados

7.3.1 Prueba de propiedades mecánicas

Prueba mecánica de elongación del bioplástico.

Para esta prueba se tomaron como referencia tres muestras laminadas en base a la fórmula antes mencionada, las mismas que de acuerdo a la norma ASTM-D 638 tuvieron las siguientes medidas: espesor 1mm, ancho 1 cm y largo 12cm. La elongación se calcula en Newtons por lo que para esta prueba se requirió de un dinamómetro el cual se colocó en uno de los extremos de la lámina, al mismo tiempo que en el otro extremo se colocaba una pinza con soporte para que el material no se mueva, se tira del dinamómetro hasta que el material se rompa, el punto exacto de ruptura fue marcado en el aparato de medida, se repitió el proceso en las tres láminas anotando el número de ruptura marcado en cada una y se obtuvo un valor medio.

Una vez realizadas las pruebas de elongación en el material se obtuvieron los resultados detallados en la Tabla 5, la cual indica que la primera muestra tuvo un punto de ruptura de 9N, la segunda muestra obtuvo un punto de ruptura de 6N debido a que el material se encontraba un poco quebradizo en la muestra, lo que causó que se rompa con más facilidad, la tercera y última muestra mantenía una superficie sumamente plana y compactada dando como resultado un punto de ruptura de 10N, De esta manera se obtuvo un promedio de 8,33N de elongación en el material evaluado.

(2)

$$eP = \frac{\Sigma m}{NT}$$

Donde:

eP= Elongación Promedio

Σm = Sumatoria de muestras

NT= Numero de muestras

Cálculos:

$$eP = \frac{25 \text{ N}}{3} = 8,33\text{N}$$

Tabla 5 Resultado de las pruebas de elongación del bioplástico

N° prueba	Punto de ruptura
Muestra 1	9 N
Muestra 2	6 N
Muestra 3	10 N
Promedio	8,33 N

Elaborado por: Ojeda, B. (2022)

*N (Newton): Unidad de medida de la fuerza en física.

Densidad del bioplástico en base a la muestra 9

Esta prueba se realizó con la forma habitual de calcular la densidad de un líquido. Se tomaron 2 muestras de bioplástico, se pesaron en una balanza para determinar la masa de las mismas, luego se tomó en cuenta el peso del vaso de precipitación y el volumen de la muestra para hacer los cálculos respectivos.

Como resultado del cálculo de la densidad del biopolímero se obtuvieron las siguientes medidas:

Peso del vaso de precipitación: 105,9 g

Volumen de la muestra: 40 ml

Peso del sistema 1: 205,9g

$205,9 \text{ g} - 105,9 \text{ g} = 100 \text{ g}$ (masa de la muestra)

(3)

$$d = \frac{m}{v}$$

Donde:

d=Densidad

m= Masa

v= volumen

Cálculos:

$$d = \frac{100 \text{ g}}{40 \text{ ml}} = 2,5 \frac{\text{g}}{\text{ml}}$$

(4)

$$dm = \frac{\Sigma d}{Nm}$$

Donde:

dm= Densidad media

Σd = Sumatoria de densidades

Nm= Número de muestras

Cálculos:

$$dm = \frac{8,35 \text{ g/ml}}{3} = 2,78 \text{ g/ml}$$

Tabla 6 Prueba de densidades en base a la muestra 9



N° prueba	Masa	Volumen	Densidad
Muestra 1	100 g	40 ml	2,5 g/ml
Muestra 2	120 g	40 ml	3g/ml
Muestra 3	114g	40ml	2,85g/ml
Densidad media			2,78g/ml

Elaborado por: Ojeda, B. (2022)

Pruebas en maquinaria

En el segundo objetivo específico, se pudo obtener un producto completo a una temperatura de 120°C, en este caso se realizaron cucharas para verificar que la mezcla fue óptima para el producto terminado cómo se puede observar en la tabla 7. Es preciso mencionar, que las proporciones para un producto biodegradable no son las adecuadas ya que el producto obtenido contiene un 10% de material bioplástico y 90% de polipropileno.

Tabla 7 Pruebas en maquinaria de inyección.

PRUEBAS DE INYECCIÓN						
	MATERIAL	CANTIDAD	TEMPERATURA	MAQUINARIA	OBSERVACIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO
PRUEBA 1	BIOPLÁSTIC O (POLVO)	500gr	200°C	INYECTORA	El material resultó ineficiente por no completar el molde y terminar a veces carbonizado	
PRUEBA 2	BIOPLÁSTIC O (POLVO) + POLIPROPIL ENO	10% + 90%	120°C	INYECTORA	Se pudo obtener un producto más completo en este caso se realizaron cucharas para verificar que la mezcla fue óptima.	

Elaborado por: Ojeda, B. (2022)

Método de compostaje

Pilas estáticas

Cumpliendo con el tercer objetivo específico, se utilizó este método porque se cataloga como el más sencillo, económico y el más recomendado, los materiales deben ser acumulados en el suelo sin reprimir en exceso dependiendo de la forma y la medida de la pila. Las medidas adecuadas van

a variar dependiendo el caso, de preferencia son medidas entre 1,2- 2,0m de altura por 2,0 – 4,0m de ancho, (Gomez et al., 2013).

Considerando que en el presente proyecto se incluye un cajón de madera las medidas de la pila van acorde a éste para poder estudiar de manera más fácil al bioplástico.

Prueba de degradabilidad mediante el compostaje

Al obtener el material bioplástico granulado fue necesario hacer pruebas de degradabilidad en el suelo, para después por medio del compostaje comprobar que aporta algún tipo de nutrientes en un suelo destinado al uso agrícola, antes de ello se tomaron muestras iniciales del suelo como línea base para trabajar sobre algunos parámetros y se lo planteó de la siguiente manera:

- Se tomaron 70 gramos de bioplástico granulado
- Se hizo un hoyo en la tierra de 45cm de profundidad en donde posterior a ello se colocó una caja de madera
- Se coloraron 10 cm de tierra, luego residuos orgánicos como lechuga podrida, hojas secas humedecidas y estiércol
- También se agregó 2 cc de *Bacillus* spp. (Formulación líquida) /200 ml de agua para acelerar el proceso de degradabilidad del bioplástico en el suelo
- Por último, se cubrió todo el sistema con más tierra

Si dio una verificación in situ de los cambios que se dieron en el material con respecto a sus propiedades físicas.

En esta prueba las condiciones externas del estudio como la temperatura y la humedad relativa del suelo, fueron medidas con un termohigrómetro digital con sensor externo TAYLOR de modelo 1523.

Las características de este equipo son las siguientes:

- Unidad de temperatura intercambiable en °C ó °F.
- Funciona con una pila AAA (Incluida en el equipo).
- Rango de temperatura interna es de -10 a +50°C.
- Rango de humedad interna 20 a 99%hr.
- Rango de temperatura externa (sonda) -50 a 70°C.
- Resolución: 0.1°C 1%hr.

La medida de estas condiciones se realizaba colocando el sensor del equipo en el suelo, de tal manera que éste quede dentro a una profundidad de 2 centímetros, inmediatamente los datos se registraban en la pantalla del equipo y cada dato fue registrado para evaluarlos en función del tiempo. De tal modo que estos valores fueron tomados en diferentes evaluaciones de distintos días que fueron expuestos en la Tabla 10. Indicando que la temperatura varía de 1 a 3 grados mientras que la humedad relativa se mantuvo en las dos últimas evaluaciones.

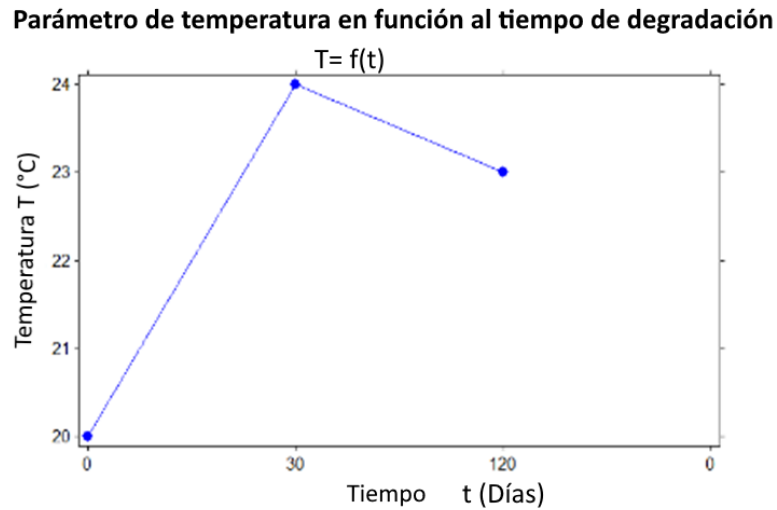
Tabla 8 *Condiciones externas medidas en el campo de estudio de la muestra 9*

Evaluación	Temperatura °C	Humedad relativa %	Degradación %	Tiempo de degradación
Primera	20,2	30	0	1
Segunda	24,6	20	25	30
Tercera	23,7	20	100	120

Elaborado por: Ojeda, B. (2022)

Según los parámetros de evaluación sobre el material en la Gráfica 1 se puede apreciar que la temperatura tiende a ascender entre el día 1 y día 30 pero a partir de del día 30 que es el punto máximo de temperatura se da un punto de inflexión y se produce un descenso hasta el día 120 considerando que no existen diferencias tan significativas.

Gráfico 1: *Parámetro de temperatura en función al tiempo de degradación*

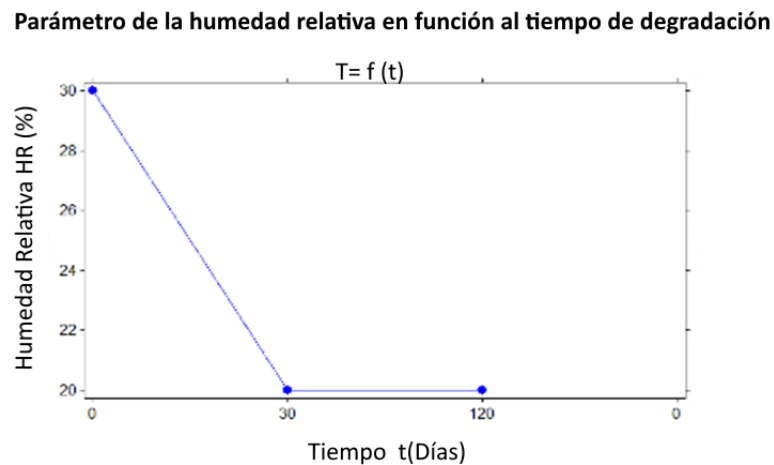


Fuente: *Statistixcs (2020)*

Elaborado por: Ojeda, B. (2022)

En la Gráfica 2 con respecto a la humedad se observa que hay un descenso del 30% de humedad al 20% que se mantiene en las dos últimas evaluaciones y que esto se debe a las condiciones climáticas que se presentaban durante esos días.

Gráfico 2: *Parámetro de la humedad en función al tiempo de degradación*

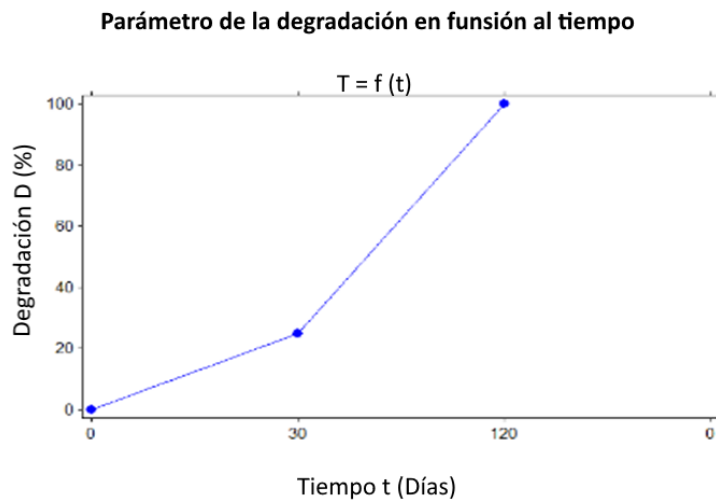


Fuente: *Statistixcs (2020)*

Elaborado por: Ojeda, B. (2022)

Por último, para abarcar el tema de degradabilidad, se realizó una diferenciación de pesos en cuanto al material de evaluación bioplástico se tomó en cuenta el peso inicial del bioplástico que fueron 70 gramos + 30kg de tierra y que al pesarlo durante todas las evaluaciones la pérdida de masa se representó en porcentajes. Como se observa en el Gráfico 3, el material empezó a degradarse en un 25% a los 30 días, manifestando pérdida de propiedades físicas y a los 120 días se obtuvo una degradación del 100% sin ningún tipo de residuo. Lo cual fue muy buen resultado para este estudio.

Gráfico 3: *Parámetro de degradabilidad en función al tiempo*



Fuente: Statistixcs (2020)

Elaborado por: Andrade S. & Meneses G., (2020)

Muestreo de suelo

Las muestras enviadas al laboratorio demostraron una comparativa no tan diferencial; sin embargo, se puede apreciar en la Tabla 9 que la muestra 1 que contuvo el material de estudio

aportó significativamente macronutrientes al suelo, lo que calificaría como apto para la producción agrícola (Ver Anexo 4).

Los resultados de las pruebas de suelo realizadas demuestran un aumento significativo de macronutrientes como el Fósforo y el Potasio que son 2 de los nutrientes más importantes para el desarrollo y reproducción de la planta.

Tabla 9 Muestra 1 Sin bioplástico (Inicial)

CÓDIGO DE LA MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO			
SFA-20-0199	Muestra 2	pH a 25°C	Electrométrico	pH	7,19			
			o					
			PEE/SFA/06					
			EPA 9045D					
			Materia orgánica			Volumétrico	%	2,76
			PEE/SFA/09					
SFA-20-0199	Muestra 2	Nitrógeno (N)	Volumétrico	%	0,14			
			PEE/SFA/09					
			Colorimétrico					
			Fósforo (P)			o	mg/kg	81,3
			PEE/SFA/11					
			Absorción					
SFA-20-0199	Muestra 2	Potasio (K)	Atómica	cmol/kg	1,84			
			PEE/SFA/12					

Fuente: AGROCALIDAD (2020)

Elaborado por: Ojeda, B. (2022)

A comparación de los resultados obtenidos en la muestra 1, la Tabla 10 revela resultados no tan alejados en la muestra 2 que se tomó al principio como línea base del estudio, pero se cree que

puedo haber afectado el uso de algún agroquímico comercial para control de plagas en un suelo utilizado para siembra como ají, limones, tomate de árbol, perejil y lechuga la planta que más se obtiene. Debido a que la cantidad de bioplástico era mínima.

Tabla 10 *Muestra 2 Suelo + Bioplástico*

CÓDIGO DE LA MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-20-0198	Muestra 1	pH a 25°C	Electrométrico	pH	6,29
			o PEE/SFA/06 EPA 9045D		
		Materia orgánica	Volumétrico PEE/SFA/09	%	5,19
		Nitrógeno (N)	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,26
		Fósforo (P)	Colorimétrico o PEE/SFA/11	mg/kg	116,1
		Potasio (K)	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	1,27

Fuente: AGROCALIDAD (2020)

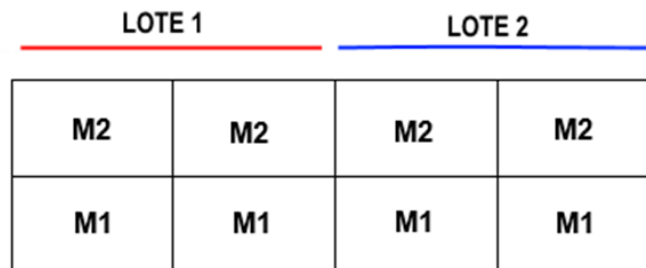
Elaborado por: Ojeda, B. (2022)

Uso del compost obtenido en cultivos agrícolas

Como una prueba adicional a la degradación del material se utilizó el compost obtenido para mezclarlo y homogenizarlo en el suelo con el fin de sembrar 8 lechugas (*Lactuca sativa*) variedad hoja de roble en un estado fenológico de emergencia; para ello se tomó en cuenta un área específica de 1,10m de largo por 0,45m de ancho, misma que se dividió en dos lotes con ambas muestras de suelo realizadas anteriormente para evidenciar diferencias en base al parámetro de crecimiento de las plantas, comprobando así que el bioplástico no causa daños sobre los cultivos y sobre el ambiente.

La división del área fue:

Figura 17 División del área para cultivo de lechugas con Muestras 1 y 2



Elaborado por: Ojeda, B. (2022)

- M1: Muestra sin bioplástico degradado
- M2: Muestra con bioplástico degradado

Para la evaluación del crecimiento se tomó un tiempo de 40 días con dos evaluaciones, una cada 20 días.

Para comprobar que el material del biopolímero obtenido no causa daños sobre algún tipo de cultivo establecido o por establecer fue necesario delimitar un área reducida de 1,10 metros de

largo por 0,45 metros de ancho en donde se sembraron 8 lechugas moradas (*Lactuca sativa*) variedad hoja de roble en un estado fenológico de emergencia. Se escogió este cultivo por su rápido crecimiento y fácil manipulación al momento de evaluar y cosechar.

Los datos obtenidos en campo se detallan en la Tabla 11 después de dividir el área de estudio en ambos lotes dieron como resultado un buen aprovechamiento de nutrientes en las plantas por parte de ambas muestras, sin embargo, hubo mayor eficacia en la muestra 2 al poseer mejores propiedades.

Tabla 11 Datos recolectados en base al crecimiento de las plantas en dos evaluaciones

DIA	LOTE	MUESTRA	CRECIMIENTO (cm)
0	1	M1	1.34
0	1	M2	1
0	1	M1	1.31
0	1	M2	2
40	2	M1	4.4
40	2	M2	5.12
40	2	M1	4.88
40	2	M2	5.40

Fuente: Statistixcs (2020)

Elaborado por: Ojeda, B. (2022)

El programa utilizado para correr los datos en forma estadística fue Statistix, en donde se obtuvo un coeficiente de variación de 12,21 con una media de crecimiento de 3,18 centímetros en 8 plantas evaluadas, considerando los datos para la mejor muestra que en este caso fue la M2 (Ver Tabla 12).

Tabla 12 Análisis de varianza para comparar múltiples medias en función del crecimiento

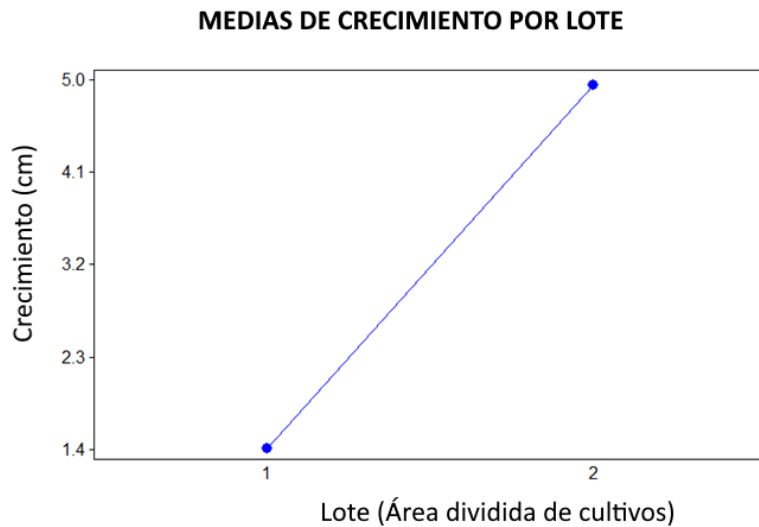
STATISTIX 9.0					
BLOQUE COMPLETO ALEATORIO EN FUNCIÓN DEL CRECIMIENTO					
ITEM	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	MUESTRA SIGNIFICATIVA	F	P
MUESTRA	2	0.3160	0.3160		
LOTE	2	250.278	250.278	166.00	0.0001
Error	5	0.7539	0.1508		
Total	7	260.977			
MEDIA			31.812		
COEFICIENTE DE VARIACIÓN			12.21		
EFICIENCIA RELATIVA			1,14		

Fuente: Statistixcs (2020)

Elaborado por: Ojeda, B. (2022)

El lote 2 fue eminentemente mejor a los 40 días de evaluación ya que los nutrientes presentes en las muestras fueron mucho mejor asimilados por las plantas durante ese tiempo.

Gráfico 4: Curva lineal de crecimiento entre ambos lotes de estudio



Fuente: Statistixcs (2020)

Elaborado por: Ojeda, B. (2022)

El promedio de crecimiento para el (Lote 1) fue de 1.41 mientras que para él (Lote 2) fue de 4.95, la Gráfica 4 muestra una curva lineal al no tener más evaluaciones y lotes de estudio, sin embargo, muestra resultados y diferencias no significativas entre ambos lotes.

Tabla 13 *Comparativa entre medias de crecimiento por lote*

MEDIAS DE CRECIMIENTO POR LOTE	
LOTE	MEDIA
1	14.125
2	49.500
Observaciones por media	4
Error estándar de una media	0.1941
Error estándar (diferencia de 2 medias)	0.2746

Fuente: Statistixcs (2020)

Elaborado por: Ojeda, B. (2022)

7.4 Cuarta fase de resultados

7.4.1 Comparación de costos en 1 kilo de bioplástico

Análisis de externalidades

A pesar de que crear un proyecto sustentable, es necesario analizar las externalidades¹ de producción que pueden generarse al elaborar el bioplástico frente a las externalidades de producción y de consumo que generan las fábricas del plástico tradicional. Si bien es cierto, existen diferencias entre los costos de producción, su demanda y hasta el tipo de operación para obtener

¹ **Externalidad:** Se comprende como externalidad al costo o beneficio que surge de la producción fabril y recae sobre alguien distinto al productor, o al costo o beneficio que surge del consumo y que recae sobre un tercero distinto del consumidor. La contaminación se puede interpretar como un ejemplo de externalidad negativa.

un producto que cumpla con los requerimientos específicos según las normas establecidas y las necesidades de la sociedad.

Externalidades de producción del bioplástico

Para producir el bioplástico a gran escala, se necesitaría producir el maíz y la caña de azúcar en términos de agricultura altamente industrializada, por lo que evidentemente se utilizarían productos químicos para mantener los cultivos en un buen estado, lo que podría alterar la fórmula del producto y afectar la salud de las personas al entrar en un proceso de bio-acumulación. La industria del bioplástico promete un ciclo de vida completo que optimice sus procesos de biodegradación y genere menos impacto en el clima, pero debido a lo antes mencionado, la empresa se vería obligada a incurrir en gastos que garanticen la salud de sus consumidores.

En este proyecto se buscan alternativas más convencionales y es por eso que la gestión integral de desechos sólidos para empresas que estén involucradas en este proceso, se ven como la mejor opción para evitar una externalidad de producción, ya que podría convertirse en un costo altamente representativo para el proyecto conforme pase el tiempo.

Externalidades de producción y de consumo del plástico

En este caso, las externalidades de producción y consumo del plástico son mucho más visibles a pesar de su gran acogida en el mercado, ya que se ha convertido en un problema socio-ambiental que debe ser solucionado con la erradicación o disminución del uso del plástico. En este apartado se han identificado las siguientes externalidades:

- Para producir el material plástico se necesita petróleo y es ahí donde se ubica la primera externalidad, ya que es bien sabido el gran impacto negativo que genera esta industria sobre el ambiente, dañando ecosistemas y poblaciones enteras, lo que en términos económicos

les cuesta a las empresas cientos de millones de dólares por mitigar estos impactos e indemnizar a la gente afectada.

- Otra externalidad identificada, es la contaminación por gases de efecto invernadero y los efectos negativos en la salud de las personas, vinculando todo esto con el ²fracking. Al consumir más plástico, la extracción de combustibles fósiles crece a gran velocidad y por ende afectará todos estos factores.
- Los residuos plásticos que terminan en los océanos también hacen parte del grupo de externalidades estudiadas. De una u otra manera, este material puede estar ampliamente dimensionado en todos los hábitats acuáticos a nivel mundial, creando una especie de smog plástico que evita el paso de la luz y la vida acuática desaparece gradualmente.

7.4.2 Análisis de la demanda

Para ofrecer el bioplástico como materia prima para la obtención de productos terminados, se necesita identificar a las empresas potenciales que puedan adquirir el bioplástico elaborado (Ver Tabla 15).

Tabla 14 Número de empresas en la provincia (Demanda potencia)

Actividad	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Fabricación de productos de plástico.	276	280	284	279	274	269	273	277	281
Total, de empresas en la provincia	207								
%Participación de industrial del sector de interés	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%

² **Fracking:** Es considerado como un método de perforación horizontal que denota una fracturación hidráulica que posibilita y aumenta la extracción de gas y petróleo en el área del subsuelo.

Tasa de crecimiento	2,6%	1,1%	1,1%	0,6%	0,6%	0,6%	1,1%	1,1%	1,1%
----------------------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Fuente: INEC - Directorio de Empresas y Establecimientos, (2017)

Elaborado por: Ojeda, B. (2022)

En este caso, se han identificado solamente a las empresas que se dedican a la fabricación de productos de caucho y plástico como demanda potencial, con un total de 207 empresas registradas en la provincia de Pichincha, su tasa de crecimiento se ha tomado en cuenta a partir del año 2017 hasta el 2025 como referencia a los años en que se proyecta la fábrica para la elaboración de bioplástico.

7.4.3 Análisis económico proyectado

Para iniciar el presente proyecto, se deberá tomar en cuenta todos los insumos necesarios que ayudarán a elaborar el bioplástico (Ver Tabla 16).

Tabla 15 Inversión inicial

Maquinaria					
N°	Rubros	Capacidad	Cantidades	Valor unitario	
1	Mezcladora industrial de polvos/líquidos	100 Kg	1	\$	5.000,00
2	Horno Secador	100 Kg	1	\$	875,00
3	Trituradora	800 Kg	1	\$	1.489,00
4	Peletizadora	90 Kg	1	\$	1.900,00
5	Tamizador	100 Kg	1	\$	695,00
Total				\$	9.959,00
Mobiliario					
N°	Rubros	Descripción	Cantidades	Valor unitario	
1	Escritorio	Tipo L 150x150cm	1	\$	150,00
2	Silla	Modelo chicago	1	\$	55,00
3	Computador	Intel Core I7	1	\$	475,00

4	Impresora	Epson L4160	1	\$	359,00
2	Estantes	Metálica 180x94x33	2	\$	180,00
Total				\$	1.219,00
Presupuesto total				\$	11.178,00

Fuente: Mercado libre, (2020)

Elaborado por: Ojeda, B. (2022)

Como se muestra en la Tabla 19, las capacidades y cantidades de la maquinaria son fundamentales para poder analizar si se cubrirá o no la demanda.

Además, se describe el mobiliario para el personal administrativo con su respectiva descripción y el uso de estantes para almacenar el producto.

7.5.4 Plan de producción

Debido a la capacidad técnica de la maquinaria, se establece una producción de 2 Toneladas (2.000 Kg) de producción diaria y 480 (480.000 Kg) Toneladas anualmente, respetando las características de la maquinaria, su soporte y realizando su respectivo mantenimiento durante todo el proceso de producción estimados en 5 años.

Tabla 16 Plan de producción

Cantidad	Día	Semana	Meses	Años
Toneladas (T)	2	10	40	480
Producción por Kg	2000	10000	40000	480000
Precio unitario	\$ 29,74	\$ 29,74	\$ 29,74	\$ 29,74
Total	\$ 59.480,00	\$297.400,00	\$ 1.189.600,00	\$14.275.200,00

Elaborado por: Ojeda, B. (2022)

Tomando en cuenta el plan de producción de la Tabla 17, se podría percibir un total de \$14.275.200,00 al año.

En este caso, la producción en relación a la demanda se distribuye por la capacidad de una sola maquinaria que pueda cubrir el consumo de comerciantes relacionados con la impresión 3D y las fábricas de plástico donde se generan productos descartables. A pesar de las unidades de producción en toneladas, no se descarta la idea de poder realizar ventas solo por kilogramos para distribuidores minoristas tomando en cuenta el modelo ³Business Model Canvas, en donde se consideraría como una propuesta de valor por el acceso a cantidades de producto inferiores a una tonelada y fomentar la relación con el cliente.

Tabla 17 Producción en relación a la demanda

Demanda	Producción por mes	Producción por año
Comerciante de impresión 3D	2 Toneladas	24 Toneladas
Fábricas de plástico	38 Toneladas	456 Toneladas

Elaborado por: Ojeda, B. (2022)

En este sentido, la unidad de producción será de un kilogramo para poder fijar los costos fijos y variables para posteriormente obtener el punto de equilibrio a partir de los 50 kilogramos.

Presupuesto de gastos

De acuerdo a la inversión inicial que se debe realizar entre la maquinaria para producir el bioplástico y el mobiliario del personal administrativo, se presentan sus respectivas depreciaciones de acuerdo a su vida útil de entre 10 y 5 años (Ver Tabla 18).

Tabla 18 Depreciaciones

Depreciación de Maquinaria						
N°	Ítem	Valor	Depreciación	Vida útil	Valor residual	Depreciación anual con valor residual
1	Mezcladora industrial de polvos/líquidos	\$5.000,00	\$ 500,00	10 años	10%	\$ 450,00
2	Horno Secador	\$ 875,00	\$ 87,50	10 años	10%	\$ 78,75

³ **Business Model Canvas:** Herramienta para crear modelos de negocio y analizar la factibilidad de un proyecto.

3	Trituradora	\$1.489,00	\$ 148,90	10 años	10%	\$ 134,01
4	Peletizadora	\$1.900,00	\$ 190,00	10 años	10%	\$ 171,00
5	Tamizador	\$ 695,00	\$ 69,50	10 años	10%	\$ 62,55
Depreciación de Mobiliario						
6	Escritorio	\$ 150,00	\$ 15,00	10 años	10%	\$ 13,50
7	Silla	\$ 55,00	\$ 5,50	10 años		
8	Computador	\$ 475,00	\$ 95,00	5 años		
9	Impresora	\$ 359,00	\$ 71,80	5 años		
10	Estantes	\$ 180,00	\$ 18,00	10 años	10%	\$ 16,20
Total de depreciaciones			\$ 1.201,20			\$ 926,01

Elaborado por: Ojeda, B. (2022)

Se calcula un valor residual para no perder el valor total del activo, el porcentaje se da según los años de vida útil, dando como resultado una depreciación anual con valor residual.

Tabla 19 *Costos fijos y variables*

COSTOS							
COSTOS FIJOS				COSTOS VARIABLES			
Rubros	Diario	Mensual	Anual	PRODUCCION			
Rubros	Diario	Mensual	Anual	Diario	Mensual	Anual	Anual
Arriendo	\$ 8,33	\$250,00	\$3.000,00	Ácido acético	\$10,00	\$300,00	\$3.600,00
Luz	\$1,00	\$ 30,00	\$ 360,00	Ácido láctico	\$64,00	1.920,00	23.040,00
Agua	\$ 1,17	\$ 35,00	\$ 420,00	Glicerina	\$25,00	\$ 750,00	\$ 9.000,00
Teléfono	\$0,33	\$ 10,00	\$ 120,00	Almidón de maíz	\$40,00	1.200,00	14.400,00
Internet	\$ 1,33	\$ 40,00	\$ 480,00	Transporte de materia prima	\$ 9,00	\$ 270,00	\$ 3.240,00
Sueldos y salarios	\$80,00	\$1.600,00	\$19.200,00	Mantenimiento de maquinaria	\$10,00	\$ 300,00	\$ 3.600,00
TOTAL COSTOS FIJOS	\$92,17	\$1.965,00	\$23.580,00	TOTAL COSTO VARIABLE	\$158,00	\$4.740,00	\$56.880,00
Producción unitaria	50	1000	12000	Producción Kg	50	1000	12000
COSTO FIJO UNITARIO	\$ 1,84	\$ 1,97	\$ 1,97	COSTO VARIABLE UNITARIO	\$ 3,16	\$ 4,74	\$ 4,74
Costo Total Unitario							\$ 5,00

Elaborado por: Ojeda, B. (2022)

Se calculan los costos fijos considerando los servicios básicos, los sueldos y salarios y el internet como un gasto que no retorna a la utilidad. Mientras que en los costos variables se toma en cuenta

la materia prima para generar el bioplástico y que de esta manera signifique un retorno para la inversión y la utilidad.

Tabla 20 *Punto de Equilibrio*

PUNTO DE EQUILIBRIO	
Costo fijo unitario	\$ 1,84
Costo variable unitario	\$ 3,16
Costo total unitario	\$ 5,00
EVA= CF (PVPu - CVU)	
COSTO FIJO ANUAL	\$ 23.580,00
PVP unitario	\$ 5,00
Costo variable unitario	\$3,16
PUNTO de equilibrio anual	\$ 12.792
Punto de equilibrio mensual	\$ 1.066
Costo variable total	\$ 40.422,86
Ingreso total	\$ 64.002,86
Elaborado por: Ojeda, B. (2022)	

El punto de equilibrio anual en este proyecto, se da a partir de los \$ 12.792 para contemplar su viabilidad sin ganancias ni pérdidas durante las operaciones realizadas.

Presupuesto de ingresos

Tabla 21 *Presupuesto de ingresos*

		PRESUPUESTO DE INGRESOS				
Demanda	Detalle	AÑOS PROYECTADOS				
		1	2	3	4	5
Demanda potencial		274	269	273	277	281
Demanda objetiva		54,8	53,8	54,6	55,4	56,2
Población meta (kilos por empresa)	20 kg per cápita al año	16.440	16.140	16.380	16.620	16.860

Tasa de crecimiento			-2%	1%	1%	1%
capacidad productiva	12000kg al año	12.000	11.781	11.956	12.131	12.307
Precio de mercado	\$5,00	\$216.000	\$212.058	\$215.211	\$218.364	\$221.518

Elaborado por: Ojeda, B. (2022)

Se ha fijado una proyección de ingresos alrededor de 5 años, según la tasa de crecimiento anual a partir del segundo año con respecto a la demanda potencial que vendría ser el número de empresas en la provincia de pichincha, la demanda objetiva está basada en el ⁴óptimo de Pareto con un parámetro del 80%-20% y la población meta está direccionada al consumo de plástico anual que en este caso es de 20 Kg per cápita de empresas.

Tabla 22 *Parámetros para abastecer la demanda*

PARÁMETROS	
Kilogramos abastecidos con la maquinaria	12000kg al año
Óptimo Pareto	
80%	80%
20%	20%
Análisis de precios	
Precio de mercado Bioplástico	\$ 5,47
Precio de mercado Plástico	\$ 1,90
Precio punto de equilibrio	\$ 5,00
Precio promedio	\$ 4,12

Elaborado por: Ojeda, B. (2022)

Los parámetros expuestos en la Tabla 23, se consideran a partir del método de distribución óptimo de Pareto según los kilogramos abastecidos por la maquinaria tomando al 20% de la demanda como un indicador positivo para la compra, según el precio del mercado para el bioplástico en otras empresas es de \$ 5,47 dólares frente al punto de equilibrio obtenido en el proyecto que es de

⁴ **Óptimo de Pareto:** Tipo de distribución en relación al punto de equilibrio en relación a la producción de un bien.

\$ 5,00 dólares, se considera que es un precio competitivo en el mercado. Por otro lado, que el precio del plástico tradicional sea muy inferior es decir de \$1,20 no significa que el Bioplástico no sea adquirido con mayor frecuencia por la demanda potencial.

8. DISCUSIÓN

El bio-plástico se ha convertido en una alternativa sostenible para sustituir a los plásticos tradicionales. Se trata de un material biodegradable derivado de recursos renovables, tales como la caña de azúcar y ciertos cereales. Esto significa que no contiene elementos químicos tóxicos, lo que lo hace ideal para usos ambientales y agrícolas. Uno de los principales usos del bio-plástico es la producción de envases biodegradables. Estos envases son ideales para el almacenamiento de alimentos, ya que son seguros para el medio ambiente. Estos envases no contienen elementos tóxicos o contaminantes, lo que los hace perfectos para el transporte de alimentos a largas distancias sin preocuparse por la seguridad y la calidad del producto.

Según Dasumiati (2019), los bioplásticos a partir de almidón derivado de la piel de la yuca (*M. utilissima*) y el refuerzo con quitosano pueden desarrollarse como envolturas de consumo directo con una adición de quitosano de 5%. Estas envolturas son seguras para el consumo, ya que no contienen metales pesados, pero contienen minerales útiles para el organismo. Además, estas envolturas también tienen buenas características físicas y mecánicas, lo que les permite ser utilizadas como material de embalaje.

Además, el proceso de fabricación de bioplásticos se ha demostrado ser eficiente y económico, lo que lo hace una solución viable para el problema de los plásticos tradicionales. Estas lecciones aprendidas demuestran que el desarrollo de bioplásticos puede ser una solución viable para el problema de los plásticos tradicionales.

En el caso del estudio de Riera (2018), que obtuvo bioplástico a partir de residuos agrícolas, el proceso de fabricación fue eficiente y económico, lo que demuestra que los residuos agrícolas son una alternativa viable para la fabricación de bioplásticos. El estudio también mostró que el

bioplástico obtenido tenía una buena resistencia mecánica, lo que lo hace apto para su uso como material de embalaje.

Por otro lado, el estudio de Satheeshkumar (2020) demostró que los bioplásticos a partir de almidón de arroz y quitina también pueden ser una solución viable para el problema de los plásticos tradicionales. El estudio mostró que el bioplástico obtenido tenía una buena resistencia mecánica, lo que lo hace apto para su uso como material de embalaje. En cuanto al tiempo de degradabilidad, el estudio demostró que el bioplástico se degradaba en menos de un mes. Las propiedades de resistencia térmica, elasticidad y dureza, el proceso de fabricación eficiente y económico, y el tiempo de degradabilidad, demuestran que el bioplástico obtenido a partir del exoesqueleto de camarón (quitina) es una alternativa viable para los plásticos tradicionales. Además, el bioplástico obtenido es seguro para el medio ambiente, lo que lo hace ideal para su uso en el sector agrícola.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 Conclusiones

- En cuanto a la obtención de la quitina, se consiguieron 55,7 gramos de la misma y se mezclaron con la formulación del bioplástico, la muestra más adecuada fue la número 9 con un porcentaje del 5%, la cual presentó mejores características en el material, ya que tuvo un promedio de dureza con respecto al punto de quiebre del material de 8,33 N y una densidad adecuada de 2,78 g/ml. Estas características técnicas, son necesarias para poder aplicar un proceso industrial. Las muestras que tenían del 6% en delante de quitina, se mostraban, grumosas, desechas, o mal incorporadas.
- La cantidad de bioplástico dependerán de la capacidad de carga de la maquinaria y de la producción que se desea realizar. Sin embargo, los residuos que más se utilizan para generar una mezcla apropiada son el bagazo de caña de azúcar y el almidón de maíz, hay que tomar en cuenta que el bioplástico en estado rígido, afecta la producción de la inyectora, por lo que tiende a trabarse y crear mazas carbonizadas, mientras que, si se coloca el bioplástico en forma de polvo, el proceso es más fácil.
- Al mezclar el compostando que contenía bioplástico (muestra 9) en una cantidad considerable de suelo (15 kilos), se comparó con una muestra que sirvió como testigo al no contener ningún producto y este sirvió como fase experimental para cultivar lechugas en el suelo, demostrando que el bioplástico elaborado en esta investigación posee una capacidad biodegradable y compostable que aporta en pequeñas proporciones macronutrientes esenciales para los cultivos agrícolas, el mismo arrojó resultados positivos sin afectar de manera negativa al suelo, el tiempo de degradabilidad estimado para el

material de estudio fue de 120 días sin residuos que puedan afectar a las propiedades del suelo ni al medio ambiente. Los resultados de la prueba comparativa, demostraron que la segunda muestra de suelo (M2) que contenía el compost de bioplástico fue mejor, considerando el crecimiento de las hojas de lechuga, obteniendo un promedio de 3,18 cm.

- En referencia al costo de producción, dentro del análisis económico del proyecto la obtención del bioplástico, se pone en evidencia que, se puede llegar a vender en 5 dólares el kilo frente al costo del plástico tradicional que sería de 1,20 dólares por kilo, lo cual entraría en el mercado con un precio no muy elevado, pero que lo compensa con las externalidades negativas a partir de la producción del plástico tradicional previamente identificadas. Por lo tanto, el bioplástico tipo puede ser competitivo con referencia a otros biopolímeros que están dentro del país como Biofase, Ecobyc, Quimasa y Displast.
- Se ha demostrado que puede crearse un biopolímero a base de desechos orgánicos como el bagazo de caña de azúcar, maíz triturado, entre otros, su fórmula es 100% orgánica e impulsa a la buena gestión de residuos sólidos por medio de la elaboración de este tipo de productos. Como se ha mencionado antes, en el Ecuador no se produce materia prima para máquinas como extrusoras o inyectoras ya que la investigación para estos no se ha profundizado del todo, lo que genera la importación obligada de este material sin antes proponer una competencia dentro del país.
- Por otro lado, se cree que el biopolímero debe ser mezclado con algunos aditivos que ayuden a la producción de materiales mucho más resistentes a la hora de colocarlos en las máquinas, ya que las mismas están adaptadas para trabajar con materiales plásticos sintéticos que contienen otras propiedades además de abaratar los costos de producción.

9.2 Recomendaciones

- Seguir mejorando el proceso de elaboración del bioplástico y determinar mejor las cantidades de cada residuo orgánico que contenga la fórmula del mismo, así pues, las proporciones para una maquina no siempre resultan ser las adecuadas y termina por perder la producción.
- Optar por productos que aporten de manera positiva al medio ambiente y que su alta tasa de degradabilidad sea una de las características por las cuales éste merezca una oportunidad en el mercado.
- De cualquier forma, es mucho mejor aprovechar las propiedades de los biopolímeros y resaltar sus características como estrategia para impulsar su consumo masivo, integrar nuevas técnicas y propiciar la conciencia colectiva para el correcto uso o desuso de estos productos con un precio competitivo en el mercado.
- Si bien es cierto, los procesos deben seguir mejorando a través de la investigación y por el momento se ha comprobado que los biopolímeros no pueden constituirse de materiales 100% orgánicos, por lo tanto, es preciso realizar pruebas al mezclarlo con polímeros a base de hidrocarburos y verificar que contengan un mayor porcentaje de contenido orgánico.
- Mejorar las técnicas de elaboración y producción de los biopolímeros, ya que estos procesos son costosos, no por el conseguir los residuos orgánicos, si no por tratar de triturarlos para que tengan una mejor consistencia y esos puedan ser mezclados, ya que al principio las pruebas de laboratorio son claves, pero no son adecuadas para un proceso industrial en donde se deben fabricar objetos en grandes proporciones. El Ecuador debe expandir sus horizontes con respecto a este tipo de industrias, ya que a pesar de cobrar impuestos por las fundas que se utilizan en los supermercados, la cultura de la sociedad

está mucho más enfocada en el consumo de los plásticos desechables y saber que estos pueden cerrar el ciclo desde que es adquirido hasta desecharlo y utilizarlo para producir alimentos en tierra, suena a una solución que debe ser implementada de inmediato.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdullah, A., Fikriyyah, A., & Furghoniyyah, U. (2020). Effect of chitin addition on water resistance properties of starch-based bioplastic properties. *Earth and Environmental Science*, 483, 012002. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/483/1/012002/meta>
- AENOR. (30 de Mayo de 2012). *ASTM D6400-04*. <https://www.aenor.com/normas-y-libros/buscador-de-normas/astm?c=036737>
- COA. (2017). *CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE*. Registro Oficial Suplemento 983: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Codigo-Organico-del-Ambiente.pdf>
- Constitución. (2008). *Constitución del Ecuador*. <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/45208547/constitucion-ecuador.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DConstitucion-ecuador.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=ASIATUSBJ6BANGJTJZM4%2F20200522%2Fus-east-1%2F>

- Dasumiati. (2019). Food packaging development of bioplastic from basic waste of cassava peel (manihot utilisima) and shrimp shell . *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* (602), 1-15. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/602/1/012053>
- Deringer, V., Englert, U., & Dronskowski, R. (2016). Nature, strength, and cooperativity of the hydrogen-bonding network in α -chitin. *Biomacromolecules*, 17(3), 996-1003. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/acs.biomac.5b01653>
- Díaz, F. (2012). *CONFORMADO DE MATERIALES PLÁSTICOS*. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO; FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN; DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA : http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m6/conformado%20de%20plasticos.pdf
- DMQ. (28 de 05 de 2019). *Distrito Metropolitano de Quito*. http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/Documentos/buenas_practicas/manuales/RC-2019-009-DMQ-INSTITUCION_PUBLICA_LIBRE_UTILIZACION_PRODUCTOS_PLASTICOS.pdf
- Duarte, L. (2022). *Bioplásticos: contexto actual, aplicaciones y sostenibilidad*. [Tesis de pregrado, Universidad de Córdoba], Repositorio UNICORDOBA. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/4872/LuisAntonioDuarteRam%C3%ADrez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Esmieu de León, E. (2019). *Evaluación del contenido extractable de quitina obtenida a partir de dos secciones del exoesqueleto del camarón (Litopenaeus vannamei) cefalotórax y abdomen, procedente de mar y cultivado en viveros y comparación con el contenido de carbonato de calcio*. [Tesis de Grado] Universidad de San Carlos de Guatemala.

- Galarza, C. (2020). Los alcances de una investigación. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 9(3), 1-6. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>
- García, J., Reding, A., & López, J. (2013). Sample size calculation in medical education research. *Investigación en educación médica*, 2(8), 217-224. <http://www.scielo.org.mx/pdf/iem/v2n8/v2n8a7.pdf>
- Gomez, S., Angeles, M., Nuñez , G., & Figueroa , U. (2013). *Metodologías para la elaboración de compostas y lombricompostas de excretas de ganado de leche*. México.
- Gomez, S., Angeles, M., Nuñez , G., & Figueroa , U. (2013). *Metodologías para la elaboración de compostas y lombricompostas de excretas de ganado de leche*. México.
- Gruber, P. (2013). The Sustainability of NatureWorks™ Polylactide Polymers and Ingeo™ Polylactide Fibers: an Update of the Future. *Macromolecular Bioscience*, 551. https://www.natureworksllc.com/~media/The_Ingeo_Journey/EcoProfile_LCA/EcoProfile/SustainabilityEssay_Ingeo_0903_pdf.pdf
- Guerra, A., & Baca, K. (2022). Generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU): análisis de una década de gestión en países de Europa y América. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, 43(1), 1-23. <https://doi.org/https://doi.org/10.26807/remcb.v43i1.919>
- Haro, A. (mayo de 2017). Análisis sobre el aprovechamiento de los residuos del plátano, como materia prima para la producción de materiales plásticos biodegradables. *Revista científica Dominio de las ciencias*, 3(2), 1-20.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2017). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). McGraw Hill Education. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

- Hillmyer, M. (2017). La promesa de los plásticos de las plantas. *Ciencia*, 358(6365), 868-870.
<https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.aao6711>
- Hu, X., Du, Y., Tang, Y., Wang, Q., Feng, T., Yang, J., & Kennedy, J. (2007). Solubility and property of chitin in NaOH/urea aqueous solution. *Carbohydrate Polymers*, 70(4), 451-458. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.05.002>
- INEN. (2014). *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA, NTE INEN 2634:2012* . DISPOSICIÓN DE DESECHOS PLÁSTICOS POST-CONSUMO. REQUISITOS.:
<http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/05/NTE-INENE-2634-Plasticos-post-consumo.pdf>
- ISO. (Junio de 2016). *ISO 17088:2012*. Specifications for compostable plastics:
<https://www.iso.org/standard/57901.html>
- Jacobsen, S. (2014). Plasticizing polylactide—the effect of different plasticizers on the mechanical properties. *Polymer Engineering and Science*, 354.
- Judson, A. (06 de 2019). *MTS* .
file:///C:/Users/Sara%20Andrade/Downloads/ASTM_D638_Tensile_Properties_of_Plastics.pdf
- Municipalidad de Guayaquil. (2019). *Ordenanza para plásticos*. Municipalidad de Guayaquil:
<https://guayaquil.gob.ec/Gacetas/Periodo%202014-2019/Gaceta%2091.pdf>
- Munilla, H. (2015). Ácido láctico y poliláctico: Situación actual y tendencias. *Revista ICIDCA, Cuba*, 1-12.
- Nandakumar, A., Chuah, J., & Sudesh, K. (2021). Bioplastics: a boon or bane? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 147, 111237.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111237>

- Narancic, T., Cerrone, F., Beagan, N., & O'Connor, K. (2020). Recent advances in bioplastics: application and biodegradation. *Polymers*, 12(4), 920.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/polym12040920>
- Ochoa. (2013). Clasificación del Bioplástico. En J. Ochoa, *Bioplásticos* (págs. 71-73). Observatorio Industrial del Sector Químico.
- PGPE. (03 de 04 de 2014). *LEXIS FINDER* . Acuerdo Ministerial 19:
<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/06/Acuerdo-19.pdf>
- Pilali, C. (2009). Chitin and chitosan polymers: Chemistry, solubility and fiber formation. *Progress in Polymer Science (Oxford)*, 34(7), 641-678.
- Pradeep, M., Binoy, R., Yaswanth, S., Pullan, T., & Joseph, M. (2022). Investigations on chitin and coconut fiber reinforcements on mechanical and moisture absorption properties of corn starch bioplastics. *Materials Today: Proceedings*, 58(1), 65-70.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.12.585>
- Ramirez, S. (02 de 10 de 2019). *SCRIBD* . <https://es.scribd.com/document/428466294/ASTM-D3418-15>
- Rimac, A. (2019). *Bioplásticos*. [Tesis de pregrado, Universidad Científica del Sur], Repositorio CIENTÍFICA.
<https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/806/TB-Rimac%20A.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Södergård, A. (2012). *Properties of lactic acid based polymers and their correlation with composition*. Elsevier:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079670002000126#!>

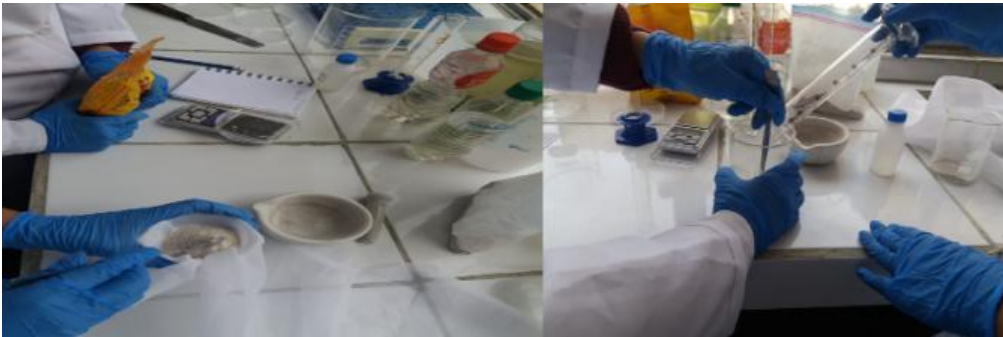
- UNE. (4 de Febrero de 2015). *Normalización Española*. UNE-EN 13432:2001:
<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0024465>
- Vázquez, A., Beltrán, M., Espinosa, R. M., & Velasco, M. (2018). *El origen de los plásticos y su impacto en el ambiente*. Universidad Autónoma Metropolitana: <https://anipac.com/wp-content/uploads/2018/09/origendelosplasticos.pdf>
- Villalta, A. (2018). *EVALUACIÓN DE LA BIODEGRADABILIDAD DE DIFERENTES FORMULACIONES DE UN BIOPLÁSTICO SINTETIZADO, A PARTIR DEL ALMIDÓN OBTENIDO DE LA CÁSCARA DE MANGO (Mangifera indica L.) A ESCALA LABORATORIO*. Universidad de San Carlos de Guatemala:
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/10915/1/Antonio%20Adolfo%20Villalta%20Estrada.pdf>
- Wankhade, V. (2020). *Animal-derived biopolymers in food and biomedical technology*. (1st ed.). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816897-4.00006-0>
- Wolf, O. (2015). *Techno-economic feasibility of large-scale production of bio-based polymers in Europe*. European Comissions Institute for prospective Technological Studies:
<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/b4155bd6-b0af-4a3d-9653-511c71ef19e9>
- Zuluagua, F. (2013). ALGUNAS APLICACIONES DEL ÁCIDO POLI-L-LÁCTICO. *Revista académica de Colombia Ciencia*, 1-18.

ANEXOS

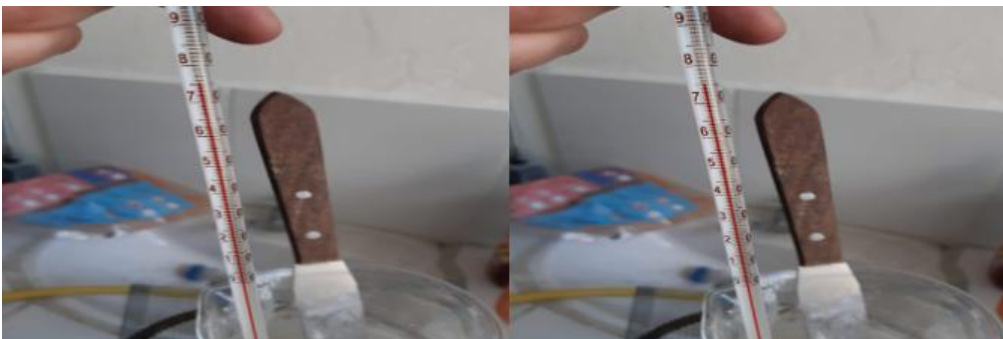
ANEXO 1 *Elaboración del bioplástico*



Mezcla de principios activos



Medición de cantidades para la mezcla



Medición de la temperatura de la mezcla al solidificarse



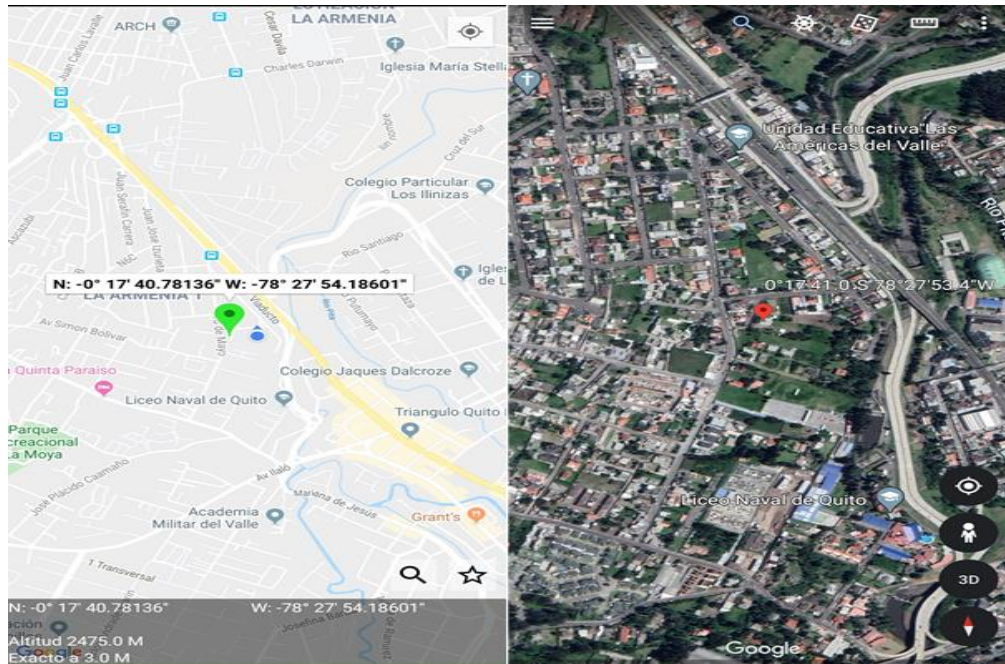
Moldeado y secado del bioplástico



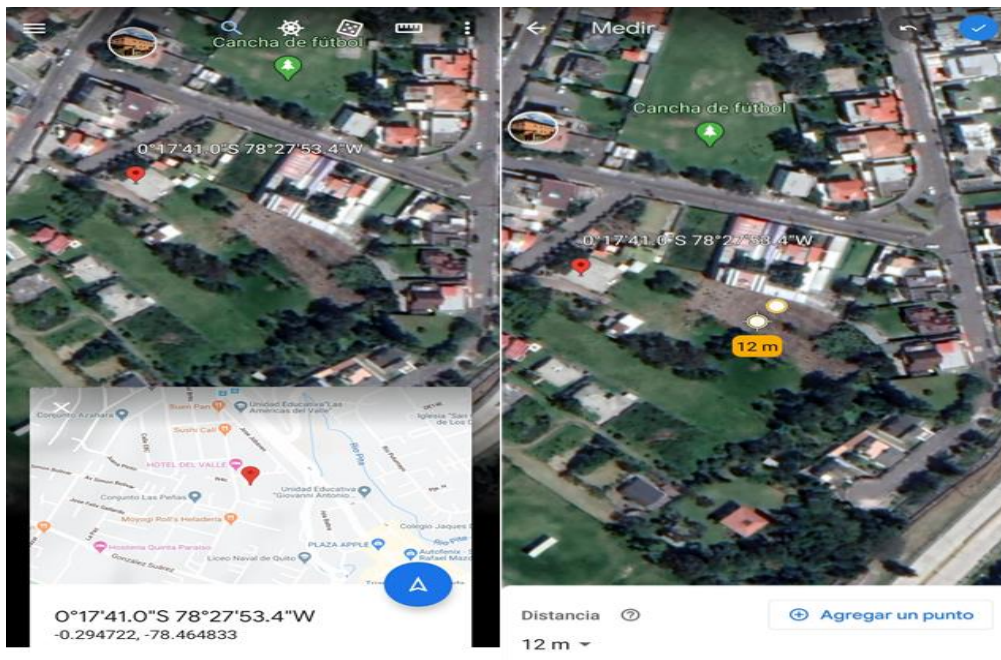
Proceso de secado y empaquetado

Tal y como se aprecia en las imágenes del Anexo 1, el proceso de elaboración del bioplástico en el laboratorio va desde la mezcla de los ingredientes en polvo y los diferentes reactivos, se procede a tomar la temperatura cuando todos los ingredientes se han incorporado mediante la exposición al calor; en la últimas ilustraciones, se observa como el material se seca en una superficie de aluminio y se determina su peso aún con los gránulos un tanto húmedos; finalmente, después de obtener los gránulos secos, éstos se almacenan en paquetes de un kilogramo para sus diferente pruebas.

ANEXO 2 Registro de coordenadas y muestreo



Registro de coordenadas del lugar de muestreo



Distancia de puntos de muestreo

En el proceso de muestreo de suelo, se tomaron las coordenadas del lugar a través de la aplicación Google Earth y la distancia entre cada punto del muestreo. Proporcionando datos clave para la cadena de custodia.

ANEXO 3 Registro de mediciones



Registro de temperatura y humedad relativa del suelo en diferentes evaluaciones


A partir de cada evaluación en el compost, se tomaron registros de la medición de temperatura y humedad relativa con un termohigrómetro digital que contiene un sensor externo TAYLOR de modelo 1523.

Las características de este equipo son las siguientes:

- Unidad de temperatura intercambiable en °C ó °F.
- Funciona con una pila AAA (Incluida en el equipo).
- Rango de temperatura interna es de -10 a +50°C.
- Rango de humedad interna 20 a 99%hr.
- Rango de temperatura externa (sonda) -50 a 70°C.
- Resolución: 0.1°C 1%hr.

Como demostración a estos registros, la temperatura en grados centígrados se ubica en la parte superior de la pantalla, mientras que la humedad relativa se encuentra en la parte inferior.

ANEXO 4 Análisis de suelo AGROCALIDAD

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01 Rev. 5
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Hoja 1 de 2

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE-LEN-16-006

Informe N°: LN-SFA-E20-0177
Fecha emisión informe: 04/02/2020

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Brumel Ojeda

Dirección¹: Quito

Provincia¹: Pichincha

Cantón¹: Quito

Teléfono¹:
Correo Electrónico¹:

N° Orden de Trabajo: SFA-20-CGLS-0131
N° Factura/Documento: 026-001-5972

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo

Cultivo¹: ----

Provincia¹: Pichincha

Cantón¹: Quito

Parroquia¹: Conocoto

Muestreado por¹: Alejandra Valladares

Fecha de muestreo¹: 20-08-2022

Fecha de recepción de la muestra: 21-01-2022

Conservación de la muestra: Lugar fresco y seco.

Coordenadas¹:
X: ----
Y: ----
Altitud: ----

Fecha de inicio de análisis: 21-08-2022
Fecha de finalización de análisis: 04-09-2022


RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-20-0199	Muestra 1	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	7,19
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	2,76
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,14
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	81,3
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	1,84
		Humedad Equivalente*	Centrifuga PEE/SFA/21	%	24,80
		Capacidad de Campo*	Centrifuga PEE/SFA/21	%	24,07
		Punto de Marchitez*	Centrifuga PEE/SFA/21	%	13,08
		Agua Aprovechable*	Centrifuga PEE/SFA/21	%	10,99

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

¹ Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

 AGROCALIDAD AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL FITO Y ZOOSANITARIO	LABORATORIO DE SUELOS, FOLIARES Y AGUAS Vía Interoceánica Km. 14½ y Eloy Alfaro, Granja del MAGAP, Tumbaco - Quito Teléf.: 023828860 Ext. 2080	PGT/SFA/09-FO01
	INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO	Rev. 5
		Hoja 1 de 2

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE-LEN-16-006

Informe N°: LN-SFA-E20-0176
 Fecha emisión Informe: 04/02/2020

DATOS DEL CLIENTE

Persona o Empresa solicitante¹: Brumel Ojeda
Dirección¹: Quito
Teléfono¹:
Correo Electrónico¹:
Provincia¹: Pichincha **Cantón¹:** Quito **N° Orden de Trabajo:** SFA-20-CGLS-0131
N° Factura/Documento: 026-001-5972

DATOS DE LA MUESTRA:

Tipo de muestra¹: Suelo **Conservación de la muestra:** Lugar fresco y seco
Cultivo¹: ----
Provincia¹: Pichincha **X:** ----
Cantón¹: Quito **Coordenadas¹:** **Y:** ----
Parroquia¹: Conocoto **Altitud:** ----
Muestreado por¹: Alejandra Valladares
Fecha de muestreo¹: 20-08-2022 **Fecha de inicio de análisis:** 21-08-2022
Fecha de recepción de la muestra: 21-08-2022 **Fecha de finalización de análisis:** 04-09-2022

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

CÓDIGO DE MUESTRA LABORATORIO	IDENTIFICACIÓN DE CAMPO DE LA MUESTRA ¹	PARÁMETRO ANALIZADO	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADO
SFA-20-0198	Muestra 2	pH a 25 °C	Electrométrico PEE/SFA/06 EPA 9045D	---	6,29
		Materia Orgánica*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	5,19
		Nitrógeno*	Volumétrico PEE/SFA/09	%	0,26
		Fósforo*	Colorimétrico PEE/SFA/11	mg/kg	116,1
		Potasio*	Absorción Atómica PEE/SFA/12	cmol/kg	1,27
		Humedad Equivalente*	Centrifuga PEE/SFA/21	%	30,19
		Capacidad de Campo*	Centrifuga PEE/SFA/21	%	28,74
		Punto de Marchitez*	Centrifuga PEE/SFA/21	%	15,62
		Agua Aprovechable*	Centrifuga PEE/SFA/21	%	13,12

Analizado por: Daniel Bedoya, Katty Pastás

Nota: El resultado corresponde únicamente a la muestra entregada por el cliente en esta fecha. Está prohibida la reproducción parcial de este informe.

¹ Datos suministrados por el cliente: el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

ANEXO 5 Registro de compostaje y aplicación de abono en plantas



Área de estudio para degradabilidad mediante el compostaje (Método de pila estática)



Mezcla de residuos orgánicos, estiércol, bioplástico y Bacillus spp.



Remoción periódica del compost



Evaluación del bioplástico en relación al tiempo de degradación



Siembra de lechugas moradas (*Lactuca sativa*) agregando el suelo con el bioplástico degradado



Evaluación del crecimiento de las lechugas con las muestras de suelo M1 sin bioplástico; M2 con bioplástico

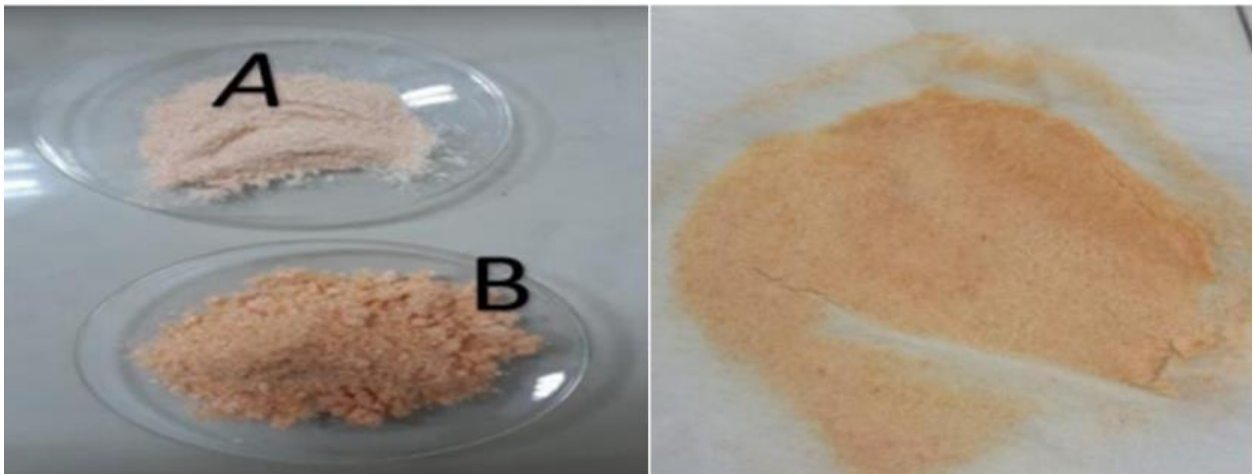
ANEXO 6 *Extracción de la Quitina*



Cosecha del camarón



Materia prima



Pulverizado, desmerelizado y lavado