



Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador

SEDE  
ESMERALDAS

**Carrera de Gestión Ambiental**

**TESIS DE GRADO**

**TÍTULO**

**ANÁLISIS DE LOS TIEMPOS DE DEGRADACIÓN DE PRODUCTOS  
ALTERNATIVOS A LOS PLÁSTICOS DE UN SOLO USO EN MEDIO  
TERRESTRE**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA  
EN GESTIÓN AMBIENTAL**

**AUTOR**

Yulayka Prado Escobedo

**ASESOR**

LUCÍA VERNAZA QUIÑÓNEZ

Esmeraldas, Enero, 2022

Trabajo de tesis luego de haber dado cumplimiento a los requisitos exigidos por el reglamento de grado de la PUCE-Esmeraldas, previo a la obtención del título de Ingeniera en Gestión Ambiental.

**Presidente de tribunal de graduación**

**Lector 1**

MSc. Karla Solis Charcopa

**Lector 2**

MSc. Merida Ortiz Castro

**Coordinadora de la Carrera de Gestión Ambiental.**

MSc. Karla Solis Charcopa

**Director de tesis.**

MSc. Lucía Vernaza Quiñónez

Esmeraldas, enero 2022

## **AUTORÍA**

Yo, Yulayka Prado Escobedo, declaro que la presente investigación enmarcada en el actual trabajo de tesis es absolutamente original, auténtica y personal.

En virtud que el contenido de esta investigación de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor y de la PUCE-Sede Esmeraldas.

---

**Yulayka Prado Escobedo**

**C.I. 0931424980**

## **AGRADECIMIENTO**

Le agradezco infinitamente a Dios porque mediante el todo esto a sido posible a mis padres Edmundo y Meiver que han estado conmigo en todo momento a lo largo de mi vida, en los días y noches difíciles durante mis horas de estudio, gracias por su apoyo invaluable que me han brindado me siento orgullosa de que sean mis padres, hoy que culmino mis estudios les dedico este logro y gracias mil gracias por ser quienes son y por creer en mi me siento feliz de que estén a mi lado en este momento tan importante.

A mis hermanos Viviana y Wagner por ser mi apoyo y son los que siempre me han dado fuerza para seguir y nunca rendirme a mi cuñado Vinicio gracias por el apoyo y la ayuda brindada durante mi carrera, a mis sobrinos quienes adoro y llenan mi vida de alegría.

A mi novio Nixon gracias por motivarme día a día a seguir y nunca rendirme.

## **DEDICATORIA**

Le dedico este logro a Dios porque me ha dado salud a mí y a los míos. A mis padres quienes amo y son los pilares importantes en mi vida, a mi familia que siempre han estado conmigo y me han dado motivación para seguir y nunca rendirme.

## TABLA DE CONTENIDO

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| AUTORÍA.....                                     | ii                                   |
| AGRADECIMIENTO.....                              | iii                                  |
| DEDICATORIA .....                                | iv                                   |
| RESUMEN.....                                     | vii                                  |
| INTRODUCCIÓN .....                               | 9                                    |
| 1.1. Presentación del tema de investigación..... | 9                                    |
| 1.2. Planteamiento del problema .....            | 10                                   |
| 1.3. Justificación.....                          | 12                                   |
| 1.4. Objetivos .....                             | 13                                   |
| 1.4.1. Objetivo general .....                    | 13                                   |
| 1.4.2. Objetivos específicos.....                | 13                                   |
| MARCO TEÓRICO.....                               | 14                                   |
| 2.1. Bases teóricas .....                        | 14                                   |
| 2.2. Antecedentes de la investigación .....      | 22                                   |
| 2.4 Marco Legal .....                            | 25                                   |
| METODOLOGÍA .....                                | 28                                   |
| 1.5. Área de estudio.....                        | 28                                   |
| 1.6. Materiales y métodos .....                  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| 1.7. Análisis de muestras.....                   | 30                                   |
| 1.8. Variables .....                             | 31                                   |
| RESULTADOS.....                                  | 31                                   |
| DISCUSIÓN .....                                  | 37                                   |
| CONCLUSIONES .....                               | 41                                   |
| RECOMENDACIONES .....                            | 42                                   |
| 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....              | 40                                   |
| ANEXOS.....                                      | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| Tabla 1. Bioplásticos vs Plásticos tradicionales .....   | 17                                   |
| Tabla 2. Medición de temperatura, humedad relativa y pH del suelo durante 74 días de muestreo. ....                    | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos del suelo. ....   | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Tabla 4. Clase textural del suelo.....   | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Tabla 5. Pesos iniciales y finales de platos elaborados con areca, almidón de maíz y bagazo de caña a los 74 días..... | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |

## ÍNDICE DE FUGURAS

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| Figura 1. Opciones de disposición final de los bioplásticos y plásticos tradicionales. ....     | 18                                   |
| Figura 2. Área de estudio. ....   | 18                                   |
| Figura 1. Modelo de las cuadrantes.....   | 18                                   |
| Fgura 4. Porcentaje de degradación de bioplásticos a los 74 días de haber sido enterrados ..... | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |

## **RESUMEN**

Los bioplásticos son un tipo de plásticos de carácter biodegradable. Pueden ser de origen vegetal o animal y se los utiliza como materia prima, tienden a desintegrarse en partículas más pequeñas al estar expuesto a determinadas condiciones ambientales y bajo la influencia de microorganismos presentes en el suelo. En el Ecuador, el mercado de bioplásticos está creciendo cada vez más, marcando una enorme diferencia y con el propósito de reemplazar el uso de plásticos convencionales y contribuir a la conservación de los ecosistemas. El presente estudio se llevó a cabo con el objetivo de analizar los tiempos de degradación de los productos alternativos a los plásticos de un solo uso.

Para llevar a cabo este estudio, se procedió a hacer un análisis de una muestra de suelo con el fin de medir el tiempo de degradación de platos elaborados a base de bioplásticos de areca, almidón y caña de azúcar. El tiempo de degradación fue de 74 días y se midieron parámetros fisicoquímicos como: pH, temperatura y humedad del suelo, por lo tanto conforme a los resultados se pudo evidenciar que los bioplásticos elaborados a base de almidón tuvo un tiempo de degradación mayor al de bioplásticos de bagazo de azúcar y areca llegando a la conclusión que hay parámetros fisicoquímicos como el cobre, potasio y zinc que influyen de manera directa en los bioplásticos, así como, los microorganismos que se encuentran en el suelo y que actúan como agentes de degradación.

**Palabras claves:** Bioplástico, degradación, parámetros fisicoquímicos.

## **ABSTRACT**

Bioplastics are biodegradable plastics of renewable origin and are used as raw material of plant and animal origin capable of disintegrating into smaller particles when exposed to certain environmental conditions and under the influence of microorganisms present in the soil. In Ecuador, the bioplastics market is growing more and more, making a huge difference and with the purpose of replacing the use of conventional plastics and contributing to the conservation of ecosystems. The present study was carried out with the objective of analyzing the degradation times of alternative products to single-use plastics.

To carry out this study, a soil test was performed to determine the concentration of nutrients in the soil, the percentage of degradation after 74 days was determined, and environmental parameters such as humidity, temperature and pH were measured. From the results, it was evident that bioplastics made from starch had a longer degradation time than bioplastics made from sugar bagasse and areca, reaching the conclusion that there are physicochemical parameters such as copper, potassium and zinc that have a direct influence on bioplastics, as well as the microorganisms found in the soil that act as degradation agents.

**Keywords:** Bioplastics, degradation, physicochemical parameters.

# INTRODUCCIÓN

## 1.1. Presentación del tema de investigación

El consumo de plástico a nivel mundial está ocasionando graves problemas en nuestro planeta. Desde hace mucho tiempo el plástico nos domina diariamente. La relación existente entre la cantidad de plástico que se produce a nivel mundial y su largo tiempo de duración generan un impacto potencial en el medio ambiente en especial a los ecosistemas marinos costeros que son los más afectados (1).

Como alternativa al uso de plásticos se está promoviendo la utilización de bioplásticos, los cuales están elaborados a partir de polímeros naturales tales como celulosa, almidón, residuos agrícolas, almidón de maíz o papa. (2)

Estos son totalmente degradables, con casi las mismas características que los plásticos convencionales ya que estos son flexibles, versátiles y resistentes, actualmente ya son utilizados en la industria textil, agrícola e incluso en la medicina, pero en mayores cantidades en las industrias de envases y embalaje su origen ecológico está provocando que más países quieran adquirir este tipo de productos (2)

Son muchas las alternativas que se están utilizando para reducir los impactos ambientales ocasionados por los plásticos, entre estas alternativas está el aprovechamiento energético, reciclaje. Sus usos son indeterminados y generalmente no poseen un conocimiento real de sus implicaciones y significado (3).

Los polímeros y los aditivos biodegradables son de los que constan los plásticos biodegradables. Según varios estudios indican que existen enzimas y bacterias que se encargan de la transformación de los plásticos biodegradables en biomasa, metano, agua, dióxido de carbono y minerales, después de haberse fragmentado por mecanismos de degradación. (3)

En Europa para poder considerar un plástico compostable este debe ser capaz de descomponerse en fragmentos de 2mm, en un mínimo de 90% en condiciones definidas como máximo en 12 semanas (4).

Para que un material se considere compostable este tiene que tener la capacidad de ser degradado biológicamente es decir por el accionar de organismos produciendo agua,

compuestos inorgánicos, biomasa y CO<sub>2</sub> durante un periodo de tiempo controlado. En el ambiente, esta transformación se da de manera constante convirtiendo al humus y que es muy importante para el correcto mantenimiento de los ecosistemas (5).

El compostaje es el proceso de aceleración controlada de la desintegración de los materiales orgánicos y productos que se conocen como composta la diferencia principal entre compostable y biodegradable se centra en las condiciones y tiempo de degradación. En el mercado actual existen productos que se realizan con materias primas renovables sin embargo también existen polímeros sintéticos que son certificados como compostable (6).

## **1.2. Planteamiento del problema**

La contaminación por plásticos es un problema latente debido a que el contenido del mismo es de material semisintético y sintético de fácil manejo y moldeable creado con polímeros compuestos. A más de eso posee sustancias que se derivan del crudo (petróleo) (7).

Los plásticos convencionales no se degradan y a excepción de los plásticos PET hay otros que se pueden reciclar. Por lo tanto, es difícil que se degraden en el ambiente, generando más desechos sólidos en diferentes ecosistemas (sobre todo el mar) haciendo que se acumulen conforme pasan los años. Hay diferentes tipos de plásticos convencionales están los HDPE (polietileno de alta densidad) PVC (policloruro de vinilo) LD (polietileno de baja densidad) PP (polipropileno)

En casi todas partes el plástico está presente, desde envases de productos, ingredientes de cosmetología, en el material textil, juguetes, materiales que sirven para construcción y una infinidad de materiales más (8). Se estima que entre, 5 y 50 billones de fragmentos de plástico, navega por los mares sin incluir los trozos que hay en el fondo marino o en las playas. El 80% proviene de tierra firme. Aproximadamente el 70% se queda en el fondo marino, el 15% en la superficie, y el otro 15% en la columna de agua (9).

Más de 3 mil son las sustancias químicas que se asocian a los plásticos y más de 60 se clasifican como de alto riesgo para la salud, debido a que algunas cumplen las características de ser bioacumulables, persistentes y tóxicas (10).

La facilidad y el costo del plástico a la hora de fabricar y su perduración en el tiempo hacen que se produzca este material en altos volúmenes y sea uno de los principales aliados de la contaminación. Sin embargo, este material no puede descomponerse de manera fácil y se necesita mucho esfuerzo para que esto ocurra (11).

Los impactos ocasionados por el plástico son varios, entre ellos el desplazamiento de ciertas especies de animales, plantas y causar variaciones en los ecosistemas. Algunos tipos de plásticos producen contaminación en el aire debido que cuando se incineran para “reducir la cantidad de plástico” emana ciertas toxinas, y los vientos son los que se encargan de esparcirlo alrededor de toda la atmosfera convirtiéndolo así en un problema macro (11).

La contaminación terrestre por partículas de plástico es mayor que la de los mares se considera que es de 4 a 23 veces más, dependiendo el entorno y el lugar (12).

Los microplásticos afectan de manera negativa al desarrollo de micro artrópodos y lombrices repercutiendo de sobre la actividad bacteriana en los suelos, y hasta convirtiéndose en transportadores de contaminantes orgánicos e inorgánicos (11)

A escala humana el suelo es un recurso no renovable y cada día se ve amenazado por sobreexplotación, contaminación, cambio climático y otros, pero a esto ahora se ha aumentado la amenaza de los microplásticos empeorando la calidad del suelo, y dando como consecuencias futuras perdidas de productividad a corto y largo plazo (11)

La comunidad científica investigadora, a través de estudios como el presente, permite conocer realidades a nivel mundial y local, impulsando así acciones concretas en pro del ambiente.

Realizar esta investigación resulta importante y a más de eso interesante para poder así comprobar que cumplan con las características de productos que son considerados como ecoamigables o que su materia prima sea de origen orgánico. Comprobar y corroborar el tiempo de degradación de estos productos para verificar si son considerados como ecoamigables o que su materia prima sea de origen orgánico, con el fin de comprobar que estos productos no dañan el medio ambiente y puedan ser reemplazados de los plásticos cotidianos

### **1.3. Justificación**

Debido a sus características como su compra, producción y a su valor económico, se da la excesiva e inconsciente utilización de los plásticos, con una generación de aproximadamente 280 millones de toneladas al año que con el pasar del tiempo va en aumento acumulándose y causando grandes daños en la naturaleza, siendo el causante de muertes, contaminación y deterioro del ecosistema que nos rodea.

Se dice que para que los plásticos se degraden deben pasar cientos de años, sin embargo, se ha comprobado que estos no se degradan, lo que hacen es destituirse en micro partículas que con el paso del tiempo siguen contaminando (13).

Cuando no existe un proceso de degradación en los productos estos pueden representar un gran peligro en el ambiente debido a que no solo es su tiempo de degradación, sino que también expulsan sustancias contaminantes y altamente tóxicas (13)

Resulta de gran importancia realizar este estudio para así poder comprobar si los bioplásticos o los plásticos amigables con el ambiente que se realizan con materia prima orgánica cumplen realmente con el tiempo de degradación que indican en marketing de ventas y si realmente son eco amigables.

La contaminación de plásticos en el Ecuador ha aumentado durante los últimos años en casi todos los productos generados por las diferentes industrias de consumo en el mercado nacional.

Los productos que no son biodegradables tardan cientos de años en desaparecer por cuenta propia, razón por la que el hombre tiene que intervenir con varios procesos para su degradación o eliminación, sin embargo, muchos de estos procesos suelen ser inadecuados o generan consecuencias negativas para el ambiente, a causa de la emisión de gases tóxicos y contaminación en el medio terrestre e incluso acuático (11)

Si realmente estos productos amigables con el ecosistema cumplen con su tiempo de degradación sería una alternativa para poder minimizar el impacto de los plásticos de un solo uso.

El mercado de bioplásticos en el Ecuador en la actualidad está creciendo son más los emprendimientos e incluso empresas que hacen usos de estos implementos alternativos

que son hechos a base de, bagazo de caña, restos de frutas, bambú entre otros tipos de materiales de origen orgánico. Experimentar y comprobar si cumplen con lo que caracteriza a un producto biodegradable o de compostable sería el inicio para convertir un Ecuador con reducido o incluso libre de plásticos y con ello la mejora y conservación de ecosistemas y de con ello todos los individuos que se relacionan con él.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Analizar los tiempos de degradación de los productos alternativos a los plásticos de un solo uso a fin de comprobar si cumplen con su tiempo de degradación y representan una alternativa para poder minimizar el impacto de los plásticos tradicionales.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Realizar un experimento con los materiales biodegradables para comprobar si cumplen con su tiempo de degradación.
- Medir la concentración de parámetros fisicoquímicos del suelo para determinar su incidencia en el tiempo de degradación de los productos alternativos a los plásticos de un solo uso.
- Comparar la información de los datos obtenidos en el experimento a fin de determinar que material biodegradable se degrada más rápido y su posible uso en sustitución de los plásticos tradicionales.

# CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

## 2.1. Bases teóricas

### Los plásticos y sus impactos en el medio ambiente

Se considera como plásticos a varias sustancias que tienen estructura molecular y características físicas y químicas semejantes, tiene como característica principal la flexibilidad y elasticidad durante varios periodos de temperatura, lo cual permite ir moldeando y adaptándose a diferentes formas. Su nombre proviene de plasticidad haciendo referencia a su facilidad por adoptar diferentes formas (1).

Los primeros plásticos que se obtuvieron fueron producto de materiales orgánicos, el pionero en crear estos productos fue John Wesley Hyatt quien en 1869 elaboró un plástico que obtuvo de celulosa de algodón para sustituir el marfil, de ahí en adelante se crearon otros productos como el celofán y celuloide. En el año 1910 Sergei Lébedev fabricó el primer polímero de caucho sintetizado y desde ahí los plásticos sintéticos empezaron a desplazar a los bioplásticos (14).

Sin embargo, años más tarde en 1936 se empezaron a elaborar materiales plásticos derivados del petróleo que resultaron ser más económicos y más duraderos, en ese sentido, el primero en elaborarse fue el PVC, luego el poliuretano y el poliéster o también llamado PET que es usado hasta la actualidad en la elaboración de botellas plásticas (15).

Los impactos ambientales generados por los plásticos de un solo uso son atribuidos principalmente a su permanencia como contaminantes durante largo períodos de tiempo. Actualmente las industrias están sustituyendo los productos obtenidos a partir de petróleo por aquellos que están compuestos de fibras naturales, asegurando que estos materiales son compuestos y de corto período de degradación (14).

Pero durante la crisis del petróleo en el año 1973 se evidenció la alta dependencia que se tenía de los productos hechos a base de esta sustancia y la empresa Imperial Chemical Industries empezaría nuevamente a elaborar plásticos biodegradables (15).

Estos productos eran más costosos que los que se obtenían de petróleo, sin embargo en la década de los noventa el interés por la elaboración de bioplásticos se incrementa debido a la alta preocupación de diversas empresas y grupos ecologistas al insistir que los

productos convencionales generan serios impactos en el ambiente (16). Según la versión de varios autores, durante la producción de bioplásticos se reducen entre 0.8 y 3.2 toneladas de las emisiones de dióxido de carbono que se liberan durante la producción del plástico convencional (14).

En el año 2015 la industria de los bioplásticos se incrementó llegando a producir alrededor de 1.7 millones de toneladas del producto a nivel mundial y hoy en día la industria de bioplásticos se ha extendido a otros mercados llegando a fabricarse envases, juguetes, alfombras e incluso componentes eléctricos convirtiéndose en una alternativa sustentable en la que muchos sectores han apostado (16).

Un producto biodegradable tiene la capacidad de descomponerse en un tiempo determinado. Es un proceso en el cual estos materiales cambian de estructura tanto física como químicamente y hasta quedar en los elementos que los componen como es el C y el H los cuales fácilmente regresan de nuevo a la naturaleza (17).

Las variantes durante un proceso de degradación es la disminución en espesor, peso, resistencia inicial y aparición de la banda de absorción del grupo carbonilos la cual indica el comienzo de la degradación (18).

En presencia de una elevada temperatura y de oxígeno se realiza el compostaje. Bajo específicas y controladas especificaciones el producto se degrada debido a la actuación de microorganismos convirtiéndolo en compost, el mismo que es utilizado en la industria forestal (19).

Entre los requisitos para considerar y valorizar un producto mediante compostaje y biodegradación. Según la norma EN 13432 deben cumplir con lo siguiente (20):

- Que el 90% de su masa total sea degradada en máximo 6 meses.
- Que los tamaños de sus partículas fragmentadas no sean mayores a 2mm x 2mm luego de 12 semanas.
- No contener metales pesados
- Controlar la ecotoxicidad del humus.

Los microorganismos pueden descomponer un producto biodegradable, sin embargo, eso no significa que el abono obtenido de aquí sea de buena calidad es decir no se certifica ni

asegura que puede ser compostable. Un producto biodegradable no siempre es compostable, sin embargo un producto compostable siempre es biodegradable (21).

Si los productos biodegradables tienen como destino final los depósitos de compost y no en los vertederos donde se da la descomposición aeróbica la materia se transforma en CO<sub>2</sub> y agua sin liberar metano (22).

### **Diferencias entre los bioplásticos y plásticos de un solo uso**

Los **bioplásticos** son materiales que se certifican como biodegradables y que son de origen renovable. De esta manera, se los utiliza como materia prima principal en los recursos animales, agrícolas y forestales. En la actualidad los grupos de polímeros que se consideran como bioplásticos son los PLA (Ácido poli-lácticos); almidón y almidones complejos; el PHA (poli-hidroxi-alcanoato) y algunos poliésteres de origen sintético que son de origen petrolífero (23).

Los bioplásticos pueden ser elaborados con recursos renovables, tanto de origen vegetal como de origen animal y su estructura química es la que lo convierte en un polímero biodegradable respecto a un polímero convencional, lo cual permite que pueda ser desintegrado por microorganismos como hongos o bacterias. Existen cuatro tipos de bioplásticos de los cuales: fotodegradable, semi-degradables, biodegradables sintéticos y completamente biodegradables naturales (24).

Los plásticos fotodegradables son aquellos que se desintegran en partículas más pequeñas con los rayos de luz ultravioleta, al estar expuestos varias semanas o meses y en otros casos se pueden degradar por la intervención de bacterias cuando estos son susceptibles a estos microorganismos. Los plásticos semi-degradables están formados por azúcares entrelazados con fragmentos de polietileno, en este caso el proceso de degradación se da por la acción de bacterias que desintegran los azúcares dejando libre el polietileno (24).

Los plásticos sintéticos biodegradables son fabricados a partir del alcohol polivinílico y su estructura es bastante parecida a la del polietileno y al ser un polímero hidrofílico es soluble en agua y los plásticos completamente biodegradables naturales se degradan por la acción directa de microorganismos hasta convertirse en CO<sub>2</sub>, agua, metano y biomasa en un tiempo determinado (24).

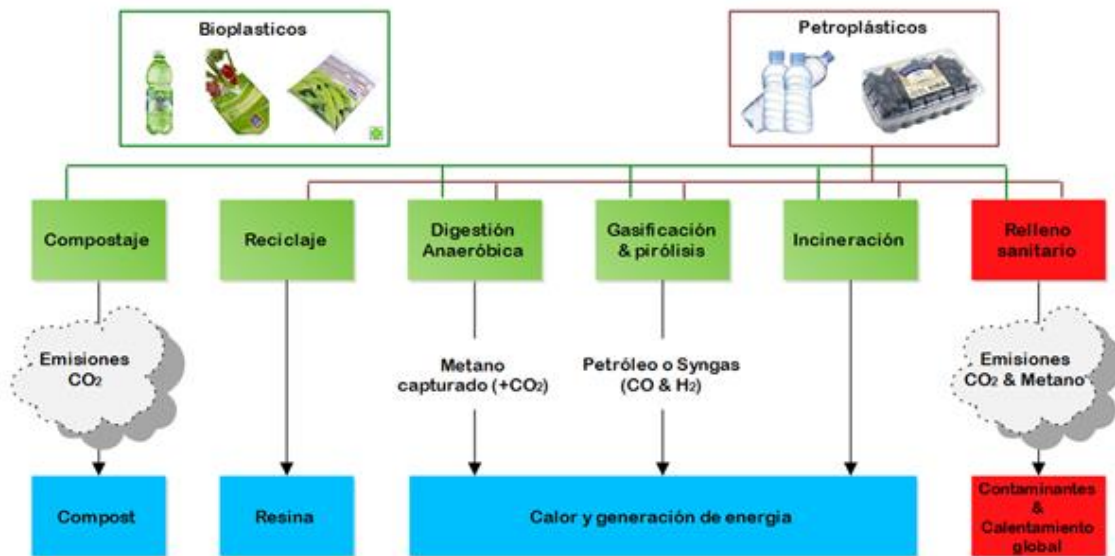
**Tabla 1.** Bioplásticos vs Plásticos tradicionales

| <b>Bioplásticos</b>   | <b>Plásticos tradicionales</b>  |
|---|---|
| Disminuye la dependencia de combustibles fósiles  | Requieren combustibles fósiles para elaborar materia prima  |
| Reduce la huella de carbono   | El porcentaje de emisiones es cuatro veces mayor al de los bioplásticos   |
| La materia prima de estos objetos puede ser reciclado o recuperado para elaborar nuevos productos   | No todos se pueden reciclar y aunque fuera así generan un impacto ambiental negativo debido a su composición química                                    |
| En la disposición final, la mayoría de los bioplásticos generan dióxido de carbono, sin embargo, este junto a otros componentes se pueden reutilizar para hacer compost | La disposición final es por medio de rellenos sanitarios, donde produce emisiones de metano y dióxido de carbono que contribuye al calentamiento global |

Fuente: (15)

Los **plásticos tradicionales** se han convertido en un problema cada vez más preocupante, pues la mayoría no se pueden reciclar y por lo general terminan en vertederos o formando parte de los ecosistemas por acción del viento. Por el contrario, los bioplásticos tienen múltiples formas de disposición final y por esta razón se convierten en objetos que pueden reutilizarse o recuperarse (15). A través del siguiente gráfico se puede observar la disposición final de ambos productos (gráfico 1).

**Figura 1.** Opciones de disposición final de los bioplásticos y plásticos tradicionales.



### Los microplásticos

Estos son partículas plásticas las cuales tienen un tamaño no mayor 5 mm o 1/5 de pulgada. Se originan principalmente de la degradación de plásticos de gran tamaño que son creados con polietileno (ya sean botellas o bolsas plásticas), nylon, polipropileno (telas), poliestireno (contenedores de alimentos), entre otros (18).

Los microplásticos generan serios impactos ambientales en los ecosistemas generando problemas de bioacumulación en invertebrados, zooplancton y peces cuando se trata de ecosistemas marinos, en cambio en el medio terrestre se suele acumular en el suelo. Ciertos estudios indican que los seres humanos están ingiriendo microplásticos por medio de los alimentos, cosméticos o productos de aseo personal, puesto que la mayoría de estos artículos vienen envueltos en materiales de plástico y se cree que debido a la adsorción de compuestos hidrofóbicos contaminantes (PCBs o PAHs), la presencia de antimonio o monómeros pueden generar graves riesgos a la salud humana (28). De hecho hay muchos de estos productos cosméticos que serán prohibidos por la Unión Europea en el transcurso del año 2021 y en cuanto a la seguridad alimentaria ya existen proyectos en los cuales se ha analizado el efecto que estos compuestos generan en la salud humana y por lo tanto son objeto de investigación por parte de la Agencia de Seguridad Alimentaria (EFSA) (28).

## **Degradación**

La degradación es el proceso mediante el cual un material polimérico sufre modificaciones en su estructura, siendo estos cambios no deseados en las propiedades y el uso del material, produciendo una reducción de la masa molar del polímero y en varios cambios, cambios en su estructura química (25).

En relación a la reacción que sufren los plásticos con el ambiente, existe una clasificación tomando en cuenta su reacción frente a temperaturas elevadas, clasificándolos en termoestables y termoplásticos. Los materiales termoestables son aquellos que una vez que se calientan, reaccionan irreversiblemente, es decir que las aplicaciones posteriores de calor y presión no los hacen fluir ni los ablandan. Por lo que su temperatura de aplicación superior se encuentra por encima de la de su moldeo (25)

Los termoplásticos son aquellos materiales que fluye y se ablandan con la presencia del calor y la presión. De tal manera, que los materiales termoplásticos pueden remodelarse en varias ocasiones, sin embargo, la degradación química constituye un limitante en el número de ciclos de moldeo. Por otro lado, presentan una desventaja, la cual se evidencia cuando son expuestos a elevadas temperaturas y sufren distorsión (25).

## **Biodegradación y degradación ambiental**

La biodegradación hace referencia a la descomposición y asimilación de los polímeros a través de los organismos vivos, particularmente por microorganismos como bacterias, hongos y actinomicetos, mientras que la degradación ambiental se refiere a la descomposición o degradación por la cual atraviesan los polímeros a causa del efecto acumulado y combinado del oxígeno, la luz, el agua, el calor, los microorganismos, los animales, los insectos, la contaminación química, la lluvia, el tráfico de vehículos, los efectos mecánicos del viento u otras fuerzas similares (24).

## **Materiales Biodegradables**

Los productos biodegradables son aquellos que tienen la capacidad de descomponerse, de manera relativamente rápida, segura y por medios biológicos en las materias primas de naturaleza y poder desaparecer en el medio ambiente. Hay una gran variedad de productos que pueden ser líquidos biodegradables en el agua o sólidos biodegradables en el suelo (los llamados compostables) (26).

Para la fabricación de plásticos biodegradables se utiliza generalmente almidón obtenido el maíz, trigo o papas, porque presentan ciclos cortos con alto rendimiento productivo, requieren baja cantidad de agua y contribuye al desarrollo agrícola, además es un recurso renovable (27). Entre sus principales beneficios tenemos (27):

- Después de ser incinerados o reciclados generan agua, dióxido de carbono y metano con posibilidad de producir nueva biomasa que no representa un efecto adverso para el medio ambiente.
- Su tiempo de degradación es de aproximadamente 1 a 5 meses y los nutrientes que se obtienen son utilizados por otros microorganismos.
- No generan residuos.
- Reduce la deforestación, el consumo de energía y el consumo de agua.

La biodegradabilidad consiste en procesos por medio de los cuales los microorganismos transforman el bioplástico en agua, dióxido de carbono y biomasa, estos procesos incluyen dos categorías: biodegradación primaria y biodegradación secundaria (24).

En la biodegradación primaria, las moléculas experimentan una alteración estructural en su molécula original, por lo tanto, pierde sus características fisicoquímicas, mientras que en la biodegradación secundaria, las sustancias químicas son metabolizadas por microorganismos como fuente de carbono y energía, hasta transformarlos en compuestos inorgánicos mediante procesos aerobios o anaerobios. Los factores que influyen en el proceso de degradación son las condiciones del medio, en este caso puede ser: pH, temperatura, humedad, peso molecular del polímero, enlaces químicos que son susceptibles a degradarse con el agua, características y cantidades del microorganismo (24).

### **Materiales biocompostables**

Son cuando los productos luego de ser utilizados se pueden convertir en abono orgánico o compost debido a la acción del hombre ya que este hace que sea más rápido y los tiempos sean cortos en cuando a biodegradarse en la naturaleza. Todos los materiales que tienen como propiedad ser compostable son biodegradables ya que se pueden transformar mediante la acción del medio ambiente (25).

Hace referencia a aquellos materiales que se degradan de forma biológica a través de un proceso conocido como compostaje, con la finalidad de producir CO<sub>2</sub>, biomasa, agua y compuestos inorgánicos a una velocidad semejante a la de otros productos compostable en entornos o situaciones de compostaje comercial o industrial, y a su vez no dejar residuos distinguibles o visibles. Generalmente, el compostaje es realizado como un proceso para el reciclado de la materia orgánica (residuos alimenticios o alimentos) de los residuos sólidos domésticos (25).

### **Métodos de reducción de plásticos en el ecosistema**

Actualmente existen métodos a través de los cuales es posible eliminar la masa residual plástica, evitando su acumulación en los diferentes ecosistemas. Entre los principales métodos que se suelen utilizar para reducir la cantidad de plásticos se destaca el reciclaje.

### **El reciclaje**

En el Ecuador el manejo de envases plásticos está regulado por la norma INEN 2634, a través de la cual se menciona que estos objetos deben cumplir ciertos requerimientos lo largo de su proceso de fabricación, importación, comercialización, recolección, almacenamiento, clasificación, tratamiento y disposición final (18).

En este caso el reciclaje consta de ciertos pasos a lo largo del ciclo de vida del material plástico, en primer lugar para la fabricación de estos materiales se debe clasificar y reducir de tamaño, todos los materiales plásticos deben contener una rotulación para conocer qué tipo de objeto plástico es (18). Es conveniente evitar los materiales que no sean considerados compatibles en el proceso de reciclaje (como por ejemplo las tapas), luego se procede a la gestión de desechos e donde se separan los residuos plásticos de los desechos inorgánicos y se procura no juntar materiales cuya finalidad haya sido la acumulación de disolventes, hidrocarburos o productos tóxicos con aquellos que han sido utilizados para el almacenamiento de productos alimenticios (18).

Luego se recolectan los desechos plásticos y se procede a transportarlos para luego ser almacenados y clasificados de acuerdo a los componentes primarios que se hayan utilizado para su fabricación, lo cual está presente en el símbolo y código que tiene el envase al reverso (18). Por último, se procede al procesamiento del plástico, por medio

de métodos de pulverizado, lavado, molido, peletizado con el propósito de obtener nueva materia prima.

Aquellos plásticos que no se pueden reciclar de manera convencional son incinerados o confinados.

## **2.1 Antecedentes**

Para sustentar de manera teórica la presente investigación se efectuó una revisión de estudios previos a nivel internacionales, nacional y local que se relacionan con el tema propuesto entre los cuales se destacaron los siguientes:

En México en el año 2015, que tuvo como objetivo verificar que las bolsas biodegradables de copoliéster hechas a bases de almidón alcanzaban niveles de degradación y desintegración según lo establecido por la ley bajo condiciones reales. Para este estudio se hicieron dos ensayos: uno de laboratorio y otro realizado en dos plantas de compostaje, se determinaron parámetros fisicoquímicos antes y después del experimento, porcentajes de desintegración y calidad de los nutrientes para ser considerados en actividades agrícolas.

De los resultados obtenidos se constató que las bolsas alcanzaron un porcentaje de degradación de 94,37% en la planta de compostaje con pila volteada y un porcentaje de degradación de 86,36% en una planta de compostaje de túnel estático. Conforme a estos resultados se dedujo que no existían diferencias significativas entre las dos técnicas de compostaje, se halló la presencia de metales pesados en las muestras y se observó que había diferencias significativas entre la materia orgánica total, los nutrientes y el porcentaje de desintegración de la muestra, sin embargo, los metales pesados estaban dentro de lo que establece la ley mexicana. De este estudio se concluyó que los metales pesados no tenían ninguna influencia en el proceso de degradación de las muestras y que no hubo diferencias significativas entre las técnicas de compostaje y el porcentaje de degradación de las muestras (30).

Un estudio realizado en México por Rabell M., et.al. en el año 2013, se llevó a cabo con el objetivo de evaluar la degradabilidad de plásticos en un periodo de 45 días. La metodología que se llevó a cabo consistió en diseñar un sistema de compostaje con un sistema de aireación artificial y natural para que las condiciones anaerobias generen la

biodegradación y para evaluar la degradación se utilizó el índice de carbonilo con un espectrofotómetro. Conforme a los resultados se pudo destacar el cambio que experimentó el valor del pH debido a la acción que ejercen las bacterias, también el valor de la temperatura alcanzó un valor de 60 °C, la cual fue disminuyendo conforme iba avanzando el proceso de degradación, el cambio de color y textura del sustrato y el exceso de humedad durante las primeras semanas del experimento concluyendo que se pueden combinar factores bióticos y abióticos para propiciar la degradación de materiales oxobiodegradables (31).

Del mismo modo, un estudio se realizó en Guatemala por Iguardía en el año 2013 en Guatemala, con el objetivo de determinar si el almidón de banano verde se puede considerar como materia prima para la síntesis de bioplástico y caracterizar a este material para buscar nuevas alternativas en la producción de nuevos insumos que sustituyan a los plásticos. Como metodología, se procedió a recolectar la materia prima y extraer el almidón, luego se procedió a identificar el almidón y finalmente se procedió a plastificar la muestra. Al bioplástico generado se le realizó pruebas de degradación y pruebas fisicoquímicas para descartar posibles intoxicaciones con el material, para este experimento se hicieron alrededor de cuatro ensayos y de estos se escogió el que mejor resultados obtuvo.

De los resultados se pudo destacar que una de las formulaciones resultó ser altamente degradable en agua y con un porcentaje promedio al dejarlo en la intemperie, poco duro, maleable y flexible, ideal para ser considerado en aplicaciones industriales para la elaboración de materiales de empaque, bolsas, cajas, platos, vasos y cubiertos, llegando a la conclusión de que esta fórmula puede ser utilizada a futuro para la elaboración de distintos artículos (32).

En Colombia se llevó a cabo otro estudio por Merchán junto a otros colaboradores, en el año 2009 teniendo como objetivo analizar la biodegradación aerobia de distintas formulaciones de almidón termoplástico a base de almidón de maíz y glicerina. Para lo cual se tomó en cuenta la producción de muestras, se hizo un montaje de la prueba de biodegradación por titulación de CO<sub>2</sub> y se hizo una evaluación de la biodegradación por medio de un registro fotográfico. De los resultados se obtuvo que las muestras que contenían mayor cantidad de glicerina fueron las que tuvieron mayor porcentaje de degradación en un 40% debido a la influencia de la humedad y la temperatura, llegando

a la conclusión de que el proceso de degradación está directamente relacionado con la capacidad de retención de agua que presente el material, porque crea zonas amorfas que propician el ataque de microorganismos (33).

En el Ecuador también se han realizado estudios acerca de la biodegradabilidad de bioplásticos, como es el caso de uno que se llevó a cabo en Manabí por Barreiro y Coronel en el año 2021 el cual tuvo como objetivo general evaluar diferentes porcentajes de bagazo de caña de azúcar y almidón de yuca como un sustituto del poliestireno para la fabricación de platos biodegradables. Para la metodología se utilizó un tratamiento completamente al azar con niveles de 15%, 25% y 35% para el porcentaje de la caña de azúcar y el almidón de yuca, se hicieron análisis estadísticos para medir el tiempo de degradación del plato, el valor de la dureza, deflexión, fracturabilidad y color.

Conforme a los resultados se comprobó que no existían diferencias significativas entre las muestras, excepto la muestra que tenía 25% de bagazo de caña y 25% de almidón de yuca, no se observó toxicidad en las muestras, el color no influyó en los tratamientos, dando lugar a un biopolímero hecho a partir de estos dos materiales en laboratorio, llegando a la conclusión de que los platos con una mejor biodegradación en un periodo de 45 días son los que están elaborados a base de 25% de bagazo de caña de azúcar y 25% de almidón de yuca (34).

Otro estudio que se realizó en Quito estuvo a cargo de Huang y Almeida en el año 2015 el cual tuvo como objetivo estudiar la degradación de los diferentes tipos de bolsas plásticas comerciales oxo-biodegradables y fundas de papel. Como metodología se hicieron ensayos de compostaje durante 32 semanas sin contacto a la luz, y con el uso de humus comercial fresco y húmedo, con una temperatura ambiente, basándose en el análisis de sólidos totales orgánicos y observaciones visuales.

De los resultados obtenidos se pudo evidenciar que las únicas fundas que se biodegradaron totalmente durante este tiempo fueron las de papel mientras que las oxo-biodegradables no mostraron ninguna señal de biodegradación, su baja biodegradabilidad evidencian que estas fundas son distribuidas como biodegradables, pero son simplemente fundas normales de con un aditivo pro-oxidante, llegando a la conclusión de que las fundas oxo-biodegradables no deberían ser consideradas así, pues de acuerdo al experimento se degradaron por acción del calor y los rayos ultravioletas (17).

En otro estudio realizado con bolsas plásticas biodegradables en el año 2016, en Colombia que tuvo como propósito evaluar la biodegradabilidad por exposición al ambiente de bolsas plásticas degradables. Para este estudio se estudiaron tres parámetros: pérdida de masa, absorción de agua, de humedad, resistencia mecánica y finalmente mediante un análisis estadístico de las muestras se obtuvo una base de datos que permitió obtener los resultados. De los resultados obtenidos se pudo corroborar que las bolsas plásticas 74% en la semana seis, además absorbieron en un 73,9% el agua en un tiempo de una hora y en cuanto a la resistencia mecánica se pudo certificar que el valor final fue de 8,1 Mpa disminuyendo en un 57% respecto al valor inicial. De los análisis estadísticos se obtuvo que las tres variables estaban altamente correlacionadas llegando a la conclusión de que las bolsas degradables muestran un mayor porcentaje de deterioro cuando son expuestas al ambiente en relación a las bolsas plásticas convencionales, debido a los aditivos y sustancias químicas con las cuales son fabricadas estas bolsas (35).

## **2.4 Marco Legal**

El presente trabajo investigativo se encuentra enmarcado legalmente en la Constitución de la República del Ecuador (2) en varios de sus artículos, destacándose el art. 14, en donde haciendo hincapié a los problemas ambientales generados por los plásticos de un solo uso, este artículo señala que la población tiene derecho a vivir en un ambiente sano en donde se promueva la sostenibilidad y el buen vivir, la conservación del medio ambiente, de los ecosistemas y la biodiversidad.

En este mismo escenario, **el art.15** establece que el Estado debe promover el uso de tecnologías limpias y energías alternativas que no contaminen el medio ambiente, destacándose la alternativa propuesta en el presente estudio sobre los bioplásticos, los cuales a su vez no alteren la seguridad alimentaria y que representen un bajo impacto para el mismo.

Por otra parte, se resalta el **art. 71** en el cual se magnifican los derechos que tiene la naturaleza y la importancia que representa el cuidado, mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales y procesos evolutivos.

Con base a la problemática de la gestión integral de los plásticos de un solo uso y para evitar o reducir sus impactos en el ambiente la Asamblea Nacional aprobó **la Ley Orgánica para la Racionalización, Reutilización y Reducción de Plásticos de un Solo Uso mediante el registro oficial N° 354.**

En esta ley se sobresalen las prohibiciones a cumplirse en 12 meses establecidas en el **art. 1**, el cual señala que se debe reemplazar o reducir los productos plásticos con productos biodegradables, además en caso de usar productos plásticos convencionales deberá ser reutilizado o reciclado para evitar la contaminación del medio ambiente.

En relación a las políticas y regulaciones de los plásticos de un solo uso, el **art. 2** establecen que deberán aplicar para aplicar técnicas de reciclaje y reutilización del plástico y de esta manera disminuir los impactos que se generen al ambiente. Así mismo se indica el marco normativo para que los GADs municipales implementen estas medidas en su territorio. En este mismo contexto, mediante el **art. 3** se exponen los objetivos de la ley los cuales son:

- Reducir de manera paulatina la fabricación de plásticos de un solo uso dentro del mercado nacional.
- Promover la aplicación de técnicas de reutilización y reciclaje de productos plásticos que sean utilizados para su industrialización.
- Evitar la contaminación de ecosistemas debido a residuos y desechos plásticos.
- Promover el reemplazo de productos plásticos de un solo uso por envases y productos ecoamigables.

Sumando a estos objetivos, el **art. 4** dictamina que a nivel nacional es necesaria la reducción de productos plásticos, especialmente los que representen un impacto negativo para el medio ambiente y la salud humana. La adopción de mejores prácticas ambientales será imprescindible para promover el consumo sostenible de bienes y servicios, cuya finalidad será reducir la contaminación y optimizar el uso racional de los recursos naturales.

Esta ley aplica para el presente estudio porque busca fomentar el desarrollo sostenible, cuyo objetivo es mantener un equilibrio entre el enfoque social, económico y ambiental. En ese sentido la implementación de nuevos productos que sean más ecoamigables con el ambiente conlleva la concienciación ambiental y cultural con respecto al uso de productos biodegradables y con ello asegurar la conservación del ecosistema para las futuras generaciones.

Otro de los componentes legales en el que se enmarca este trabajo, es el **Acuerdo Ministerial 19 (Políticas para gestión integral de plásticos en el Ecuador)**, el cual

menciona que se debe cambiar la manera de consumo de plásticos por la población en general mediante la incorporación de producción más limpia, eficiencia energética y responsabilidad social por medio del principio de prevención y responsabilidad extendida (36).

Con base a la producción de bioplásticos, **el art. 4** se enfatiza que se debe promover la investigación nacional para incorporar el desarrollo y fabricación de bioplásticos y plásticos biodegradables, además de la construcción de laboratorios calificados para verificar que estos materiales no generen impactos negativos en el medio ambiente.

En el art. 8 se refiere que todo el sector industrial y productivo de los materiales plásticos deben hacer un análisis del ciclo de vida de sus productos, evaluando los impactos ambientales potenciales por medio de un inventario del uso de los recursos, energía y generación de emisiones en las entradas y salidas de objeto de estudio, incluir oportunidades de mejora en caso que el producto genere efectos adversos al ambiente.

En el **art. 12** se hace un llamado a la población general para hacer un buen uso de las bolsas plásticas en supermercados, centros de comercio y mercados, estableciendo medidas que aumenten el uso de bolsas reusables.

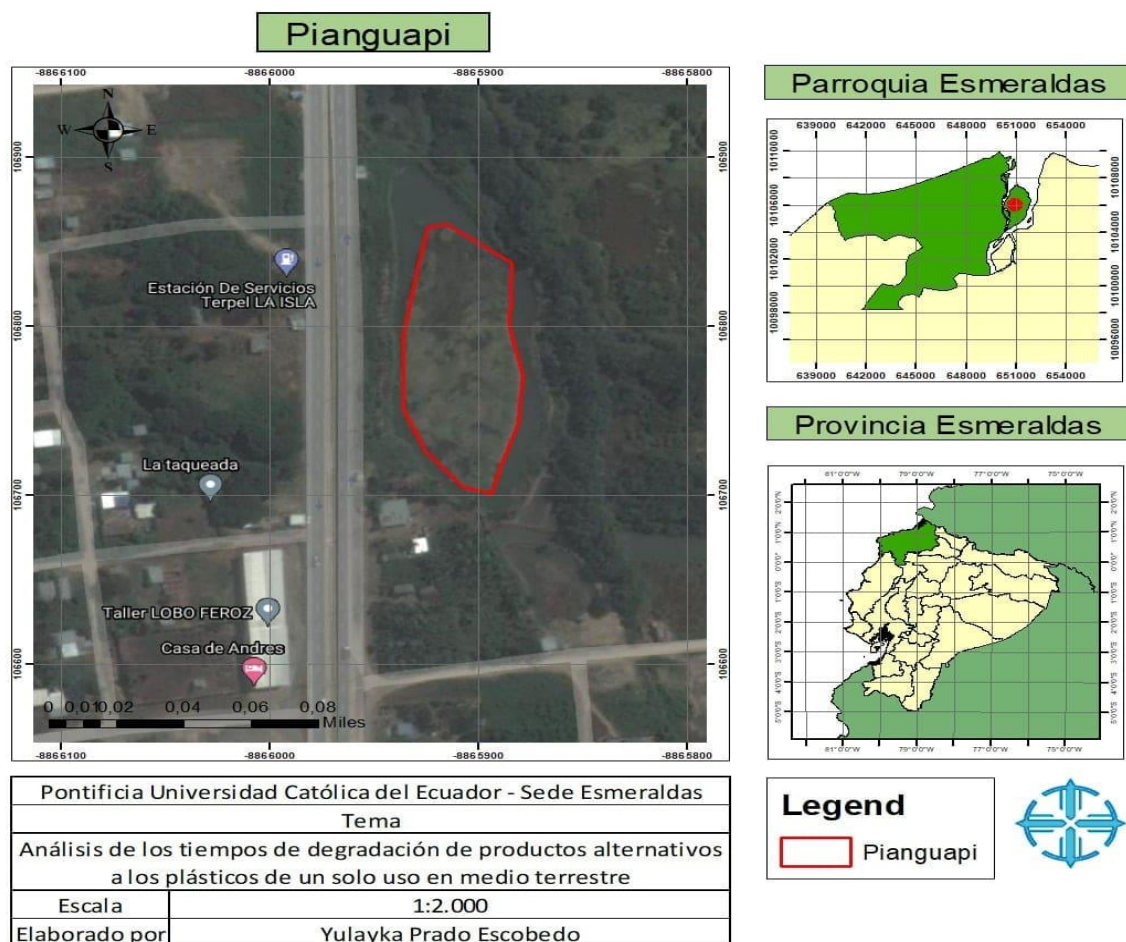
Finalmente, el **Código Orgánico del Ambiente** en su **art. 3** en el inciso 4 y 5 nos habla de desarrollar y elaborar instrumentos para la conservación, viabilidad y reparación de nuestros diferentes ecosistemas y sobre todo un ecosistema constante que no se presenten danos al ambiente de manera habitual.

## CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

### 1.5. Área de estudio

El trabajo experimental fue llevado a cabo en el sector de la Isla Pianguapí, ubicada en la parroquia de Tachina al noreste del cantón Esmeraldas (Figura 2). El sector cuenta con un aproximado de 784 habitantes con una extensión de 100 hectáreas (29).

Figura 2. Área de estudio



### Fase experimental

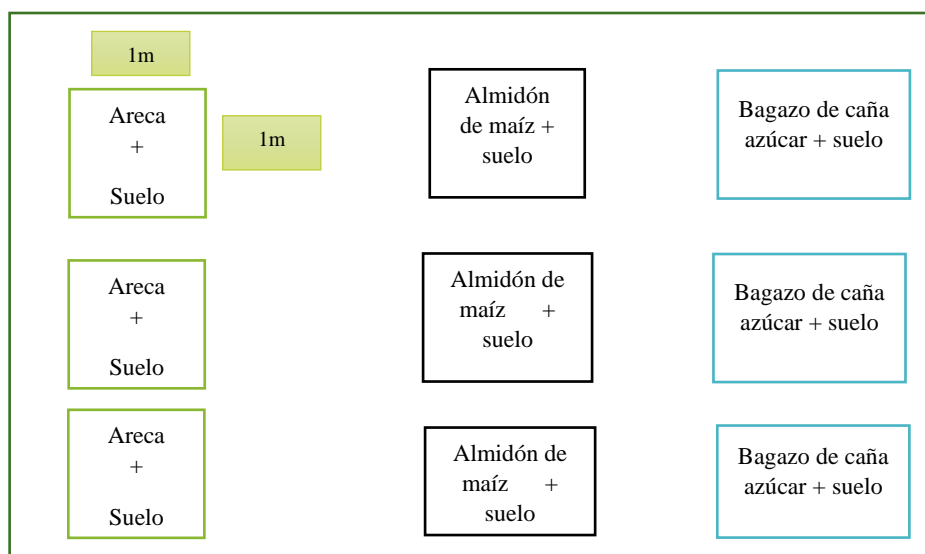
Siguiendo la metodología de ECOEMBES (2009), el método de ensayo del presente estudio consistió en medir el tiempo de degradación de tres artículos bioplásticos en este caso: platos hechos a base de almidón de maíz, platos hechos a base de bagazo de caña de azúcar y platos hechos a base de areca.

El experimento fue realizado en un terreno perteneciente a un miembro del sector de Pianguapí, el cual contaba con unas dimensiones de 18 m de ancho y 20 m de largo. Previo a la experimentación se procedió a adecuar el terreno, para aquello se efectuó una limpieza del todo el lugar. Posteriormente se realizaron nueve cuadrantes de  $1\text{m}^2 \times 1\text{m}^2$  mediante el uso de estacas de 50 cm (36 estacas – 4 estacas por cada cuadrante). Seguidamente el ensayo consistió en hacer en cada cuadrante un hueco de 0,50m con la ayuda de una pala, para seguidamente enterrar los platos hechos a base diferentes bioplásticos (almidón – areca – bagazo de caña de azúcar). Las cuadrantes estaban ubicadas horizontalmente, es decir, los tres tratamientos en una hilera horizontal y sus réplicas de forma vertical, como se observa en la Figura (3). La separación entre cada cuadrante fue de 0,40m (horizontal) y 0,40m (vertical).

En las tres primeras cuadrante se colocaron los respectivos tratamientos (1 plato a base almidón – 1 plato a base areca – 1 plato a base de bagazo de caña de azúcar). Por cada tratamiento se aplicaron 3 réplicas, con la finalidad de obtener resultados más precisos al término del experimento.

Por lo tanto, los platos hechos a base de diferentes bioplásticos y el suelo como tal, fueron las variables del presente estudio y los factores fueron la temperatura, la humedad y el pH. Una vez que se enterraron las muestra con sus respectivas réplicas, se procedió a realizar el análisis del tiempo de degradación durante un periodo de tiempo establecido que fue de 74 días.

**Figura 3:** Modelo de los cuadrantes



## 1.6. Análisis de muestras

Cada 2 semanas con la ayuda de una pala se desenterraron las muestras para comparar cuál de los tres se ha degradado más rápido, para lo cual se procedió a pesar cada uno de los objetos hasta finalizar el experimento, el cual tuvo un periodo de tiempo previamente establecido de 74 días. El objeto (plato a base almidón, areca o bagazo de caña de azúcar) que obtuvo el menos peso al finalizar el ensayo fue el que se degradó más rápidamente (37).

La medición de temperatura y humedad relativa se hizo cada 2 semana a la misma hora (9 am), para evaluar los cambios que experimentaron las muestras a lo largo del experimento y comparar los resultados obtenidos. Para la medición de la temperatura y pH se utilizó un termómetro higrómetro “Soil Survey Instrument”.

Antes de iniciar con la etapa experimental se procedió a hacer un análisis de suelo con la finalidad de conocer la cantidad de nutrientes que este tenía y por medio de información bibliográfica determinar si uno de estos nutrientes influyó o no en el proceso de degradación.

Para aquello se tomó de una de las cuadrante una muestra de 1 Kg a una profundidad de 30 cm, para posteriormente colocarla en una funda correctamente etiquetada y sellada, teniendo en consideración los requisitos del laboratorio de suelo del INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias), ciudad de Santo Domingo; lugar de efectuó el respectivo análisis de las muestras de suelo.

En la muestra se analizaron los siguientes parámetros:

- Nitrógeno (N)
- Nitrato (NO<sub>3</sub>)
- Óxido de fosforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)
- Óxido de Potasio (K<sub>2</sub>O)
- Óxido de Calcio (CaO)
- Óxido de Magnesio (MgO)
- Sodio (Na)
- Azufre (S)
- Zinc (Zn)
- Cobre (Cu)

- Hierro (Fe)
- Manganeso (Mn)
- Boro (B)
- Materia Orgánica (%)
- Carbono (C)
- Humedad %
- Conductividad eléctrica (C.E)
- C/N
- pH

### 1.7. Variables

Las variables dependientes que determinaron los resultados de un estudio de este tipo fueron las siguientes: el tiempo de degradación, sistema de degradación (la muestras y el suelo) (29). La variable independiente en este caso fue el porcentaje de degradación del bioplástico al culminar la fase experimental.

A lo largo del ensayo también se midió ciertos parámetros que permitieron hacer un seguimiento a las muestras, en este caso fueron: temperatura del suelo y humedad relativa (37). El porcentaje de biodegradabilidad en al menos 74 días, así como la desintegración de los objetos demostró que el material se degradó físicamente en mili fragmentos.(38).

La fórmula que se aplicó para determinar el porcentaje de degradabilidad fue el siguiente:

$$\textit{Porcentaje de degradabilidad} = \frac{(Di-Df)}{Di} * 100$$

Donde:

Di: Degradación inicial

Df: Degradación final

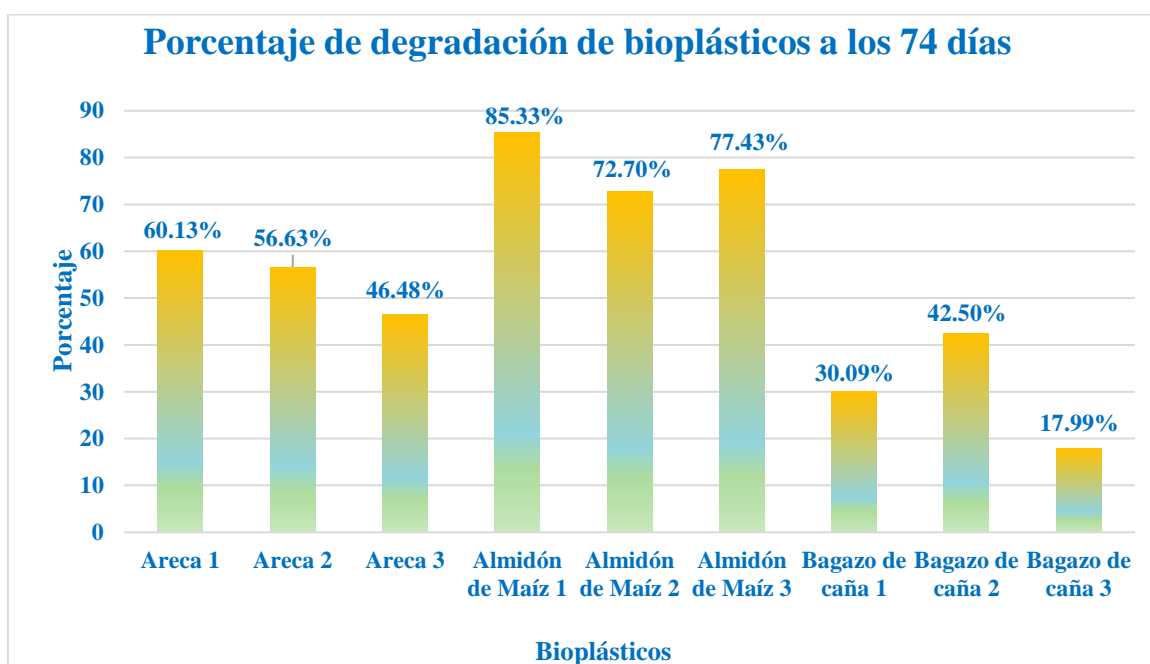
## CAPÍTULOS III: RESULTADOS

En el siguiente apartado se describen los resultados obtenidos a través del diseño experimental realizado en función de cada una de los objetivos planteados.

### 1. Realizar un experimento con los materiales biodegradables para comprobar si cumplen con su tiempo de degradación.

Una vez realizado el experimento se comprobó el porcentaje de degradación que obtuvieron los plásticos alternativos en el tiempo de 74 días que duró el experimento. Tras aplicar el porcentaje de degradabilidad se puede ver que los platos de almidón de maíz se degradaron en un 85,33%, 72,70% y 77,43% a los 74 días de haber sido enterrados. Los platos de areca se degradaron en casi un 50% mientras que los platos de bagazo de caña fueron los que menos se degradaron obteniendo porcentajes menores al 50% (Figura 4).

**Figura 2.** Porcentaje de degradación de bioplásticos a los 74 días de haber sido enterrados



### 2. Medir la concentración de parámetros fisicoquímicos del suelo para determinar su incidencia en el tiempo de degradación de los productos alternativos a los plásticos de un solo uso.

Conforme a los resultados de la Tabla 2, se puede ver que los valores de temperatura a lo largo de los 74 días fueron de 31 °C como dato mayor el 23/06/2021 en los platos de areca, mientras que el menor valor fue de 28 °C durante el 25/05/2021 y 9/06/20221 respectivamente. En el caso del almidón de maíz, los valores se mantuvieron constantes con un valor de 30 °C a lo largo de los 74 días y finalmente se registró el mayor valor en los platos hechos a base de bagazo de caña, pues su temperatura fue de 32°C el 23/06/2021, mientras que el menor valor fue de 29 °C registrado durante el 25/05/2021 y 9/06/2021.

La humedad relativa y el pH se mantuvieron constantes pues el higrómetro marcó como valor de referencia: Wet + lo cual indica que el suelo siempre estuvo húmedo y se mantuvo con un valor > 65% conforme al manual del aparato, mientras que el pH mantuvo valores de 5,5.

**Tabla 2.** Medición de temperatura, humedad relativa y pH del suelo durante 74 días de muestreo.

| Fecha     | Temperatura (°C) |                 |                | Humedad Relativa           | pH  |
|-----------|------------------|-----------------|----------------|----------------------------|-----|
|           | Areca            | Almidón de maíz | Bagazo de caña |                            |     |
| 25/5/2021 | 28,00            | 30,00           | 29,00          | Wet +<br>(Húmedo<br>> 65%) | 5,5 |
|           | 28,00            | 30,00           | 29,00          |                            |     |
|           | 28,00            | 30,00           | 29,00          |                            |     |
| 9/6/2021  | 28,00            | 30,00           | 29,00          |                            |     |
|           | 28,00            | 30,00           | 29,00          |                            |     |
|           | 28,00            | 30,00           | 29,00          |                            |     |
| 23/6/2021 | 30,00            | 30,00           | 32,00          |                            |     |
|           | 31,00            | 30,00           | 32,00          |                            |     |
|           | 30,00            | 30,00           | 32,00          |                            |     |
| 6/8/2021  | 29,00            | 30,00           | 30,00          |                            |     |
|           | 29,00            | 30,00           | 30,00          |                            |     |
|           | 29,00            | 30,00           | 30,00          |                            |     |

Según la Tabla 3 se puede visualizar que el cobre, potasio, calcio y magnesio fueron los parámetros que obtuvieron la concentración más alta con valores de 4,6 ppm, 0,75 meq/100 ml, 13 meq/100 ml, 4,7 meq/100 ml respectivamente. Por otro lado, el azufre, hierro, manganeso y boro fueron los parámetros que obtuvieron una concentración media con resultados de 18 ppm, 5,6 ppm, 0,91 ppm. Mientras que el amonio, fósforo y zinc obtuvieron los valores más bajos.

**Tabla 3.** Parámetros fisicoquímicos del suelo.

| <b>Unidad</b>    | <b>Parámetro</b> | <b>Resultado</b> | <b>Concentración</b> |
|------------------|------------------|------------------|----------------------|
| <b>Ppm</b>       | NH <sub>4</sub>  | 15               | <b>B</b>             |
|                  | P                | 7                | <b>B</b>             |
|                  | S                | 18               | <b>M</b>             |
|                  | Zn               | 1,1              | <b>B</b>             |
|                  | Cu               | 4,6              | <b>A</b>             |
|                  | Fe               | 20               | <b>M</b>             |
|                  | Mn               | 5,6              | <b>M</b>             |
|                  | B                | 0,91             | <b>M</b>             |
| <b>meq/100ml</b> | K                | 0,75             | <b>A</b>             |
|                  | Ca               | 13               | <b>A</b>             |
|                  | Mg               | 4,7              | <b>A</b>             |
|                  | pH               | 7,7              | <b>LAI</b>           |

\*Nota: meq/100 ml (miliequivalentes por litro); ppm (partes por millón); NH<sub>4</sub> (Amonio); P (Fósforo); S (Azufre); Zn (Zinc); Cu (Cobre); Fe (Hierro); Mn (Manganeso); B (Boro); K (Potasio); Ca (Calcio); Mg (Magnesio); B resaltado con negrita (Bajo); M (Medio); A (Alto); LAI (Ligeramente Alcalino).

En la Tabla 4 se observa que de las relaciones catiónicas la que obtuvo el valor más alto fue la de Ca+Mg/K con un valor de 23,6 meq/100ml. El valor de la materia orgánica que se obtuvo fue bajo, por lo tanto, conforme a estos resultados la clase textural del suelo corresponde al tipo limoso.

**Tabla 4.** Clase textural del suelo

| Unidad    | Parámetro | Resultado | Concentración | Clase textural |
|-----------|-----------|-----------|---------------|----------------|
| meq/100ml | Ca/Mg     | 2,7       | -             | Limoso         |
|           | Mg/K      | 6,27      | -             |                |
|           | Ca+Mg/K   | 23,6      | -             |                |
| %         | M.O       | 0,8       | <b>B</b>      |                |
|           | Arena     | 19        | -             |                |
|           | Limo      | 81        | -             |                |
|           | Arcilla   | -         | -             |                |

\*Nota: meq/100 ml (miliequivalentes por litros); Ca/Mg; Mg/K; Ca+Mg/K (Relaciones catiónicas); M.O (Materia orgánica); B (Bajo).

### **3. Comparar la información de los datos obtenidos en el experimento a fin de determinar que material biodegradable se degrada más rápido y su posible uso en sustitución de los plásticos tradicionales.**

Para comparar cuál de los tres se ha degradado más rápido, se procedió a analizar los pesos de cada uno de los objetos al finalizar el experimento, el cual tuvo un periodo de tiempo previamente establecido de 74 días. El objeto (plato a base almidón, areca o bagazo de caña de azúcar) que obtuvo el menos peso al finalizar el ensayo fue el que se degradó más rápidamente

En la Tabla 5 se observa que los platos de areca fueron los que registraron el mayor peso, mientras que los platos de bagazo de caña tuvieron menor peso. Los pesos fueron disminuyendo progresivamente según se observa en la tabla, siendo en este caso el almidón de maíz el que demostrara mayor degradación con respecto al resto, yendo de 23,51 gr a 3,45gr; 17,03 gr a 4,65 gr y de 28,76 a 6,49 gr.

Por otro lado, a pesar de que los platos de bagazo de caña tuvieron un peso inicial menor al resto, demoraron más en degradarse yendo de 17,25 gr a 12,06 gr; 8,8 gr a 5,06 gr y de 18,79 gr a 15,41 gr.

**Tabla 5.** Pesos iniciales y finales de platos elaborados con areca, almidón de maíz y bagazo de caña a los 74 días.

| <b>Peso (gr)</b>                             |              |                        |                       |
|--|--------------|------------------------|-----------------------|
| <b>Fecha</b>                                 | <b>Areca</b> | <b>Almidón de maíz</b> | <b>Bagazo de caña</b> |
| <b>(Pesos iniciales)</b><br><b>25/5/2021</b> | 39,48        | 23,51                  | 17,25                 |
|  | 33,32        | 17,03                  | 8,8                   |
|  | 40,45        | 28,76                  | 18,79                 |
| <b>9/6/2021</b>                              | 30,45        | 21,41                  | 16,02                 |
|  | 31,12        | 13,45                  | 7,25                  |
|  | 32,98        | 19,75                  | 17,25                 |
| <b>23/6/2021</b>                             | 24,45        | 16,47                  | 14,23                 |
|  | 26,12        | 11,78                  | 6,1                   |
|  | 31,56        | 12,45                  | 16,35                 |
| <b>(Pesos finales)</b><br><b>6/8/2021</b>    | 15,74        | 3,45                   | 12,06                 |
|  | 14,45        | 4,65                   | 5,06                  |
|  | 21,65        | 6,49                   | 15,41                 |

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

Los bioplásticos o plásticos biodegradables son materiales elaborados a partir del uso de materias orgánicas adquiridas de fuentes renovables o residuos domésticos diarios como legumbres, plátanos, maíz, yuca, aceite soja, fécula de patata o polisacáridos. Los bioplásticos al estar constituidos de residuos orgánicos pueden ser descompuestos o degradados por los microorganismos, como hongos y bacterias. Las ventajas y los beneficios obtenidos de la descomposición biológica de estos materiales es la generación de productos como CO<sub>2</sub> (beneficioso o perjudicial para el ambiente), agua, u otros biomateriales, que sirven como abono orgánico para el suelo (23). Adicionalmente, y uno de sus beneficios que es motivo del presente estudio, es la reducción de los tiempos de degradación del plástico.

En un estudio que se llevó a cabo en Cuba en el año 2012, el proceso de biodegradabilidad fue de entre 30% y 40% en bioplásticos elaborados a base de almidón de maíz en siete meses de iniciada la prueba, mientras que para los bioplásticos hechos a base de caña de azúcar el proceso más rápido de biodegradabilidad ha sido de solo tres meses (24). Este estudio difiere con el anterior estudio, pues el porcentaje de biodegradabilidad de los platos elaborados a base de almidón de maíz fue de 85,33%, 72,70% y 77,43%, mientras que los platos de bagazo de caña de azúcar mostraron cierta similitud de biodegradabilidad con la del estudio anterior, dado durante este tiempo se registraron porcentajes de 30,09%, 42,50% y 17,99%. Es importante señalar que esta diferencia en los porcentajes de biodegradabilidad puede deberse al período de tiempo utilizado en el experimento realizado en Cuba, dado que el proceso de biodegradabilidad fue analizado en tres meses (92 días), mientras que en el presente estudio fue de 74 días. A esto se debe añadir que las condiciones ambientales de Cuba no se asemejan a las del área donde se llevó el presente estudio.

Del mismo modo, otro estudio que se realizó en Guatemala en el año 2013, para medir el grado de biodegradabilidad de almidón de banano, se obtuvo un porcentaje de degradabilidad de 7,46%, pero esto se debió a que el material fue dejado a la intemperie y no enterrado como en el presente estudio, mientras que al haber sido puesto en agua, este tuvo un porcentaje de biodegradabilidad de alrededor de 90%, indicando que el medio acuoso es el más idóneo para degradar objetos que han sido elaborados a base de

bioplásticos (32). Por el contrario, este estudio concuerda con uno que se hizo en España en el año 2015, donde al aplicarse la misma metodología que en el presente estudio se obtuvo un porcentaje de biodegradación de objetos hechos a base de almidón de maíz de valores comprendidos entre 70% y 97% a 73 días, difiriendo únicamente en un día con el tiempo de degradación del presente estudio que fue de 74 días (39).

De igual manera, en un experimento realizado por Ledesma et al, llevado a cabo en el año 2017 en Merchán (40), se pudo comprobar que diferentes envolturas alimenticias hechas a base de estos bioplásticos se degradaban más rápido al estar en un medio acuoso. Este hallazgo comprobó que en medio acuoso estos bioplásticos se degradaron en un 50% en tan solo 20 días (40). Además, en otro estudio se menciona que los bioplásticos hechos a base de almidón tienen la capacidad de retener mayor humedad y por lo tanto este hecho facilita el cultivo de bacterias y hongos que degradan el almidón (33).

En Manabí (Ecuador), un estudio realizado por Barreiro y Coronel en el año 2021, arrojó entre sus resultados que el bagazo de caña de azúcar presentó un porcentaje de biodegradación de 25% y en otro estudio realizado en México en el año 2013 el bagazo de caña tuvo un porcentaje de degradación de 30% en un periodo de 42 días. A diferencia del almidón, el bagazo de caña posee zonas amorfas que se generan en el proceso de plastificación del bioplástico y por ende esto impide que el material sea atacado fácilmente por microorganismos, sin embargo, inicia su proceso de degradación cuando empieza a generar biogás debido a la acción del material con el medio circundante (34) (19).

Respecto al tiempo de degradación de los platos hechos a base de areca que se utilizaron en la presente investigación, no se encontraron estudios para comparar el tiempo necesario de degradación, sin embargo, lo que se puede resaltar es el hecho de que se degradó más rápido que los platos de bagazo de azúcar. Tras hacer una investigación de las características de los artículos que se elaboran de palma de areca, se afirma que éstos tienen una alta capacidad de impermeabilidad y es resistente a las temperaturas extremas. Sin embargo, se menciona también que existe un riesgo de ataque de microorganismos cuando está constantemente expuesto a ambientes húmedos, es decir que en ambientes húmedos existen la proliferación de microorganismos (hongos y bacterias) que influyen en la degradación de estos materiales

(41).

En ese sentido, tras los hallazgos registrados en el presente estudio, el suelo que se utilizó para enterrar los platos estuvo todo el tiempo húmedo tomando en cuenta que el área de estudio Pianguapí, está influenciado por la presencia del manglar de Esmeraldas y el río Esmeraldas, por lo tanto, debido a la capacidad hidrofílica que tienen los bioplásticos la humedad influenció la degradación de las muestras y este factor pudo haber acelerado su proceso de degradación en un 40% y 70% a los 74 días, porque en este estudio la humedad se mantuvo constante con un valor menor a 65%.

En el presente estudio la humedad relativa a la que estuvieron expuesto mayor al 65%, resultado que registra cierta similitud con el estudio realizado por Huang y Almeida en el año 2015 en Quito, en donde se menciona que el valor óptimo de humedad para influenciar la degradación de los bioplásticos está entre 45% - 60%, sin embargo, al ser un medio frío se tuvo que adicionar agua al sustrato para acelerar la degradación. Luego, se comprobó que la temperatura también tenía influencia en la degradación de las muestras porque durante la semana 13, hubo días más calurosos y se observó una degradación más acelerada que la que se había venido observando durante las 12 semanas anteriores. Esto se debe a un efecto que genera la temperatura cuando tiende a hinchar el gránulo de almidón o las muestras de areca y de bagazo de azúcar y con ello tiende a debilitar los enlaces de hidrógeno entre las moléculas de las muestras creando una región amorfa que da lugar al ataque de microorganismos degradantes, por lo tanto dependiendo qué tan resistente sea el material se generará el proceso de degradación más lento o más rápido (17).

En el presente estudio, la época en la se hizo el experimento fue de verano, por ende, la temperatura también tuvo una importante influencia en la degradación de las muestras, pues se mantuvo con valores de 30 °C a lo largo de todo el estudio, considerando que a mayores temperaturas lo bioplásticos tienden a degradarse más rápido, sin dejar de un lado que los platos fueron enterrados, por lo que hay que plantearse como hubiese sido el proceso de degradación de los platos sin ser enterrados, si a temperatura ambiente y en verano ¿el porcentaje de degradación hubiese sido mayor?.

Conforme a los resultados obtenidos del laboratorio en los análisis fisicoquímicos, algunos de los parámetros tuvieron una alta concentración en el suelo que se analizó, por lo que se supone tuvieron influencia en el proceso de degradación, provocando que la degradación fuera más rápida. En un estudio realizado en Guadalajara – México en el año

2015, se obtuvo como resultado final que metales como el potasio, el cobre y el zinc ejercen una influencia en el proceso de degradación del bioplástico, dado que acelera el proceso de descomposición de estos materiales, especialmente del almidón de maíz (30).

En el presente estudio tanto el cobre como el potasio tuvieron una alta concentración en las muestras de suelo que se analizaron y se cree que esta influencia haya generado un efecto de degradación en los platos, también se obtuvo zinc en las muestras de suelo, solo que estos valores tuvieron una concentración más baja. Con respecto al resto de nutrientes del suelo, no se ha comprobado que tengan una influencia en la biodegradación de los bioplásticos, en cambio, lo que sí se menciona es la importancia de bacterias anaerobias, hongos y actinomicetos presentes en el suelo, y que gracias a sus efectos degradadores tienen la capacidad de desintegrar bioplásticos hasta en un 90% dependiendo del tipo, el tiempo y la cantidad del bioplástico (42).

Uno de los aspectos al finalizar la discusión de los resultados, es el tiempo o el porcentaje de degradación de los productos alternativos a los plásticos de un solo uso. Si bien el porcentaje de degradabilidad para los platos de almidón fue de 77,43%, los platos de areca casi de un 50% y platos de bagazo de caña menores al 50%, es importante señalar que toman su tiempo en degradarse, el cual es muy inferior a los plásticos de un solo uso, cuya composición al derivarse de petróleo hace que su tiempo de degradación sea de 100 a 1000 años, considerando la composición del envase y su tamaño, lo que implica que se emitan grandes cantidades de contaminante al medio ambiente (43).

Con relación al tiempo que se demoran en degradarse los plásticos tradicionales, los bioplásticos empiezan en degradarse en un tiempo promedio de 18 meses (razón por la cual poseen fecha de fabricación) (43), lo cual se vio reflejado en cierta forma en nuestros resultados obtenidos. Pese a aquello, el promedio de degradación de estos materiales no es realmente poco, si tomamos en consideración que el proceso de biodegradación no es fácil, debido a que se requieren condiciones especiales, específicamente las condiciones tienen que ser definidas en términos de microorganismos, parámetros físicoquímicos (temperatura, humedad, entre otros) y sin dejar de lado que cuando son enterrados pueden emitir gases de efectos invernaderos y provocar impactos más perjudiciales para el ambiente que los de un plástico tradicional (43).

## CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

Los materiales biodegradables con los que se experimentó en el presente estudio tuvieron diferentes porcentajes de biodegradabilidad, pues en este caso, los platos elaborados a base de almidón de maíz fueron los que se degradaron con mayor rapidez, seguido de los platos de areca y finalmente los platos de bagazo de caña, debido a las características propias de cada artículo en un tiempo de 74 días.

En este caso el medio de degradación que se utilizó fue el suelo, sin embargo, se ha podido constatar por medio de otros estudios que existen otros medios por los cuales los artículos se pueden degradar con mayor rapidez, asimismo las condiciones ambientales tales como humedad y temperatura influyen en el proceso de degradación.

Con respecto a los resultados de los parámetros fisicoquímicos se pudo evidenciar que el cobre, potasio, magnesio y calcio fueron los metales que presentaron la concentración más alta respecto al resto de nutrientes del suelo. De estos hallazgos se pudo establecer por medio de otros estudios que el cobre, el zinc y el potasio intervienen en la degradación de los bioplásticos.

## **CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES**

Existen otros métodos para medir el proceso de degradación de bioplásticos, por lo tanto, es conveniente que se realicen otros estudios en los cuales se compare cuál es el método más idóneo dependiendo del material, así mismo, es necesario que estos ensayos tengan un tiempo más prolongado para verificar si se degradan en su totalidad o no.

En estudios futuros se deben hacer ensayos bajo condiciones ambientales diferentes y determinar qué cambios se generan, porque de esta manera se conocerá qué bioplástico es más resistente.

Para determinar si los bioplásticos que se están utilizando son aptos para la generación de materia orgánica útil para actividades agrícolas como compost, es necesario que se hagan estudios de suelos antes y después del ensayo, de esta manera se conocerá qué cantidad de materia orgánica y nutrientes se han adicionado al suelo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CAIRPLAS. ¿Qué son los plásticos? 2018. p. 1–3.
2. Asamblea Nacional. Registro oficial N° 354: Ley orgánica para la racionalización, reutilización y reducción de plásticos de un solo uso. 2020 Dec;23. Available from: [https://www.elcomercio.com/uploads/files/2020/12/22/3SRO354\\_20201221.pdf](https://www.elcomercio.com/uploads/files/2020/12/22/3SRO354_20201221.pdf)
3. Kasper M. Residuos plásticos y su impacto ambiental. Global Ideas, Paquete educativo #1 [Internet]. 2017 Dec;35. Available from: <https://www.dw.com/downloads/42980566/180306-dw-global-ideas-cuaderno-1-download.pdf>
4. Martin F. Qué son los bioplásticos [Internet]. Sostenibilidad para todos. 2018. p. 1–3. Available from: <https://www.sostenibilidad.com/medio-ambiente/que-son-los-bioplasticos/>
5. International trade fair. Bioplásticos: ¿Una propuesta alternativa con futuro? [Internet]. Feria Internacional del Plástico y del Caucho,. 2013. Available from: [https://www.k-tradefair.es/es/Bioplásticos\\_¿una\\_alternativa\\_con\\_futuro](https://www.k-tradefair.es/es/Bioplásticos_¿una_alternativa_con_futuro)
6. Morillas V, Valdemar R, Villavicencio M, Pérez M. Bioplásticos y plásticos degradables. Univ Auton Metrop [Internet]. 2018;11. Available from: <https://anipac.com/wp-content/uploads/2018/09/bioplasticos.pdf>
7. Gomara B. Biodegradable y Compostable, ¿Dónde está la diferencia? [Internet]. Slow Fashion Next. 2018. p. 1–4. Available from: <https://www.slowfashionnext.com/blog/biodegradable-y-compostable-donde-esta-la-diferencia/#:~:text=Por su parte%2C que un,un periodo de tiempo controlado.>
8. TECPLASTICO. Entendiendo las diferencias entre compostables, bioplásticos y biodegradables [Internet]. 2019. Available from: <https://www.plastico.com/temas/Entendiendo-las-diferencias-entre-compostables,-bioplasticos-y-biodegradables+95010.>
9. Arias A, Cruz C. Bioplásticos elaborados a partir de materiales orgánicos

- [Internet]. Journal of Materials Processing Technology. Centro Educativo Cruz Azul UNAM; 2018. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055><https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.04.024><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.127252><http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001>
10. Estévez R. Datos sobre la contaminación que causa el plástico [Internet]. Ambientum. 2019. p. 1–3. Available from: <https://www.ambientum.com/ambientum/residuos/contaminacion-plastico.asp>
  11. Eljarrat E. La contaminación química del plástico, una amenaza silenciosa. INFOBAE [Internet]. 2019 May 9;1–3. Available from: <https://www.infobae.com/america/medio-ambiente/2019/05/09/la-contaminacion-quimica-del-plastico-una-amenaza-silenciosa/#:~:text=Cada a%F1o se producen un,y oc%e9anos de nuestro planeta.&text=El impacto f%EDisico de las basuras pl%e1sticas en la fauna es evidente.>
  12. Páez A. El problema del plástico [Internet]. NU2 Mar y arte. 2018. Available from: <http://nu2.es/listas/reportajes/el-problema-del-plastico/>
  13. Gómez G. Diagnostico del impacto del plástico - botellas sobre el medio ambiente: Un estado del arte [Internet]. Universidad Santo Tomas. Universidad Santo Tomás; 2016. Available from: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10047/Gomez2016.pdf?sequence=1>
  14. Arago F. Historia de los bioplásticos [Internet]. Natureplast. 2015. Available from: <http://natureplast.eu/es/el-mercado-de-los-bioplasticos/historia-de-los-bioplasticos/>
  15. ZEAPLAST. Bioplásticos vs los plásticos tradicionales [Internet]. Productos biodegradables. 2012. Available from: <http://www.zeaplast.cl/bioplasticos-vs-plasticos-tradicionales+-22>
  16. Gibbens S. Todo lo que necesitas saber sobre los bioplásticos. National Geographic [Internet]. 2020 Nov; Available from:

<https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2018/11/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-los-bioplasticos>

17. Huang T, Almeida S. Estudio comparativo de la compostabilidad de fundas plásticas de PEBD, oxo-biodegradables y de papel distribuidas en el Distrito Metropolitano de Quito. Av. Cienc. Ing. (Quito). 2015 May 22; Available from: <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/233>
18. Arias L. Evaluación de la degradación de polietileno de baja densidad mediada por diferentes especies de hongos [Internet]. Universidad San Francisco de Quito USFQ; 2018. Available from: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/7410>
19. Ruiz M, Pastor K, Acevedo A. Biodegradabilidad de artículos desechables en un sistema de composta con Lombriz. Inf Tecnol [Internet]. 2013;24(2):47–56. Available from: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v24n2/art07.pdf>
20. Pascual A. Determinación de la biodegradabilidad de materiales plásticos [Internet]. The Food Tech. 2011. Available from: <https://thefoodtech.com/insumos-para-empaque/determinacion-de-la-biodegradabilidad-de-materiales-plasticos/>
21. ECOEMBES. Proyecto de Análisis de Bioplásticos. 2009;1–15. Available from: [https://www.ecoembes.com/sites/default/files/archivos\\_estudios\\_idi/proyecto\\_bioplasticos\\_-\\_resumen\\_ejecutivo.pdf](https://www.ecoembes.com/sites/default/files/archivos_estudios_idi/proyecto_bioplasticos_-_resumen_ejecutivo.pdf)
22. Ruiz J. Plásticos reciclables, biodegradables y compostables [Internet]. 2016. Available from: <https://blog.distjoan.com/productos-biodegradables-compostables-y-reciclables/#:~:text=Un material es BIODEGRADABLE cuando,a la acción del hombre.>
23. De Santos S, Urquiaga R. Compostaje y vermicompostaje domésticos. Ceneam [Internet]. 2013;(Metodología del vermicompostaje):10. Available from: [www.siempreenmedio.org](http://www.siempreenmedio.org)
24. Rodríguez A. Biodegradabilidad de materiales bioplásticos. Cienc y Tecnol Aliment [Internet]. 2012;22(3):69–72. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/328676031\\_Biodegradabilidad\\_de\\_materiales\\_bioplasticos](https://www.researchgate.net/publication/328676031_Biodegradabilidad_de_materiales_bioplasticos)

25. Sarria R, Gallo J. La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplásticos. *J Cienc e Ing* [Internet]. 2016;8(1):21–7. Available from: <https://jci.uniautonoma.edu.co/2016/2016-3.pdf>
26. Envaselia. Qué es biodegradable [Internet]. Canales sectoriales. 2020. Available from: <https://www.interempresas.net/Envase/Articulos/263319-Que-es-biodegradable.html>
27. Díaz S. Plan de negocio diseño, fabricación y comercialización de bolsas biodegradables [Internet]. Universidad EAN; 2012. Available from: <https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/1709/DiazSamuel2012.pdf?se>
28. García J. Microplásticos en el medio ambiente y su impacto en la cadena trófica. *Univ Oberta Catalunya* [Internet]. 2019;1–48. Available from: <http://hdl.handle.net/10609/99246>
29. Solé L. Biodegradable y cmpostable: confusiones y aclaraciones [Internet]. *Opiniones*. 2019. p. 1–3. Available from: <https://opcions.org/es/consumo/biodegradable-compostable/>
30. Fuentes A. Análisis de la degradación, desintegración y biodegradabilidad de bolsas de poliéster y almidón en compostaje de residuos urbanos: Escalas de Laboratorio e Industrial [Internet]. Escuela Técnica Superior de Montes, Forestal y del Medio Natural; 2015. Available from: <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/2080>
31. Rabell M, Vázquez A, Espinosa R, Beltrán M, Osada M, González J. Propuesta metodológica para la evaluación de la degradabilidad de plásticos mediante composteo. *Rev Int Contam Ambient* [Internet]. 2013;29(SUPPL. 3):127–33. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/370/37029665015.pdf>
32. Iguardia C. Síntesis y caracterización de bioplástico a partir del almidón de banano verde [Internet]. *Journal of Chemical Information and Modeling*. Universidad de San Carlos de Guatemala; 2013. Available from: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06\\_3523.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3523.pdf)

33. Merchan JP, Ballesteros D, Jimenez IC, Medina JA, Álvarez O. Estudio de la Biodegradación Aerobia de Almidón Termoplástico (TPS). *Rev Latinoam Metal y Mater* 2009 [Internet]. 2009;1(1):39–44. Available from: <http://www.rlmm.org/archives.php?f=/archivos/S01/N1/RLMMArt-09S01N1-p39.pdf>
34. Barreiro F, Coronel A. Bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y almidón de yuca (*Mianihot esculenta*) como sustituto de poliestireno en la elaboración de platos biodegradables [Internet]. Espam. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López; 2021. Available from: <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1055/1/TTMAI5.pdf>
35. Castro C, López L, Benítez L. Assesment of the environmental degradation of biodegradable plastic bags. *Inf Técnico* 80(1) [Internet]. 2016;80(1):24–32. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5767278>
36. Ministerio del Ambiente y Agua. Políticas para gestión integral de plásticos en el Ecuador. Políticas para Gestión Integr plásticos en el Ecuador [Internet]. 2014;1–9. Available from: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/06/Acuerdo-19.pdf>
37. Meza P. Elaboración De Bioplásticos a Partir De Almidón Residual Obtenido De Peladoras De Papa Y Determinación De Su Biodegradabilidad a Nivel De Laboratorio [Internet]. Facultad De Ciencias. Universidad Nacional Agraria La Molina; 2016. Available from: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2016/Q60-M49-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
38. Gobierno de Andalucía. ¿ Qué es un plástico ? 2017;1–4. Available from: [http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/rgalman/files/2015/05/3o\\_Plasticos\\_2.pdf](http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/rgalman/files/2015/05/3o_Plasticos_2.pdf).
39. Peinado M. Estudio De La Biodegradabilidad Y Desintegración De Películas a Base De Almidón Y Pva Que Incorporan Diferentes Sustancias Antimicrobianas [Internet]. Universidad Politécnica de Valencia; 2015. Available from: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/56383/PEINADO - ESTUDIO DE>

LA BIODEGRADABILIDAD Y GRADO DE DESINTEGRACIÓN DE FILMS A  
BASE DE ALMIDÓN Y P...pdf?sequence=1

40. Ledesma A, Flores L, Dalgo V, Chango G. Bioplásticos de almidón de maíz y quinua para uso como envolturas alimenticias biodegradables. Rev científica dominio las ciencias [Internet]. 2021;7:39–56. Available from: <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/2080>
41. LUISINI. Platos de hoja de palma areca [Internet]. 2017. p. 1–3. Available from: <https://www.vega-direct.com/es-es/productos-sostenibles/vajilla-de-hoja-de-palma/platos-de-hoja-de-palma/>
42. Posada B. La degradación de los plásticos. Rev Univ Eafit [Internet]. 2012;(94):1–20. Available from: <https://es.scribd.com/document/405512841/Bustamante-2012-La-degradacion-de-los-plasticos-pdf>
43. Sánchez, J. Cuánto tarda en degradarse los plásticos biodegradables. [Internet]. 2018. Available from: <https://www.ecologiaverde.com/cuanto-tarda-en-degradarse-el-plastico-biodegradable-1272.html>

## ANEXOS

ANEXO: 1 Área donde se realizó la fase experimental



## ANEXO: 2 Higrómetro



## ANEXO:3 Proceso de degradación de platos de almidón de maíz



**Almidón de maíz**

PhotoGrid

ANEXO: 4 Proceso de degradación de platos de bagazo de caña



## Bagazo de caña

PhotoGrid

ANEXO: 5 Proceso de degradación de platos de Areca




## Areca

PhotoGrid

Anexo 5

Resultados de análisis de suelo



**ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**  
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme, Apartado 24  
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec


---

**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

|  |  |   |
|--|--|---|
| <p><b>DATOS DEL PROPIETARIO</b></p> <p>Nombre : PRADO ESCOBEDO JULAYKA<br/>         Dirección : ESMERALDAS / ESMERALDAS<br/>         Ciudad : ESMERALDAS<br/>         Teléfono : 0991349600<br/>         Fax : yulayka@hotmail.com</p> | <p><b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b></p> <p>Nombre : S/N<br/>         Provincia : Esmeraldas<br/>         Cantón : Esmeraldas<br/>         Parroquia :<br/>         Ubicación :</p> | <p><b>PARA USO DEL LABORATORIO</b></p> <p>Cultivo Actual :<br/>         N° de Reporte : 8909<br/>         Fecha de Muestreo : 28/06/2021<br/>         Fecha de Ingreso : 27/10/2021<br/>         Fecha de Salida : 22/11/2021</p> |
|--|--|---|


  

| N° Muest. Laborat. | meq/100ml |    |    | dS/m | (%)   | Ca  | Mg   | Ca+Mg | meq/100ml | (meq/l)½ | ppm | Textura (%) |    |   | Clase Textural |
|--------------------|-----------|----|----|------|-------|-----|------|-------|-----------|----------|-----|-------------|----|---|----------------|
|                    | Al+H      | Al | Na | C.E. | M.O.  |     |      |       |           |          |     | Mg          | K  | K |                |
| 104742             |           |    |    |      | 0,8 B | 2,7 | 6,27 | 23,60 | 18,45     |          |     | 19          | 81 |   | Limoso         |




La muestra será guardada en el Laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se aceptarán reclamos en los resultados

| <p style="text-align: center;"><b>INTERPRETACION</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Al+H, Al y Na</th> <th>C.E.</th> <th>M.O. y Cl</th> </tr> <tr> <td>B = Bajo<br/>M = Medio<br/>T = Tóxico</td> <td>NS = No Salino<br/>LS = Lige. Salino<br/>MS = Muy Salino</td> <td>S = Salino<br/>M = Medio<br/>A = Alto</td> </tr> </table> | Al+H, Al y Na  | C.E.                                | M.O. y Cl | B = Bajo<br>M = Medio<br>T = Tóxico | NS = No Salino<br>LS = Lige. Salino<br>MS = Muy Salino | S = Salino<br>M = Medio<br>A = Alto | <p style="text-align: center;"><b>ABREVIATURAS</b></p> <p>C.E. = Conductividad Eléctrica<br/>         M.O. = Materia Orgánica<br/>         RAS = Relación de Adsorción de Sodio</p> | <p style="text-align: center;"><b>METODOLOGIA USADA</b></p> <p>C.E. = Conductímetro<br/>         M.O. = Titulación de Welkley Black<br/>         Al+H = Titulación con NaOH</p> |
|--|--|-------------------------------------|-----------|-------------------------------------|--|-------------------------------------|---|---|
| Al+H, Al y Na  | C.E.   | M.O. y Cl                           |           |                                     |  |                                     |   |   |
| B = Bajo<br>M = Medio<br>T = Tóxico  | NS = No Salino<br>LS = Lige. Salino<br>MS = Muy Salino | S = Salino<br>M = Medio<br>A = Alto |           |                                     |  |                                     |   |   |



RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUA



RESPONSABLE LABORATORIO



**ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**  
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme, Apartado 24  
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

---

**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

|  |  |  |
|--|--|--|
| <p><b>DATOS DEL PROPIETARIO</b></p> <p>Nombre : PRADO ESCOBEDO JULAYKA<br/>         Dirección : ESMERALDAS / ESMERALDAS<br/>         Ciudad : ESMERALDAS<br/>         Teléfono : 0991349600<br/>         Fax : yulayka@hotmail.com</p> | <p><b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b></p> <p>Nombre : S/N<br/>         Provincia : Esmeraldas<br/>         Cantón : Esmeraldas<br/>         Parroquia :<br/>         Ubicación :</p> | <p><b>PARA USO DEL LABORATORIO</b></p> <p>Cultivo Actual :<br/>         N° Reporte : 8909<br/>         Fecha de Muestreo : 28/06/2021<br/>         Fecha de Ingreso : 27/10/2021<br/>         Fecha de Salida : 22/11/2021</p> |
|--|--|--|

| N° Muest. Laborat. | Datos del Lote |      |  | pH      | ppm  |     |        | meq/100ml |       |      | ppm   |       |      |       |        |  |
|--------------------|----------------|------|--|---------|------|-----|--------|-----------|-------|------|-------|-------|------|-------|--------|--|
|                    | Identificación | Area |  |         | NH4  | P   | K      | Ca        | Mg    | S    | Zn    | Cu    | Fe   | Mn    | B      |  |
| 104742             | Julayka Prado  |      |  | 7,7 LAI | 15 B | 7 B | 0,75 A | 13 A      | 4,7 A | 18 M | 1,1 B | 4,6 A | 20 M | 5,6 M | 0,91 M |  |



La muestra será guardada en el Laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se aceptarán reclamos en los resultados

| <p style="text-align: center;"><b>INTERPRETACION</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="4">pH</th> <th colspan="2">Elementos: de N a B</th> </tr> <tr> <td>MAc = Muy Acido<br/>Ac = Acido<br/>MeAc = Media. Acido</td> <td>LAc = Liger. Acido<br/>PN = Prac. Neutro<br/>N = Neutro</td> <td>LAI = Lige. Alcalino<br/>MeAl = Media. Alcalino<br/>Al = Alcalino</td> <td>RC = Requiere Cal</td> <td>B = Bajo<br/>M = Medio<br/>A = Alto</td> <td></td> </tr> </table> | pH  |   |                   |                                   | Elementos: de N a B |  | MAc = Muy Acido<br>Ac = Acido<br>MeAc = Media. Acido | LAc = Liger. Acido<br>PN = Prac. Neutro<br>N = Neutro | LAI = Lige. Alcalino<br>MeAl = Media. Alcalino<br>Al = Alcalino | RC = Requiere Cal | B = Bajo<br>M = Medio<br>A = Alto |  | <p style="text-align: center;"><b>METODOLOGIA USADA</b></p> <p>pH = Suelo: agua (1:2,5)<br/>         N,P,B = Colorimetría<br/>         S = Turbidimetría<br/>         K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn = Absorción atómica</p> | <p style="text-align: center;"><b>EXTRACTANTES</b></p> <p>Olsen Modificado<br/>         N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn<br/>         Fosfato de Calcio Monobásico<br/>         B,S</p> |
|---|---|---|-------------------|-----------------------------------|---------------------|--|--|---|---|-------------------|-----------------------------------|--|---|--|
| pH  |   |   |                   | Elementos: de N a B               |                     |  |  |   |   |                   |                                   |  |   |  |
| MAc = Muy Acido<br>Ac = Acido<br>MeAc = Media. Acido  | LAc = Liger. Acido<br>PN = Prac. Neutro<br>N = Neutro | LAI = Lige. Alcalino<br>MeAl = Media. Alcalino<br>Al = Alcalino | RC = Requiere Cal | B = Bajo<br>M = Medio<br>A = Alto |                     |  |  |   |   |                   |                                   |  |   |  |



RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS



RESPONSABLE LABORATORIO

