



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Impacto ambiental por el uso de bioplástico frente a las bolsas
plásticas convencionales en Ica, 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Casalino Del Águila, Fabio César (ORCID: 0000-0001-9379-9365)

ASESOR:

Mag. Reyna Mandujano, Samuel Carlos (ORCID: 0000-0002-0750-2877)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado a Dios, por darme el don de la vida y por brindarme una maravillosa familia que guía cada uno de mis pasos.

A mis tres ángeles; mi mamá y mis abuelitos, por ser la motivación y fortaleza más importante a lo largo de mi vida y mis estudios.

A mi tía y mi papá por el apoyo incondicional en todas mis aspiraciones que fueron necesarias para culminar mis estudios.

Agradecimiento

A todos los docentes de la EPIA, por la formación brindada en mis estudios de pregrado, en especial al Ing. José Quije por ser quien me guio en el desarrollo de este trabajo.

Aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron al desarrollo de esta Tesis, estaré eternamente agradecido.

Índice de contenido

Carátula	
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenido	iv
Índice de tablas	v
Resumen	vi
Abstract	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1 Tipo y diseño de investigación	12
3.2. Variables y Operacionalización	12
3.3. Población, muestra y muestreo.....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
3.5. Procedimientos	15
3.6. Método de análisis de datos.....	15
3.7. Aspectos éticos	16
IV. RESULTADOS.....	17
V. DISCUSIÓN	26
VI. CONCLUSIONES	30
VII. RECOMENDACIONES	31
REFERENCIAS.....	32
ANEXOS	
Anexo 1: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	
Anexo 2: FICHA DE REGISTRO DE DATOS	

Índice de tablas

Tabla 1. Resultados del análisis de gases del monitoreo de calidad de aire	19
Tabla 2. Porcentaje de reducción de la contaminación del aire	20
Tabla 3. Muestras empleadas para monitoreo de cambios físicos.	20
Tabla 4. Cambios observados en las muestras expuestas a condiciones climatológicas.....	22
Tabla 5. Resultados de la evaluación de las muestras sin exposición a condiciones climatológicas.....	23
Tabla 6. Muestras empleadas para el proceso de compostaje.....	23
Tabla 7. Análisis del proceso de biodegradación de las muestras.....	25

Resumen

A través del tiempo, los residuos plásticos han pasado de ser un beneficio a ser un problema de contaminación, encontrándose cada vez más en todo el planeta, ocasionado por el gran consumo de bolsas plásticas convencionales y sus deficientes gestiones para su recolección y/o reciclaje. Debido a lo antes mencionado, se propuso evaluar el impacto ambiental del bioplástico frente a las bolsas plásticas convencionales, en Ica-2021; a través de la comparación del impacto ambiental del bioplástico en la calidad del aire, en la contaminación visual y en la economía lineal frente a las bolsas plásticas convencionales.

Estudio aplicado, con diseño Cuasi-experimental, no probabilístico por conveniencia. La población de estudio estuvo compuesta por plásticos recolectados en un domicilio de Ica, y como muestra bolsas de Polietileno de Baja densidad (LDPE) número 4, provenientes de supermercados y mercados. Los datos fueron recogidos a través de la técnica de observación de campo, y como instrumento la ficha de registro. A través de incineración de bolsas de polímeros no reusables y se elaboró bioplástico en forma de lámina a nivel de laboratorio. Posteriormente se realizó un monitoreo de gases a través de un tren de muestreo según Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire, así como evaluaciones de campo por exposición a condiciones meteorológicas y frente a una valorización material. Se reporta que la incineración de bioplástico elaborado mostró una reducción de emisiones de CO en un 84% y de NO₂ en un 59%, en comparación con las bolsas de base polimérica no reutilizables. El bioplástico elaborado a base de cáscara de *S. tuberosum* var. pudo degradarse fotoquímicamente a partir del séptimo día, disminuyendo la contaminación visual con ausencia de microplásticos. De igual manera, el compostaje del bioplástico descarta la economía lineal, reduciendo la presencia de residuos con capacidad de reincorporarlo con un enfoque de economía circular.

Palabras clave: Bioplásticos, Economía circular, Contaminación, Impacto ambiental.

Abstract

Over time, plastic waste has gone from being a benefit to being a pollution problem, being found more and more all over the planet, caused by the great consumption of conventional plastic bags and their poor management for their collection and / or recycling. Due to the, it was proposed to evaluate the environmental impact of bioplastic compared to conventional plastic bags, in Ica-2021; through the comparison of the environmental impact of bioplastic on air quality, visual pollution and linear economy compared to conventional plastic bags.

Applied study, with a quasi-experimental design, not probabilistic for convenience. The study population was made up of plastics collected in a home in Ica, and as a sample bag of Low-Density Polyethylene (LDPE) number 4, from supermarkets and markets. The data was collected through the field observation technique, and the registration form as an instrument. Through the incineration of non-reusable polymer bags, bioplastic was produced in sheet form at the laboratory level. Subsequently, gas monitoring was carried out through a sampling train according to the National Protocol for Monitoring Environmental Air Quality, as well as field evaluations due to exposure to meteorological conditions and against material recovery. It is reported that the incineration of manufactured bioplastic showed a reduction in CO emissions by 84% and NO₂ by 59%, compared to non-reusable polymer-based bags. The bioplastic made from the shell of *S. tuberosum* var. It was able to degrade photochemically from the seventh day, reducing visual contamination with the absence of microplastics. Similarly, the composting of bioplastic discards the linear economy, reducing the presence of waste with the ability to reincorporate it with a circular economy approach.

Keywords: Bioplastics, Circular economy, Pollution, Environmental impact.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel nacional se han realizado estudios acerca de la contaminación por plástico en el Perú, principalmente en el litoral peruano, encontrando abundancia en la presencia de microplástico, convirtiéndose en una amenaza potencial de contaminación (De la Torre et al., 2020, p.1).

En el 2015, las emisiones de gases a nivel mundial se reportaron con un total de 16 millones de toneladas, que generaron un aumento de CO₂, CH₄ y N₂O en 41%, 160% y 20% respectivamente, luego de su vida útil durante el proceso de incineración (Zheng et al. 2020, p.5).

Igualmente, los impactos negativos en el suelo, causados por agentes plastificantes, disminuyen la fertilidad del suelo, como también el aumento de estos contaminantes tienen características cancerígenas, mutagénicas y disruptoras endocrinas (Bläsing y Amelung 2018. p.423).

En los sistemas hidrológicos es un problema generalizado, desde los lugares de contaminación hasta la circulación oceánica global debido a la incorrecta disposición, generando así un daño a gran escala en la flora y fauna marina (Carpenter y Wolverson 2017. p.93), por lo que cada vez más son las propuestas sobre centros de investigación de economía circular con la intención de reducir la presencia de plásticos en los ecosistemas marinos (Díaz Rubio, 2020). Sin embargo, es necesario vislumbrar todas las particularidades de los bioplásticos potencialmente reciclables y todo lo asociado con estos, tales como posibles aplicaciones, conocimientos sobre los tiempos de permanencia en el ambiente y legislaciones sobre su desarrollo y manejo. (Costa y Farinha, 2018)

Asimismo, estos compuestos se relacionan con los daños a la salud del ser humano, a causa de la presencia de químicos tóxicos y aditivos como los disruptores endocrinos, causando una variedad de alteraciones en diversos mecanismos biológicos dentro del cuerpo (como se citó en Thompson et al. 2009, p. 2157) a través de los tejidos de diferentes órganos y pueden generar daños provocando concentraciones tóxicas físicas, químicas y biológicas, incluidos el sistema circulatorio, el cerebro e hígado (Peng et al. 2020, p.9).

El consumo indirecto en el ser humano se desarrolla en forma de microfibras presentes en la sal de mesa de origen marina, convirtiéndose esto en un inminente peligro que pone en riesgo la seguridad alimentaria y la salud (Iñiguez, Conesa y Fullana 2017, p.1).

Hoy en día se utilizan tecnologías para el tratamiento de plástico como la fotodegradación que causan cambios en su estructura permitiendo su degradación por otros compuestos y por otro lado la degradación química generando impactos ambientales en su proceso (Pancorbo 2010, p.439 como se citó en Guerrero et al. 2020, p.1); Debido a la relevancia de los plásticos y sus múltiples usos y elevado uso en el medio es importante enfatizar en los límites asociados a los mecanismos de deterioro y su presencia en diversos ecosistemas generando problemas ambientales con la intención de reducir su uso (Purca y Henostroza, 2017).

A través del tiempo el metal, la madera y el cuero han sido gradualmente sustituido por el plástico, dicho compuesto se usa cada vez más en sembradíos, hogares y en la industria; ya que la ventaja se da porque su estructura a base de polímeros sintéticos puede ser químicamente tratados en una gran diversidad de formas y con determinadas resistencias, sumándose a ello la presencia de un elevado peso molecular, baja capacidad reactiva y una durabilidad larga. (Moreno, 2018, p.2)

No obstante, a pesar de que la durabilidad de este compuesto es una de las propiedades que le dio importancia al mismo a través del tiempo, se convirtió en una amenaza sin precedentes, por el largo tiempo que puede perdurar en los ecosistemas, persistiendo aún en adversas condiciones ambientales y soportando el efecto de microorganismos y compuestos químicos, lo que a través del tiempo los ha convertido a nivel mundial uno de los peores problemas ambientales (Shamsuddin, 2017).

Debido a la situación antes mencionada, es que la llegada del bioplástico es considerada como una gran solución para aportar a la reducción de las emisiones de dióxido de carbono, así como la reducción del calentamiento global, situaciones que preocupan a la sociedad en general, por lo que se puede considerar como una oportunidad que con ayuda de un grupo de estrategias ambientales solicitadas por la sociedad se pueden mitigar los problemas por contaminación ambiental con posterior deterioro del mismo e impactos perjudiciales a la salud; teniendo el

potencial de reducir el uso de combustibles fósiles y de degradarse en un corto tiempo.

Teniendo en cuenta los impactos negativos que los plásticos sintéticos generan a nivel mundial y la escasa gestión para estos residuos; la presente investigación tuvo como finalidad plantear una alternativa para la sustitución del plástico convencional, con la intención de aportar al desarrollo de una mejor calidad de vida y un ambiente más saludable, por lo cual se planteó el problema general: ¿Cuál es el impacto ambiental por el uso del bioplástico frente a las bolsas plásticas convencionales en Ica, 2021?, y seguidamente los problemas específicos: ¿Cuál es el impacto ambiental del bioplástico en la calidad del aire frente a las bolsas plásticas convencionales?, ¿Cuál es el impacto ambiental del bioplástico en la contaminación visual frente a las bolsas plásticas convencionales?, y ¿Cómo impacta el bioplástico en la economía lineal frente a las bolsas plásticas convencionales?.

Tomando en cuenta lo expuesto por Fernández-Bedoya 2020, p.70 de que toda investigación cuenta con una justificación práctica cuando al llevarse a cabo permite generar soluciones a un problema o por lo menos formula ciertas estrategias para obtener las soluciones esperadas, se puede decir que el presente estudio presenta como principal defensa su justificación práctica, pues, a través del mismo se tiene planteado favorecer con nuevos conocimientos asociados a la biodegradabilidad y fotodegradación de los plásticos, mediante alternativas de sustitución a través de compuestos orgánicos.

Esta investigación tiene una justificación social debido a que está orientada a la mejora de la sociedad a través de la solución de problemas que afecten a un determinado grupo de la sociedad; por eso se incorpora como una alternativa de sustitución frente al plástico convencional; pues, empiezan a aumentar sus costos de producción debido a que la materia prima, el petróleo -siendo un recurso no renovable- se estaría más que agotando, perdiendo sus propiedades químicas; y también a que, muchas empresas busquen alternativas de fabricación de plástico con recursos renovables o menos contaminantes.

La justificación teórica se relaciona con el interés que manifiesta el investigador en desarrollar enfoques teóricos en detalle donde se trata el problema nombrado, siempre enfocado en una línea de investigación, manifestándose en este caso en el análisis de la aplicación del bioplástico donde su fortaleza viene a ser su

capacidad de degradarse fácilmente y minimizar la contaminación ambiental, en primera instancia debido al aumento de individuos con conciencia ambiental los cuales reflejan su preocupación por preservar el medio ambiente.

En todo estudio donde se manifieste una propuesta o desarrollo de un nuevo método o estrategia que desarrolle un conocimiento que presente confiabilidad y validez se justifica su proceso metodológico, por lo que se puede decir que en el mercado del bioplástico aún está en su primera etapa de desarrollo, pues debido a que aún se está en investigación para desarrollar un proceso que permita alcanzar la total biodegradabilidad y ausencia de fitotoxicidad, con esperanzas de que este sea un sustituto en el mercado del plástico y fuerte competencia en los sectores bio-energético y alimentos. Este mercado además deberá ir de la mano con las políticas públicas para poder así generar un verdadero cambio de hábito en la población mundial, pues países de la Unión Europea son conscientes de esta crisis por la fabricación de plástico de un solo uso en cantidades exorbitantes y el gran impacto negativo que genera, no solo al ecosistema sino también a sus intereses nacionales, como por ejemplo: daños en su infraestructura hidráulica, aumento de enfermedades respiratorias agudas, menos espacios donde almacenar o tratar estos residuos.

En base a ello se tuvo como objetivo general: Comparar el impacto ambiental del bioplástico frente a las bolsas plásticas convencionales, Ica-2021; y como objetivos específicos: Comparar el impacto ambiental del bioplástico en la calidad del aire frente a las bolsas plásticas convencionales, Comparar el impacto ambiental del bioplástico en la contaminación visual frente a las bolsas plásticas convencionales, y Comparar el impacto ambiental del bioplástico en la economía lineal frente a las bolsas plásticas convencionales.

De esta manera se verificó la hipótesis general: El análisis comparativo del impacto ambiental del Bioplástico fue positivo frente a las bolsas plásticas convencionales, Ica-2021; y las hipótesis específicas: El Bioplástico disminuyó la contaminación del aire hasta en un 84% de CO₂ frente a las bolsas plásticas convencionales, Bioplástico redujo la contaminación visual a partir del tercer día de exposición a la radiación solar frente a las bolsas plásticas convencionales, y el Bioplástico evitó la economía lineal a las bolsas plásticas convencionales.

II. MARCO TEÓRICO

En principio se abordaron algunas investigaciones relevantes para este estudio: El antecedente a nivel internacional según Rodríguez Sandoval et al., (2018), con la investigación científica “Evaluación de resultados de la degradación de un bioplástico sometido a procesos de compostaje según norma ASTM D-6400 y D-5988”, se evaluó un bioplástico de polietileno de baja densidad y almidón de papa cuyas propiedades mecánicas hacen posible desarrollar artículos de uso común. Se analizó la rapidez de biodegradación bajo condiciones parecidas a un vertedero con microorganismos degradadores estimándose que en 6 meses se puedan degradar por completo o se pueda usar en compostaje con la intención de producir abonos para cultivos.

Según Castellón et al. (2016), en su estudio “Evaluación de la degradación ambiental de bolsas plásticas biodegradables”, con la intención de evaluar la degradabilidad de bolsas plásticas por exposición al ambiente las cuales habían sido sacadas al mercado por sus fabricantes como biodegradables comparándose con las comúnmente usadas. Para desarrollar el estudio se propuso estudiar los parámetros pérdida de masa, resistencia mecánica y absorción de agua. Se reporta que las bolsas conocidas como degradables ostentan una pérdida mayor de masa, y absorción de agua, con una resistencia mecánica menor antes y después de la exposición al ambiente en comparación con las bolsas tradicionales, verificando así su capacidad de degradarse como lo muestran sus fabricantes. Por lo que se concluye que las bolsas con capacidad degradadora (BPD) se deterioran en mayor medida en comparación con las tradicionales bolsas (BCP), por lo que son recomendadas para su uso por el menor tiempo de permanencia en el ambiente posterior a su uso.

De acuerdo con Sernaqué Aucchuasi et al. (2020), en su estudio “Biodegradabilidad de los bioplásticos elaborados a partir de cáscaras de *Mangifera indica* y *Musa paradisiaca*”, con la intención de conocer la capacidad de biodegradación de bioplásticos con una mezcla de diferentes volúmenes de glicerol, se pudo determinar la existencia de una directa asociación con la capacidad de biodegradación de la lámina al presentar un mayor volumen de glicerol; la biodegradabilidad de las láminas es mayor. Se reporta una reducción de un 93,06

% en el caso del bioplástico en base de cáscara de mango en su peso inicial y un 73,16 % en el elaborado con cáscara de plátano.

De acuerdo con Moreno et al. (2021), en su investigación “Pectin-cellulose nanocrystal biocomposites: Tuning of physical properties and biodegradability”, se prepararon películas circulares independientes con un diámetro de 9 centímetros mediante una simple disolución de estos carbohidratos en agua seguida de un vertido por gota y evaporación del disolvente. La adición de pectina permite afinar con precisión las propiedades de los biocompuestos. La caracterización de la textura por AFM mostró una morfología fibrosa y un aumento del diámetro de la fibra con el contenido de pectina. El análisis XRD demostró que la incorporación de pectina también redujo el grado de cristalinidad, aunque no se detectó interacción específica entre ambos polisacáridos, mediante espectroscopía ATR-FTIR. La estabilidad térmica, analizada por TGA, se mejoró con la incorporación de pectina. Finalmente, los biocompuestos de nanocristales de pectina-celulosa mostraron una buena biodegradabilidad en agua de mar, comparable a otros bioplásticos comunes como la celulosa y la polilactida de bajo peso molecular, entre otros. La pectina modifica la morfología, la cristalinidad, las propiedades físicas y la biodegradación. Y en el trabajo de investigación de Meza (2017), “Elaboración de bioplásticos a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio”, se produjo un bioplástico con mayor resistencia con una composición de 5 ml de glicerina, 10 g de almidón, 3 ml de ácido acético, 60 ml de agua a 150°C, se reporta una mayor variación del comportamiento mecánico del bioplástico con el ácido acético que con el glicerol, alcanzando en el ensayo de tracción un máximo esfuerzo de 1.47 MPa y una máxima elongación de 19.99%; de igual manera se a través de un ensayo de espectrofotometría presencia de enlaces comúnmente presentes en bioplásticos. En base a la Norma ISO 17556:2012 se indica que la biodegradabilidad aeróbica del bioplástico elaborado cuenta con un elevado nivel de biodegradación con un 64.21% en 92 días.

Por último, se toma en consideración la encuesta “Public attitudes towards bioplastics – knowledge, perception and end-of-life management”, realizada por Dilkes-Hoffman et al. (2019), obtuvo que los plásticos biodegradables se percibieron como mejores para el medio ambiente que los 'plásticos normales' e

incluso los plásticos 'fácilmente reciclables'. La mayoría de los encuestados (58%) dijeron que no estaban seguros de si los plásticos biodegradables pueden tener impactos ambientales negativos. El 68% de las personas dicen que les gustaría ver que más de los artículos de plástico que utilizan sean biodegradables.

En el antecedente a nivel nacional, se determinó que, en el estudio que realizó De la Torre et al. (2020), denominado “Abundance and distribution of microplastics on sandy beaches of Lima, Peru”, el microplástico más común fueron las espumas en un 78,3%. Se reveló a través de un análisis de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) que las espumas reportadas eran poliestireno.

De acuerdo con Shamsuddin (2017), un bioplástico es un plástico que se fabrica en parte o en su totalidad a partir de polímeros derivados de fuentes biológicas como la caña de azúcar, almidón de patata o celulosa de árboles, paja y algodón.

Según Moreno-Bustillos (2017) al elaborar bioplásticos con almidón se debe tomar en cuenta que el bioplástico tiende a ser frágil en presencia de concentraciones mayores de almidón, esto debido a las propiedades de la amilosa y amilopectina, por lo que se recomienda adicionarle más plastificante para para que este sea más flexible.

Para la Rodríguez Sandoval, et al., (2016) el plástico es considerado un material liviano, profiláctico y con capacidad de resistencia, el cual puede ser moldeado de diferentes formas lo que le permite ser aplicado en una diversidad de formas. Y se categoriza en dos principales tipos de plásticos:

- Los Termoplásticos: plásticos con capacidad de derretirse al calentarse y endurecerse al bajar la temperatura, cambios que pueden ser reversibles, por lo que estos se pueden reformar a través de recalentamiento, y congelamiento por varias veces, entre los que se pueden nombrar al Polietileno de Alta Densidad (PEAD), Tereftalato de Polietileno (PET); Polietileno de Baja Densidad (PEBD); Polietileno (PE); Poliestireno expandido (EPS); Poliestireno (PS);, Policarbonato, Polipropileno (PP); Cloruro de polivinilo (PVC) entre otros.
- Los Termoestables: Conformado por aquellos plásticos en los que al calentarse se pueden producir una diversidad de cambios químicos, desarrollando así una red tridimensional, los cuales una vez experimentos los cambios estos se caracterizan por ser irreversibles, entre los que se

encuentran las Resinas Epoxi Poliuretano (PUR); Resinas acrílicas; Silicona; Viniléster; Resinas Fenólicas; Urea-formaldehído.

Además, la ONU Medio Ambiente (2018), menciona que, los plásticos desechables o de un solo uso, son los más usados para la fabricación de recipientes plásticos e incluyen artículos tales como envases de alimentos, botellas, bolsas de supermercado, pajillas, vasos, cubiertos entre otros.

También, según la ONU Medio Ambiente (2018), este tipo de bolsas son las más comunes al momento de llevar productos y comúnmente suministradas en los comercios, fabricadas generalmente del plástico conocido como polietileno, el cual es considerado una resistente resina sintética, con gran capacidad de flexibilidad producido a través del proceso conocido como polimerización del etileno, su bajos costos de producción, resistencia, siendo una manera higiénica de transportar los productos, de igual manera, para su producción se consumen menos energía y agua y generan una menor cantidad de residuos sólidos que las bolsas de papel; no obstante, a pesar de poseer características que permiten su éxito de igual manera favorecen el daño al medio ambiente cuando existe una mala disposición de las mismas generando dificultades para su reciclaje.

El concepto de bioplástico, según la European Bioplastics (2018), el bioplástico debe su nombre a su base biológica, biodegradable o ambas inclusive, conociéndose como “base biológica” el material o producto de la biomasa (planta) del cual se deriva parcialmente; entre las biomásas más usadas se encuentra el maíz, caña de azúcar o celulosa. Por su parte, Cerdan et al., (2019) mencionan que al agregar un polímero natural como la glicerina se puede fabricar un bioplástico con características muy parecidas al plástico cotidiano, gracias a la elasticidad y resistencia, con elevada capacidad de biodegradarse, sin embargo, recomiendan seguir haciendo estudios al respecto.

Durante ese proceso químico de biodegradación, ciertos microorganismos presentes en el medio ambiente tienen la capacidad de convertir los materiales en materias primas como el dióxido de carbono, agua, y pilas de compostaje libres de aditivos artificiales, el cual va a depender de las condiciones del medio como ubicación o temperatura, del tipo de material y para que se aplicará.

La propiedad de biodegradación va a depender directamente de la estructura química y no de la base biológica, por lo que para ser biodegradables estos deben

ser plásticos de base 100 % fósiles, sin embargo en el caso de los de base 100% biológica no necesariamente son biodegradables, por lo que existen dos ventajas fundamentales de los productos plásticos de base biológica comparados con los tradicionales gracias al ahorro recursos fósiles, a través del uso de una biomasa que se regenera anualmente y provee una capacidad única de neutralidad de carbono. De igual manera ciertos bioplásticos presentan capacidad de biodegradabilidad, ofreciendo medios adicionales para su reciclaje.

Según Pilla, 2011 como se citó en Shamsuddin (2017), las ventajas del bioplásticos son:

- Potencialmente una huella de carbono mucho más baja: Un plástico elaborado a partir de una fuente biológica secuestra el CO₂ capturado por la planta en el proceso de fotosíntesis. Si el resultado el bioplástico se vuelve a degradar en CO₂ y agua, está el secuestro se invierte.
- Menores costos de energía en la fabricación: Los plásticos están hechos del 4% del aceite que el mundo usa cada año. Con la escasez de petróleo, la fabricación de plásticos se vuelve cada vez más expuestos a precios fluctuantes.
- Reducción de la basura y mejora la compostabilidad utilizando bioplásticos biodegradables: La ventaja de los bioplásticos biodegradables radica en la reducción de basura permanente. Las bolsas de plástico de un solo uso son las más comunes de cómo los plásticos pueden contaminar el medio ambiente con una persistencia enorme y antiestética. Una gran fracción de la basura en nuestros océanos es de bolsas de plástico desechables. Ciudades y países de todo el mundo están tomando medidas contra la basura, a veces prohibiendo por completo las bolsas de plástico no degradables.

Según la ONU Medio Ambiente (2018), a pesar de no haberse verificado ciertas investigaciones, reportan que las bolsas tradicionales y envases de espuma de poliestireno generalmente necesitan de miles de años para desintegrarse, lo que ocasiona contaminación del suelo y del agua, con alta posibilidad de consumo por parte de animales tanto terrestres como marinos, produciéndoles asfixia y enredo, por lo que se ha reportado elevadas concentraciones de plástico, en especial de bolsas plásticas bloqueando las vías respiratorias y sistemas digestivos de una gran cantidad de especies. Estas son de fácil traslado por el aire gracias a su poco peso

y por su diseño globular, pudiendo bloquear las vías fluviales aumentando así las posibilidades de padecer desastres naturales; de igual manera se ha evidenciado en las mismas, productos químicos tóxicos agregados durante el proceso de producción, el cual es transferido a los tejidos de los animales, y por último al de los humanos.

De acuerdo con el Ministerio del Ambiente de Perú (2018), toda alteración positiva o negativa de uno o varios componentes ambientales definirá el Impacto ambiental, afectando así la calidad de vida de los individuos o calidad ambiental del receptor como resultado de la actividad inducida por un determinado proyecto o por acciones humanas.

Para el Ministerio del Ambiente de Perú (2018), los componentes ambientales son receptores de los impactos y se disgregan según el medio en el que se manifiestan: medio físico, medio biológico y medio social. Asimismo, en las etapas de reconocimiento de impactos es necesario tomar en cuenta todos aquellos componentes ambientales con posibilidad de afectación negativa o positiva y los cuales deben cumplir algunos criterios como ser representativos, relevantes, excluyentes, en la medida de lo posible cuantificables, y debidamente registrados en concepto como en apreciación sobre información estadística o trabajos de campo.

La contaminación ambiental de igual manera se genera por la introducción de agentes contaminantes al ambiente por parte del hombre generalmente con cantidades y/o concentraciones por encima de las permitidas por los reglamentos ambientales, considerándose de igual manera en los contaminantes ambientales su carácter acumulativo o sinérgico, según el Ministerio del Ambiente de Perú (2018).

De acuerdo con Greenpeace (2020), los plásticos al ser incinerados generan graves afecciones a la salud humana y al ambiente, observándose emisiones con elevadas concentraciones de químicos tóxicos en el aire como dioxinas, metales, furanos, gases ácidos, partículas y dióxido de carbono, los cuales ocasionan problemas respiratorios, en el sistemas endocrino, nervioso y reproductivo, relacionados además con una variedad de tipos de cáncer, entre otras patologías. De igual manera, a través de la incineración de plásticos se pueden desprender nanopartículas con agentes orgánicos persistentes (COP) con elevada capacidad

de contaminar pudiendo ser bioacumulados entrando a través del torrente sanguíneo y pulmones hasta diversos tejidos del cuerpo.

Con respecto a la contaminación visual, Fuentes y Argüello (2015) la definen la como un tipo de contaminación que afecta a las zonas urbanas por la excesiva presencia de una diversidad de elementos extraños al ambiente, modificando así la belleza y visual paisajística, pudiendo ser de manera artificial o natural, modificando la calidad de vida y funciones vitales de todos los individuos.

Para Falappa et al. (2019), a través de una economía lineal se diseña un modelo económico fundamentado en el desecho de los productos una vez usados sin opción a ser reusados, por lo que a través de este modelo todos los productos presentan un ciclo de uso lineal desde el proceso de extracción de las materias primas, procesamiento, transformación en productos, distribución y comercialización, uso y, por último, su desecho como restos.

Economía que según el Ministerio del Ambiente (2020), genera una elevada cantidad de desechos, pudiéndose observar en el caso de Perú que por ciudadano se usa al año aproximadamente 30 kilos de plástico, sumándose anualmente aproximadamente una generación de bolsas plásticas de más de 3 mil millones, con una producción en minutos aproximadamente de 6 mil bolsas; generándose solamente el Lima Metropolitana y el Callao 886 toneladas de residuos por día, conformando el 46% de producción nacional, siendo importante mencionar que en Perú, se considera plástico biodegradable todo aquel material que pueda desintegrarse hasta CO_2 , CH_4 , agua y biomasa por la presencia de microorganismos, con una presencia mínima de sólidos volátiles (50%), con restringidas concentraciones de sustancias con elevado nivel de peligrosidad y con una degradación en un tiempo moderado, por ejemplo la degradación en un 90 % en presencia de O_2 puede llevarse a cabo en 6 meses y en ausencia de O_2 puede llevarse a cabo en 2 meses.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: Estudio tipo Aplicado, fundamentado en lo sostenido por Esteban Nieto (2018, p.3) quien afirma que esta se orienta a buscar solución a problemas originados durante los procesos de fabricación, comercialización, transporte y consumo de bienes y servicios de cualquier tipo de actividad humana; y como Piscoya (1987) citado en Esteban Nieto (2018) está basada sobre la investigación en tecnologías físicas ya que se encuentra orientada a optimizar o perfeccionar el desempeño de los sistemas, procesos, y normativas con la intención de obtener en este caso una mejorada estructura del bioplástico a base de restos orgánicos, para reducir los impactos ambientales negativos y plantear una solución diferente a las comunes para disminuir el efecto contaminante de los plásticos convencionales.

Diseño de investigación: Con un diseño Cuasi-experimental, fundamentándose en lo expuesto por Valderrama, 2002 citado en Cabezas et al. (2018, p.57) en donde se manejan al menos una variable independiente de manera deliberada, esto con la intención de observar su efecto y correlación con una o más variables dependientes, los cuales generalmente difieren solamente de los experimentos auténticos con un grado de seguridad o confiabilidad con respecto a la inicial equivalencia de los grupos. En este tipo de casos al iniciar el estudio los grupos no son formados al azar, con ausencia de algún tipo de emparejamiento del o los grupos con el control, de igual manera no se exige que el número en ambos grupos sean exactamente similares.

3.2. Variables y Operacionalización

Se denominan variables a las propiedades o características de la realidad, las cuales son susceptibles al cambio, pudiendo en una investigación alcanzar valores desiguales, a las cuales se les analiza, miden, manejan o controlan. (Cabezas et al. 2018, p.55-56).

A continuación, se describen las variables independiente y dependiente de la investigación:

La variable independiente es *Uso de bolsas de bioplástico frente a las bolsas plásticas convencionales*; fundamentados en Cabezas et al. (2018), el cual define a este tipo de variables que se relacionan con la causa y las cuales tienen la capacidad de generar cambios en la variable dependiente.

La variable dependiente es *Impacto Ambiental*; ya que son los efectos o consecuencias producidos por el efecto de la variable independiente.

Posteriormente en el cuadro de Operacionalización de variables, en el Anexo 1.

3.3. Población, muestra y muestreo

La población estuvo conformada por todos los plásticos recolectados en una vivienda de Ica.

Según Cabezas et al. (2018), la población viene a ser el grupo de elementos que presentan un fin común a través de los cuales se generan las conclusiones más importantes de un estudio.

La muestra tomada para esta investigación es la de bolsas de Polietileno de Baja densidad (LDPE), según clasificación numérica 4.

Según Cabezas et al. (2018), la muestra es el extracto de una pequeña parte de la población, la cual ayudará a tener información específica de la misma.

Criterios de Inclusión:

- Bolsas de supermercado y mercados
- Peso neto máximo de 25 g.
- Medidas menores o iguales a 42 x 52 cm.

Criterios de Exclusión:

- Botellas
- Envases

Unidad de Análisis:

Bolsas de Polietileno de baja densidad (LDPE)

El muestreo será no probabilístico por conveniencia, fundamentándose en Hernández et al., (2018), “en el cual se toma en cuenta a todos aquellos disponibles para ejecutar la investigación, de igual manera es conocida como muestreo accidental aplicada generalmente en estudios piloto antes de poner en práctica de manera amplia un proyecto de investigación”.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Caro (2019), las técnicas vienen a ser todos aquellos procedimientos aplicados con la intención de obtener todos los datos de una investigación y los instrumentos como todas aquellas herramientas necesarias para la recolección de una información en específico, generalmente el investigador las aplica para posteriormente ser analizadas según cada objetivo específico; estos pueden ser cuestionarios, observación, entrevistas, guías de observación entre otros.

Para Di Matteo (2017), emplear diversas técnicas permite obtener resultados de calidad en una investigación, el cual define a los instrumentos como recaudadores de información con la intención de ser analizadas y medidos. En este caso se aplicó la técnica de observación de campo, y la ficha de registro como instrumento.

Técnicas: Para Rekalde et al. (2014) y Sabino (2014), la técnica de observación es una técnica básica, a través de la cual las demás se sustentan, esto debido a que a través de esta se puede establecer una relación básica entre el sujeto que observa y el observado, siendo esto el inicio para poder comprender toda realidad. Este tipo de técnica presenta como principal recurso la observación descriptiva; aplicada en todos los lugares donde se realizan los hechos o fenómenos a investigar.

En ese sentido, la técnica usada para la presente investigación fue la observación de los cambios en las muestras de bioplástico y bolsas de plástico convencional las cuales fueron expuestas a diversas condiciones de calor, radiación y degradación biológica.

Instrumentos: De acuerdo con Pérez (2018), en el caso del instrumento conocido como fichas de registro, se diseñan según los aspectos a observar, las cuales son fáciles de usar, sencillas con la intención de que el investigador las complete sin mayor esfuerzo. Este tipo de fichas permiten realizar una observación estructurada, donde el investigador previamente conoce todas las variables a considerar durante el proceso de observación, completándolas sólo con sus observaciones en el momento. Este tipo de instrumento son de aplicación rápida los cuales se realizan con la intención de recordar aspectos importantes para la investigación, es importante recalcar que posterior al registro de los datos obtenidos se debe realizar

una valoración lo que puede generar una o reestructuración de los objetivos planteados, perfeccionando de esta manera las intervenciones realizadas.

Por ello, para medir las concentraciones de gases por quema, se usó el equipo “tren de muestreo de gases”, para el procedimiento de medición se empleó el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire (Decreto Supremo N° 010-2019-MINAM), y para el análisis de las muestras se llenó la Cadena de Custodia. Así mismo para evaluar los cambios físicos de las muestras de bioplástico y bolsas de plástico convencional se emplearon las Fichas de Registro.

3.5. Procedimientos

Inicialmente en el Conjunto Habitacional San Joaquín ubicado en el distrito de Ica, en horas de la noche se observó la incineración de plásticos y residuos domiciliarios en la acequia ubicada frente al lugar de la investigación. Por ello se determinó evaluar el impacto ambiental por la incineración del plástico, así que se recolectó 100 gramos de bolsas plásticas convencionales de la torre "A" del Conjunto Habitacional San Joaquín, y también se elaboraron aproximadamente 100 gramos de bioplástico en forma de lámina.

Segundo, se acondicionó un ambiente controlado para la realización del monitoreo de gases por la incineración de las muestras, durante dos días a través del empleo de un tren de muestreo -previa instalación y calibración de éste-, de acuerdo con el de Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire.

Posterior al monitoreo, se culminó el llenado de la Cadena de Custodia de Monitoreo de Calidad del Aire, agregándose todos los datos obtenidos para cada muestra recogida, se procedió a anotar las observaciones de campo, condiciones ambientales iniciales y finales del monitoreo.

3.6. Método de análisis de datos

Se llevó a cabo un análisis comparativo de las concentraciones de gases emitidos por la incineración de bolsas plásticas convencionales y la incineración de bioplástico, en un ambiente controlado, empleándose el tren de muestreo como el método por Muestreadores activos -método económico, de fácil manejo, operación y rendimiento confiable-, utilizándose una solución química (Muestreador Activo

Automático), en un tiempo determinado, acorde a los parámetros según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire.

Se realizó un análisis comparativo de los cambios físicos producidos en dos grupos conformados por cinco muestras (dos muestras de bolsas plásticas convencionales y tres muestras de bioplástico en diferentes proporciones de mezcla entre biopolímeros).

Se realizó un análisis comparativo de los cambios producidos en la estructura de tres muestras: dos muestras de bolsas plásticas convencionales y una muestra de bioplástico, así como el proceso de biodegradación durante los 30 días de monitoreo.

3.7. Aspectos éticos

El estudio se llevó a cabo fundamentado en los valores morales y éticos que posee el investigador, comprometiéndose a dar a conocer de manera fidedigna y verídica los resultados obtenidos con la intención de mantener la veracidad de los resultados sin alteración alguna.

IV. RESULTADOS

Objetivo Específico N° 01: El bioplástico impacta en la calidad del aire frente a las bolsas plásticas convencionales.

Para contrastar la presente hipótesis se compararon las concentraciones de gases emitidos por la incineración de bolsas plásticas convencionales y la incineración de bioplástico, en un ambiente controlado, empleándose el tren de muestreo como el método por Muestreadores activos -método económico, de fácil manejo, operación y rendimiento confiable-, utilizándose una solución química (Muestreador Activo Automático), en un tiempo determinado, acorde a los parámetros según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire. Los gases emitidos por la incineración de las muestras -monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO₂), y dióxido de azufre (SO₂) - fueron captados mediante una bomba de succión como parte del tren de muestreo, hacia las soluciones químicas. Finalizando el monitoreo de la incineración del bioplástico, así como el de las bolsas plásticas convencionales, se retiraron las soluciones químicas para el análisis en el laboratorio junto a la información contenida en la cadena de custodia, donde se detalla los datos del muestreo.

Se recolectaron aproximadamente 100 gramos de bolsas plásticas convencionales de una vivienda del Conjunto Habitacional San Joaquín y se elaboró aproximadamente 100 gramos de bioplástico en forma de lámina.

Se determinó la masa del bioplástico elaborado, así como de las bolsas plásticas convencionales en una balanza electrónica, obteniéndose 102 gramos y 109 gramos respectivamente.

Se acondicionó un ambiente controlado para la realización del monitoreo de gases empleando el tren de muestreo -previa instalación y calibración de éste-, de acuerdo con el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire. Durante el primer día, se procedió a la incineración de los 102 gramos de bioplástico; siendo la hora de inicio del monitoreo las 12:15, se desconectó la manguera de NO₂ a las 13:15 horas del 21/06, CO a las 20:15 horas del 21/06 y

SO₂ a las 12:15 horas del 22/06, de acuerdo con el periodo establecido en los ECA para Aire.

Al término del muestreo del primer día, las soluciones químicas captadoras se rotularon y posteriormente se colocaron en un recipiente herméticamente cerrado, refrigerado y libre de la exposición de luz.

Durante el segundo día, se procedió a la incineración de los 109 gramos de bolsas plásticas convencionales; siendo la hora de inicio del monitoreo las 12:45, se desconectó la manguera de NO₂ a las 13:45 horas del 28/06, CO a las 20:45 horas del 28/06 y SO₂ a las 12:45 horas del 29/06, de acuerdo con el periodo establecido en los ECA para Aire.

Dentro de las observaciones del segundo día de monitoreo, se anotó la presencia de humo gris en el ambiente controlado; y que, la solución química captadora de CO cambió de un color amarillo a un color marrón claro, evidenciándose sedimentos, en comparación al primer día.

Al término del segundo día de monitoreo, las soluciones químicas captadoras se rotularon y acondicionaron en un recipiente herméticamente cerrado, refrigerado y libre de la exposición de luz, para ser remitidas al laboratorio SAG a fin de realizarse el análisis químico correspondiente.

Asimismo, al término del monitoreo, se finalizó el llenado de la Cadena de Custodia de Monitoreo de Calidad del Aire, ingresándose los datos obtenidos para cada muestra recogida, las observaciones de campo y las condiciones ambientales iniciales y finales del monitoreo.

Al incinerar plástico derivado del petróleo, se liberan en el aire componentes químicos y elementos tóxicos cancerígenos, los cuales posteriormente son inhalados, generando dolor de cabeza, deficiencias respiratorias, ardor ocular, náuseas, entre otros, generando a mediano y largo plazo, posibles casos de asma, cáncer de pulmón, daño en el sistema nervioso, en ciertos casos infertilidad entre otras afecciones.

Entre los elementos que se desprenden al incinerar plástico derivado del petróleo que generan más daños fisiológicos se tienen a los metales pesados, monóxido de carbono, metales pesados, furanos, dióxido de carbono, entre otros. Teniendo en cuenta que este tipo de monitoreo con tren de muestreo de gases se da en ambientes abiertos; se determinó que la concentración es superada en sus límites críticos, debido a que se dio dentro de un ambiente controlado, por lo cual no se puede determinar cómo un sitio contaminado, pues los resultados son experimentales y usados para determinar qué muestra al incinerarse genera mayor carga contaminante.

Se compararon los resultados del análisis de gases remitidos por el Laboratorio SAG S.A.C., correspondientes a los informes de ensayo N° 115348-2021 y N° 115347-2021 de la incineración de bioplástico, así como el de las bolsas plásticas convencionales.

Tabla 1. Resultados del análisis de gases del monitoreo de calidad de aire

Gas analizado	Límite de Cuantificación (ug/muestra)	Bioplástico (X)	Bolsas plásticas convencionales (Y)
Monóxido de Carbono (CO)	150	1150	7286
Dióxido de Azufre (SO ₂)	3.70	< 3.70	< 3.70
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	0.2	2.35	5.71

Fuente propia

Tabla 2. *Porcentaje de reducción de la contaminación del aire*

Gas analizado	Bolsas plásticas convencionales (Y)	Bioplástico (X)	Porcentaje de reducción
Monóxido de Carbono (CO)	7286	1150	84.22%
Dióxido de Azufre (SO ₂)	< 3.70	< 3.70	-
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	5.71	2.35	58.84%

Fuente propia

Hipótesis Específica N° 02: El bioplástico impacta en la contaminación visual frente a las bolsas plásticas convencionales.

Para la contrastación de esta hipótesis se realizó la comparación de los cambios físicos producidos en dos grupos conformados por cinco muestras (dos muestras de bolsas plásticas convencionales y tres muestras de bioplástico en diferentes proporciones de mezcla entre biopolímeros).

El primer grupo de muestras estuvo expuesta a condiciones climatológicas; mientras que, el segundo grupo de muestras fueron almacenadas dentro de una vivienda del C.H. San Joaquín, protegidas de la exposición a las condiciones climatológicas antes mencionadas.

Tabla 3. *Muestras empleadas para monitoreo de cambios físicos.*

Variables	Composición
My ₁	Bolsa negra de mercado
My ₂	Bolsa blanca de supermercado
Mx ₁	12 gr de almidón + 200 ml de agua destilada
Mx ₂	9 gr de almidón + 150 ml de agua destilada + 0.6 gr de pectina
Mx ₃	9 gr de almidón + 150 ml de agua destilada + 0.3 gr de pectina

Fuente propia

Asimismo, para un mejor análisis de los cambios físicos producidos en el grupo de muestras expuestas a las condiciones climatológicas, se contó con información diaria de las variables hidrometeorológicas de temperatura máxima y mínima, porcentaje de humedad relativa, precipitación, y dirección y velocidad del viento, recabadas de la Estación San Camilo, ubicada en el distrito de Parcona, perteneciente a la cuenca atmosférica de Ica. Esta información fue brindada por el SENAMHI – Ica, durante el mes que se efectuó el monitoreo, previa entrevista con un servidor de la entidad.

Después de haber recolectado las muestras de bolsas plásticas convencionales y elaborado las muestras de bioplástico en diferentes proporciones de mezcla, se acondicionó a los dos grupos de muestras en sus respectivos ambientes a evaluar, para así determinar los cambios físicos producidos durante 21 días establecidos para el monitoreo.

Se realizó el seguimiento de los cambios físicos producidos en ambos grupos de muestras cada tres días, a lo largo de los 21 días que duró el monitoreo; observándose cambios en la estructura de las muestras del primer grupo que fueron expuestas a condiciones climatológicas, mientras que, el segundo grupo de muestras que fueron almacenadas dentro de una vivienda del C.H. San Joaquín, sin exposición a las variables hidrometeorológicas, no evidenciaron cambios físicos.

El factor definitivo que permite decidir el uso de este bioplástico se debe a la ausencia de la reacción que ocasiona la degradación durante la etapa de uso del material, observándose sólo cuando este es expuesto a condiciones ambientales después de su uso como cualquier otra bolsa. Por tal motivo, todos aquellos plásticos que se degradan con la luz a través del proceso de degradación fotoquímica únicamente deben descomponerse por una incidencia fuerte de luz solar, que guarda relación con las temperaturas registradas producto de la radiación ultravioleta y la ausencia de precipitaciones al momento de realizar la investigación.

Se considera de un solo uso para este tipo de bolsa de polímeros, sin embargo, los consumidores mencionaron darles un segundo uso a las bolsas, principalmente para contención de basura y alimentos; estos son acumulados en la berma principal

hasta que el camión recolector los recoja y los transporte al relleno sanitario fuera de la ciudad, camino a la playa de Carhuaz. Determinándose que aproximadamente en un plazo de 1 a 2 días, recolectan los residuos sólidos en la ciudad de Ica; tiempo suficiente para que aún este tipo de bioplástico no se degrade por acción fotoquímica, sino a partir de los 7 días de exposición solar dentro del relleno sanitario, hasta su cobertura.

Se analizaron los cambios producidos en los dos grupos conformados por cinco muestras, teniendo en cuenta la información de la Estación San Camilo para la evaluación respecto a las condiciones meteorológicas, detallándose los cambios en las propiedades mecánicas y ópticas hasta su degradación.

Tabla 4. Cambios observados en las muestras expuestas a condiciones climatológicas.

Variables	Composición	Análisis
My ₁	Bolsa negra de mercado	Variaciones en el color a partir del día 15
My ₂	Bolsa blanca de supermercado	No se observaron variaciones hasta el día 21
Mx ₁	12 gr de almidón + 200 ml de agua destilada	Desintegración por acción del viento al tercer día, no resiste cuerpos para transportar materiales
Mx ₂	9 gr de almidón + 150 ml de agua destilada + 0.6 gr de pectina	Se fraccionó en dos partes al noveno día, posterior a ello no hubo desintegración. Resiste hasta 3 kilos de masa
Mx ₃	9 gr de almidón + 150 ml de agua destilada + 0.3 gr de pectina	Pequeñas rajaduras en su estructura a partir del séptimo día. Desintegración en partes cada vez más pequeñas hasta el día 21. Resiste hasta 2 kilos de masa

Fuente propia

Tabla 5. Resultados de la evaluación de las muestras sin exposición a condiciones climatológicas

Variables	Composición	Análisis
My ₁	Bolsa negra de mercado	No se observaron variaciones
My ₂	Bolsa blanca de supermercado	
Mx ₁	12 gr de almidón + 200 ml de agua destilada	
Mx ₂	9 gr de almidón + 150 ml de agua destilada + 0.6 gr de pectina	
Mx ₃	9 gr de almidón + 150 ml de agua destilada + 0.3 gr de pectina	

Fuente propia

Hipótesis Específica N° 03: El bioplástico impacta en la economía lineal frente a las bolsas plásticas convencionales.

Para la contrastación de esta hipótesis se realizó el análisis de los cambios producidos en la estructura de tres muestras -dos muestras de bolsas plásticas convencionales y una muestra de bioplástico-, así como el proceso de biodegradación durante los 30 días que duró el monitoreo; contando con una pila de composta en la fase final de maduración, la cual fue obtenida de la planta de compostaje de la Municipalidad Provincial de Ica, ubicada en el Campo Ferial.

Tabla 6. Muestras empleadas para el proceso de compostaje.

Variables	Composición
My ₁	Bolsa negra de mercado
My ₂	Bolsa blanca de supermercado
Mx ₁	9 gr de almidón + 150 ml de agua destilada + 0.3 gr de pectina

Fuente propia

Después de haber recolectado las muestras de bolsas plásticas convencionales y elaborado la muestra de bioplástico, se estableció la medida de 14 cm de ancho por 20 cm de largo para cada una.

Se acondicionó un espacio para el análisis de biodegradación de las muestras dentro del proceso de compostaje junto a lombrices de tierra y microorganismos; dicho monitoreo se realizó durante un mes.

Cada tres días se realizó la mezcla o revuelta del compost, y a la vez, el seguimiento del cambio de las muestras y toda se estructura de las muestras durante el compostaje; observándose que, solo se encontraban las muestras de bolsas plásticas convencionales, mas no la muestra de bioplástico en la primera revuelta. Estos residuos plásticos producidos bajo un modelo lineal, fundamentados en “tomar-producir- consumir - descartar”, ya que terminan su ciclo de vida mediante la disposición final en botaderos o en el relleno sanitario, sin poder aprovecharse. Según este orden de ideas, el accionar de las empresas y su manera de operar juegan un papel decisivo para generar cambios en el mercado, a través de cambios en los paradigmas de cómo estas funcionan a través de la inclusión en toda la cadena de valor de la sostenibilidad, de tal manera que se origine un cambio de una economía lineal a una circular, en pocas palabras, en pasar de un modelo basado en extraer, producir, utilizar y eliminar; al que se aplique las tres R: reducir, reutilizar y reciclar, con el uso en menor proporción de recursos lo más eficiente posible, con la intención de reducir generación de residuos lo más posible que se pueda con la intención de que se pueda aprovechar los recursos lo máximo posible. Permitiendo así extraer materias primas, reincorporar de nuevo al proceso productivo todos aquellos productos fabricados y todos los residuos que se generen durante el proceso. (Porcelli, y Martínez, 2018).

Además, según la primera disposición complementaria final de la Ley N° 30884, refiere que: “El Poder Ejecutivo, con intervención de todos los sectores o ministerios que correspondan, están en la obligación de diseñar e implementar, políticas públicas que permitan educar, sensibilizar, promover la investigación, tecnología u otro tipo de acción asociada al consumo y/o producción del plástico de manera sostenible y generación de proyectos conducentes a mitigar el impacto negativo en el ambiente y la contaminación que genera el uso del plástico. Donde se pueda incluir planes que estimulen, reconozcan e incentiven sea a través de manera tributaria o no, con la intención de promover:

- Desarrollo y aplicación de tecnologías e insumos como biopolímeros u otros análogos de origen animal o vegetal compostables, que no sean contaminantes
- El reaprovechamiento de bolsas de polímeros, así como de otro tipo de plásticos”.

Y la segunda disposición complementaria final, establece que: “Los gobiernos locales están en la obligación de incorporar labores estratégicas enfocadas en la reutilización de cualquier tipo de plástico a través de Programas de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva, contando para ellos con el apoyo de recicladores y provocar la intervención de la ciudadanía, pudiendo de igual manera establecer convenios de ayuda con cualquier tipo de empresas privadas con la misión de suscitar la valorización de los residuos antes nombrados.”

Se analizaron las muestras y los cambios generados en su estructura, hasta su biodegradación a través de su valorización como material en compostaje.

Tabla 7. *Análisis del proceso de biodegradación de las muestras.*

Variables	Composición	Análisis
My ₁	Bolsa negra de mercado	No se observó cambios en su estructura a lo largo de los 30 días, solo pérdida de su coloración
My ₂	Bolsa blanca de supermercado	No se observó cambios en su estructura a lo largo de los 30 días
Mx ₁	9 gr de almidón + 150 ml de agua destilada + 0.3 gr de pectina	Al tercer día de haberlo compostado, cuando se realizó la primera revuelta no se encontró restos de bioplástico

Fuente propia

V. DISCUSIÓN

Hipótesis Específica 1: Se contrastó los resultados obtenidos del monitoreo de gases establecidos según el índice iy_1 y el índice ix_1 : Monóxido de carbono (CO), Dióxido de nitrógeno (NO₂), Dióxido de azufre (SO₂); comprobándose que, al incinerarse el bioplástico (variable X) se redujo la presencia de Monóxido de Carbono (CO) en un 84.22%, a comparación de las bolsas de polímeros no reusables (variable Y); y en un 58.84%, la emisión de Dióxido de nitrógeno (NO₂); mientras que, la emisión de Dióxido de azufre (SO₂) en ambas muestras incineradas se mantuvo por debajo del límite de cuantificación, en este tipo de monitoreo empleando el tren de muestreo, utilizándose una solución química captadora de contaminantes gaseosos.

Por lo cual, los indicadores IY_1 : Emisión de humo y malos olores por incineración de bolsas plásticas convencionales, y IX_1 : Disminución de humo y malos olores por incineración de bioplástico, quedan comprobados al cumplir el enunciado en cada uno de estos.

Este tipo de resultados respaldan la necesidad de generar resultados que demuestren la importancia de desarrollar proyectos con tecnología amigable con el ambiente, especialmente que permitan reconocer la importancia de disminuir la fabricación de plásticos sintéticos por su elevada capacidad contaminante en todos los hábitats; por lo que cada resultado obtenido a favor de la obtención de películas plásticas amigables con el ambiente debe ser considerado un valioso avance tecnológico que permita la permanencia del hombre en la tierra. (Blanco, et al. 2017)

Habiéndose obtenido los resultados previstos en la primera hipótesis específica, queda la hipótesis alterna: “El bioplástico impactó positivamente en la calidad del aire frente a los plásticos convencionales”. Con la validación de la primera hipótesis específica, queda demostrado el primer objetivo específico. Por lo tanto, el primer problema específico queda solucionado.

Hipótesis Específica 2: Como indica Gama (2014), según los ensayos de degradación con radiación ultravioleta (UV), las películas expuestas a la luz

mostraron cambios e interacciones en su estructura, al compararse con las películas que no fueron expuestas a la luz ultravioleta, hecho demostrado a través del método de calorimetría diferencial de barrido; probablemente generado por la presencia de los grupos funcionales (OH, CHO, COOH), los cuales se ven afectados por la presencia de la irradiación UV, debido a que este tipo de uniones presentan una limitada resistencia, la cual se ve afectada por el calor.

Sumándose a los resultados obtenidos en el monitoreo de cambios físicos de esta investigación, se comparó el índice I_{Y2} : Años y el índice I_{X2} : Días; pudiendo comprobarse que, las muestras de bioplástico (M_{X1} , M_{X2} y M_{X3}) iniciaron su proceso de fotodegradación en la primera semana de exposición a las condiciones climatológicas, mientras que las muestras de bolsas plásticas convencionales (M_{Y1} y M_{Y2}), habiendo transcurrido 21 días de exposición, no se evidenciaron cambios físicos significativos en su estructura. Asimismo, se demostró que, el segundo grupo de muestras que fueron almacenadas dentro de una vivienda del Conjunto Habitacional San Joaquín, sin exposición a las variables hidrometeorológicas, no evidenciaron cambios físicos. Por ende, se concluye que, la degradación de las muestras de bioplástico se produjo como resultado de la exposición a la luz natural (irradiación UV) y demás condiciones climatológicas; más no cuando se le da un adecuado almacenamiento interno; coincidiendo con el argumento de Gama (2014), con relación a la degradación fotoquímica.

Por lo cual, los indicadores I_{Y2} : Mayor tiempo de degradación, y I_{X2} : Menor tiempo de degradación, quedan comprobados al cumplir el enunciado en cada uno de estos.

Habiéndose obtenido los resultados previstos en la segunda hipótesis específica, queda la hipótesis alterna: “El bioplástico disminuye la contaminación visual frente a los plásticos convencionales”.

Con la validación de la segunda hipótesis específica, queda demostrado el segundo objetivo específico. Por lo tanto, el segundo problema específico queda solucionado.

Hipótesis Específica 3: Como indica Gómez y Sedano (2019) la biodegradación de envases biodegradables en base a biopolímeros como el almidón catiónico B-

pectina, almidón catiónico A-pectina y el almidón aniónico-quitosa, con plastificantes como polietilenglicol y glicerol pueden someterse al método del compost maduro y húmedo para medir su nivel de degradación, evidenciándose en que la mayoría de los casos, alteraciones en su estructura, sin embargo, estos recomiendan que en ciertos casos se use técnicas más especializadas para su completa degradación.

En el caso de ciertos biopolímeros estos pueden degradarse a través de una retención hidráulica en diversos tiempos, generalmente aplicados en las plantas de biogás, como es el caso de polihidroxialcanoato, el almidón, la celulosa y la pectina, por lo que no habría contaminación posible. (Bátori, et al., 2018)

Sin embargo, Alcaide et al., (2020) comentan que los mejores bioplásticos van a depender de sus propiedades mecánicas, térmicas, eléctricas etc., por lo que estos recomiendan plásticos fabricados con plátano y plásticos en base a manzana, con el uso de metabisulfito o vinagre para que el material resista a los ataques microbianos.

Sumándose a los resultados obtenidos de esta investigación, mediante el análisis de los cambios generados en las muestras y su estructura, se comparó el índice i_{y3} : Años, y el índice i_{x3} : Días; comprobándose que, la muestra de bioplástico (Mx_1) se biodegradó a los tres (3) días de iniciada la fase final de maduración del proceso de valorización material –compostaje-, mientras que las muestras de bolsas plásticas convencionales (My_1 y My_2), habiéndose transcurrido 30 días del análisis, no presentaron cambios en su estructura, mucho menos, algún proceso de degradación por microorganismos. Por ende, se concluye que, la degradación de la muestra de bioplástico se produjo como resultado de la valorización material –compostaje-, biodegradándose completamente del mismo modo que los residuos orgánicos, junto a la interacción de las lombrices de tierra y microorganismos; coincidiendo con el argumento de Rutiaga (2002), con relación a la degradación biológica o biodegradación en el suelo.

Según Calabrò y Grosso (2018) al momento de evidenciar si un material pueda ser biodegradado a través del compost, es recomendable seguir las directrices de la norma EN 13432, la cual establece que un material, específicamente las bolsas de plástico ligeras, para que estas sean declaradas compostables, estas deben cumplir ciertos requisitos, encontrándose entre las más relevantes las siguientes:

El material deberá degradarse al menos en un 90 % de peso en seis meses en un entorno rico en dióxido de carbono; al menos el 90 % de la masa del material seleccionado deberá reducirse a fragmentos de menos de dos (2) milímetros si está en contacto con materiales orgánicos durante un período de tres meses; la presencia del material no debe tener efectos negativos en el proceso de compostaje, y la cantidad de metales pesados presentes en el material compostado no debe exceder las normas especificadas. De igual manera, es importante tomar en cuenta que para activar el proceso de biodegradación de los bioplásticos es importante que en el medio se garantice la presencia de microorganismos que activen el proceso, entre los que se pueden mencionar algunos tipos de bacterias y hongos. (Emadian, Onay Demirel, 2017).

Por lo cual, los indicadores IY₃: Dificultad para compostar, y IX₃: Facilidad para compostar, quedan comprobados al cumplir el enunciado de cada uno de estos.

Habiéndose obtenido los resultados previstos en la tercera hipótesis específica, queda la hipótesis alterna: “El bioplástico impactó en la economía lineal del plástico convencional”.

Con la validación de la tercera hipótesis específica, queda demostrado el tercer objetivo específico. Por lo tanto, el tercer problema específico queda solucionado.

Resultados que fortalecen la idea de que posterior al proceso de fabricación, ensayos y pruebas de las propiedades organolépticas del bioplástico y un análisis económico, estas pueden sustituir fácilmente a las bolsas de plástico convencional, por lo que se recomienda que las empresas empiecen a aplicar el lema “no a los plásticos” para apoyar este tipo de estudios y cuidar el ambiente (Zeng, 2019).

Habiéndose validado la primera, segunda y tercera hipótesis específica, queda validada la hipótesis general.

Con la validación de la hipótesis general, queda demostrado el objetivo general. Por lo tanto, el problema principal queda solucionado.

El problema principal es la expectativa mostrada en el título como problema del trabajo de investigación. Entonces, habiéndose solucionado el problema principal, la intención planteada en el título queda satisfecha en su totalidad.

VI. CONCLUSIONES

1. Se pudo fabricar bioplástico en el laboratorio, con la ayuda de restos de la cáscara de *S. tuberosum* var. Yungay, extrayendo la fécula de este y adicionándole pectina como aditivo orgánico.
2. La incineración de bioplástico elaborado redujo hasta un 84% las emisiones de CO y un 59% las emisiones de NO₂, a comparación de las bolsas de base polimérica no reutilizable; mejorando la calidad del aire, al reducir la presencia de gases de efecto invernadero.
3. El bioplástico elaborado se degrada fotoquímicamente a partir del séptimo día de exposición a la irradiación UV, debido a su composición química sin polimerizar; reduciéndose la contaminación visual y generación de microplástico.
4. La degradación biológica al tercer día de la fase final de maduración del proceso de valorización material –compostaje- del bioplástico elaborado elimina la economía lineal, al reducir la generación de residuos e incorporarlo en una cadena de valor dentro de su ciclo de vida.
5. El bioplástico que posee las características y condiciones adecuadas para ser usado como materia prima en la producción industrializada de bolsas reutilizables, es el elaborado en una proporción de: 1 litro de agua, 2 gr de pectina y 60 gr de almidón.
6. La pectina aporta resistencia, tensión y flexión al bioplástico; mientras más gramos de pectina se agregue a la mezcla, mayor será su resistencia mecánica y el tiempo que demore en degradarse.
7. La elaboración de bioplástico influye con resultados alentadores en la sustitución de plástico de un solo uso, tomando como referencia a las bolsas de polímeros no reusables.

VII. RECOMENDACIONES

1. Evitar la incineración de plástico sintético convencional, debido a la toxicidad de los gases emitidos en su combustión.
2. Generar Programas de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de los gobiernos locales, donde se incorpore acciones estratégicas encauzadas a la reutilización de bioplástico, para su posterior valorización material.
3. Fabricar bioplástico a nivel industrial, para determinar las brechas en rentabilidad y calidad, comparándolo con la producción de bolsas de base polimérica no reutilizable.
4. Realizar más investigaciones sobre las propiedades de la pectina como aditivo orgánico en la elaboración de diversos tipos de bioplástico a partir de la fécula de *S. tuberosum*.
5. Diseñar políticas públicas aplicadas para educar, sensibilizar u otra acción que sea necesaria para fomentar el consumo y/o producción sostenible del plástico, así como la producción de proyectos encauzados en mitigar el impacto negativo del plástico en el ambiente.
6. Promover el uso de tecnologías e insumos de origen animal o vegetal compostables, no contaminantes como es el caso de los biopolímeros o cualquier otro similar con el que se pueda fabricar plástico.
7. Fomentar estudios que permitan analizar el impacto del bioplástico en la biota marina tanto de cuerpos de agua continentales superficiales como marino-costeros.

REFERENCIAS

1. Alcaide, M.; Collado, C.; Sancho, J. (2020). Bioplástico degradable. *Ingeniería Materiales*, 2, 9-13. http://polired.upm.es/index.php/ingenia_materiales/article/view/4424/4599
2. Bátori, Veronika; Åkesson, Dan; Zamani, Akram; Taherzadeh, Mohammad J.; Sárvári Horváth, Ilona (2018). *Anaerobic degradation of bioplastics: A review*. *Waste Management*, 80(), 406–413. Doi:10.1016/j.wasman.2018.09.040 . <https://bit.ly/3pJNCpZ>
3. Blanco, J. C., Caicedo, M. L., Caro, M. P., Centeno, J. M., Rodríguez, M. H. (2017). Elaboración de una película plástica biodegradable a partir del almidón de yuca y pectina. *CLIC*, 2017, vol. 1, no 1, p. 3. <http://www.fitecvirtual.org/ojs-3.0.1/index.php/clic/article/view/252>
4. Bläsing, M., Amelung, W. (2018). Plastics in soil: Analytical methods and possible sources. *Science of the Total Environment*, 612, 422-435.
5. Cabezas, E., Andrade, D., Torres, J. (2018). Introducción a la metodología de la investigación científica. <https://bit.ly/3lwnGgc>
6. Calabrò, PS y Grosso, M. (2018). Bioplásticos y gestión de residuos. *Waste Management*, 78, 800–801. doi: 10.1016 / j.wasman.2018.06.054 . <https://bit.ly/31sgSJA>
7. Caro, L. (2019). 7 técnicas e Instrumentos para la recolección de datos. <https://www.lifeder.com/tecnicas-instrumentos-recoleccion-datos/>
8. Carpenter, E., Wolverton, S. (2017). Plastic litter in streams: The behavioral archaeology of a pervasive environmental problem. *Applied Geography*. 84. 93-101. Doi: 10.1016/j.apgeog.2017.04.010.
9. Castellón Castro, C. A., Tejeda López, L. N., Tejeda Benítez, L. P. (2016). Evaluación de la degradación ambiental de bolsas plásticas biodegradables. *Informador técnico*, 80(1), 24-31.
10. Cerdán Martínez, J., Moya Romero, O., Vitoria García, J. E. (2019). Bioplástico. Obtención de plásticos biodegradables a partir de glicerina. <https://bioplasticos.ies-ramonycajal.com/wp-content/uploads/2019/03/MEMORIA-PROYECTO-BIOPL%C3%81STICO-2.pdf>

11. Costa, J., Farinha N. (2018). Bioplásticos compostáveis na economia circular. 2018. Tesis Doctoral. <https://acortar.link/xGhIPx>
12. De la Torre, G. E., Dioses-Salinas, D. C., Castro, J. M., Antay, R., Fernández, N. Y., Espinoza-Morriberón, D., Saldaña-Serrano, M. (2020). Abundance and distribution of microplastics on sandy beaches of Lima, Peru. *Marine Pollution Bulletin*, 151, 110877. doi:10.1016/j.marpolbul.2019.110877
13. Di Matteo, M. F. (2017). La evaluación de la Calidad de la Enseñanza. Consideraciones Teórico-Methodológicas e Instrumentos de Evaluación. *Hologramática*, 2, 175-195. <https://bit.ly/3Dm1v2b>
14. Díaz Rubio, N. (2020). Un mar sin plástico. Centro de investigación de economía circular. 2020. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid.
15. Dilkes-Hoffman, L., Ashworth, P., Laycock, B., Pratt, S. y Lant, P. (2019). Actitudes públicas hacia los bioplásticos: conocimiento, percepción y gestión del final de la vida. *Recursos, conservación y reciclaje*, 151, 104479. doi: 10.1016 / j.resconrec.2019.104479. <https://bit.ly/3ryC4bx>
16. Emadian, S. Mehdi; O., Turgut T.; Demirel, B. (2017). Biodegradation of bioplastics in natural environments. *Waste management*, 59, 526-536. <https://sci-hub.se/https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X1630561X>
17. Esteban Nieto, N. (2018). Tipos de investigación. <https://core.ac.uk/download/pdf/250080756.pdf>
18. European bioplastic (2018). What are bioplastics? Material types, terminology, and labels – an introduction. https://docs.european-bioplastics.org/publications/fs/EuBP_FS_What_are_bioplastics.pdf
19. Falappa, M. B., Lamy, M., Vásquez, M. (2019). De una Economía Lineal a una Circular, en el siglo XXI. 2019. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Cuyo. Facultad de Ciencias Económicas.
20. Fernández Bedoya, V. H. (2020). Tipos de justificación en la investigación científica. *Espíritu Emprendedor TES*, 4(3), 65-76. <https://doi.org/10.33970/eetes.v4.n3.2020.207>

21. Fuentes Correa, V., Argüello Mejía, A. (2015). Indicadores de contaminación visual y sus efectos en la población. *Enfoque UTE*, 6 (3), 115-132. [<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=572260848009>]
22. Gómez Pasache, C. E., Sedano Juro, R. G. (2019). Evaluación de la degradación y toxicidad de diferentes tipos de envases biodegradables comerciales sometiéndolos a compost maduro y húmedo. 118 p. Tesis ingeniería ambiental. Universidad César Vallejo. <https://acortar.link/RU2Ug>
23. González Moreno, A., Guzmán-Puyol, S., Domínguez, E., Benítez, J. J., Segado, P., Lauciello, S., Heredia-Guerrero, J. A. (2021). Pectin-cellulose nanocrystal biocomposites: Tuning of physical properties and biodegradability. *International Journal of Biological Macromolecules*, 180, 709–717. doi:10.1016/j.ijbiomac.2021.03.126
24. Greenpeace (2020). Datos sobre la producción de plásticos <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/datos-sobre-la-produccion-de-plasticos/>
25. Guerrero, J. P. C. (2020). Aplicación de microorganismos fúngicos para la degradación, “in vitro”, de polímeros sintéticos a nivel laboratorio. Tesis de ingeniero ambiental. Universidad César Vallejo. <https://acortar.link/wDsJmj>
26. Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta, Ciudad de México, México: Editorial Mc Graw Hill Education, Año de edición: 2018, ISBN: 978-1-4562-6096-5, 714 p.
27. Iñiguez, M. E., Conesa, J. A., & Fullana, A. (2017). Microplastics in Spanish Table Salt. *Scientific Reports*, 7(1). doi:10.1038/s41598-017-09128-x
28. Meza Ramos, P. N. (2016). Elaboración de bioplásticos a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio. <https://acortar.link/xGhIPx>
29. Ministerio de Ambiente (2008). DECRETO SUPREMO. N° 007-2008-MINAM https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_007-2008-minam.pdf
30. Ministerio de ambiente, (2020). Menos plásticos más vida. Cifras del mundo y Perú. <https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>

31. Ministerio del Ambiente (2018). Guía para la identificación y caracterización de impactos ambientales. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/10/Guia-Impactos.pdf>
32. Mondino, M. Balaban, D. Cavalieri, O, García, S. M. (2017). Efecto de la cobertura de suelo con acolchados plásticos sobre el comportamiento del cultivo de alcaucil (*Cynara cardunculus* var. *scolymus* L.). Revista FAVE - Ciencias Agrarias. 16(2). <https://acortar.link/wDsJmj>
33. Moreno-Bustillos, Á. I., Humarán-Sarmiento, V., Báez-Valdez, E. P., Báez-Hernández, G. E. León-Villanueva, A. (2017). Transformación del almidón de papa, mucílago de nopal y sábila en bioplásticos como productos de valor agregado amigables con el ambiente. Ra Ximhai, 13 (3), 365-382. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46154070021>
34. ONU Medio Ambiente (2018). Plásticos de un solo uso: Una hoja de ruta para la sostenibilidad, Rev. ed. ,vi; 6. <https://bit.ly/3dhMXpK>
35. Peng, L., Fu, D., Qi, H., Lan, C. Q., Yu, H., & Ge, C. (2019). Micro- and nano-plastics in marine environment: Source, distribution and threats — A review. Science of The Total Environment, 134254. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.134
36. Pérez Serrano, O. (2008). *La Comunicación oral matemática: modelo y metodología para su desarrollo* (Master's thesis, Instituto Superior Pedagógico José de la Luz y Caballero).
37. Porcelli, A. M., Martínez, A. N. (2018). Análisis legislativo del paradigma de la economía circular. Revista Direito GV, 14(3), 1067–1105. doi:10.1590/2317-6172201840. <https://heinonline.org/HOL/LandingPage?handle=hein.journals/direlaw14&div=45&id=&page=>
38. Purca, S., Henostroza, A. (2017). Presencia de microplásticos en cuatro playas arenosas de Perú. Revista peruana de biología, 24(1),101-106.
39. Rekalde, I. y Vizcarra, M. T., Macazaga, A. M. (2014). La Observación Como Estrategia De Investigación Para Construir Contextos De Aprendizaje Y Fomentar Procesos Participativos. Educación XX1, 17 (1), 201-220.
40. Rodríguez Sandoval, P., Camargo Silva, S. M., Cruz Villagrán, I. T. (2016) Transformación y caracterización de un Bioplástico por los procesos de Extrusión e Inyección. Informador técnico, 80(2), 37.

41. Rodríguez Sandoval, P., Medina Sánchez, A. F., Ariza León, O. E. (2018). Evaluación de resultados de la degradación de un bioplástico sometido a procesos de compostaje según norma ASTM D-6400 y D-5988. Edible coatings and films based on potato starch for potential use in the preservation, 112. http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/1983/2211
42. Sabino, C. (2014). El proceso de investigación. Editorial Episteme. <https://es.scribd.com/doc/157895760/Carlos-Sabino-El-Proceso-de-Investigacion>.
43. Sernaqué Auccahuasi, F. A., Huamán Mogollón, L. del C., Pecho Chipa, H., Chacón Chacón, M. E. (2020). Biodegradabilidad de los bioplásticos elaborados a partir de cáscaras de Mangifera indica y Musa paradisiaca. Centro Agrícola, 47(4), 22-31. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852020000400022&lng=es&tlng=es.
44. Shamsuddin, I. (2017). Bioplastics as Better Alternative to Petroplastics and Their Role in National Sustainability: A Review. Advances in Bioscience and Bioengineering. 5. 63. 10.11648/j.abb.20170504.13.
45. Zeng, X. (2019). Bioplástico. Ingenia Materiales,1, 81-82. http://polired.upm.es/index.php/ingenia_materiales/article/view/3951/4048
46. Zheng, B., Zhang, Q., Geng, G., Shi, Q., Lei, Y., He, K. (2020). Changes in China's anthropogenic emissions during the COVID-19 pandemic, Earth System Science Data Discussions 1-20. <https://doi.org/10.5194/essd-2020-355> <https://essd.copernicus.org/preprints/essd-2020-355/essd-2020-355.pdf>

ANEXOS

Anexo 1: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DEF. CONCEPTUAL	DEF. OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADOR	ESCALA
<p>Variable independiente:</p> <p>Bolsas de bioplástico frente a las bolsas plásticas convencionales</p>	<p>El bioplástico presenta características y propiedades equivalentes a los plásticos tradicionales producidos a partir de materia prima de origen vegetal (Mondino, 2017)</p> <p>Las bolsas plástico son fabricadas con polietileno y polipropileno las cuales gozan de gran aceptación por el público. Para la producción de bolsas se necesita menos del 1 %.</p>	<p>Fabricados a partir de la mezcla de almidón y aditivo orgánico como la pectina</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Impacto del bioplástico en la calidad del aire frente a las bolsas plásticas convencionales. • Impacto del bioplástico en la contaminación visual frente a las bolsas plásticas convencionales. • Impacto del bioplástico en la economía lineal frente a las bolsas plásticas convencionales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de gases emitidos por la incineración de bolsas de polímeros no reusables y la incineración de bioplástico. • Cambios físicos producidos en el grupo de muestras expuestas a las condiciones climatológicas • Cambios generados en la estructura de las muestras, hasta su biodegradación a través de su valorización como material en compostaje. 	<p>Razón</p> <p>Intervalo</p> <p>Intervalo</p>
<p>Variable dependiente:</p> <p>Impacto Ambiental</p>	<p>Alteración positiva o negativa de uno o varios componentes ambientales afectando así la calidad de vida de los individuos o calidad ambiental del receptor como resultado de la actividad inducida por un determinado proyecto o por acciones humanas.</p>	<p>Afectaciones positivas o negativas que generan los bioplásticos frente a las bolsas de plásticos convencionales en el ambiente.</p>	<p>Impacto ambiental</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo y nivel de impacto 	<p>Impacto positivo</p> <p>Impacto negativo</p>

Anexo 2: FICHA DE REGISTRO DE DATOS

	Día de evaluación N° 3	CAMBIOS OBSERVADOS			OBSERVACIONES
	Fecha:	COLOR	TAMAÑO	RIGIDEZ	
MUESTRA	My1				
	My2				
	Mx1				
	Mx2				
	Mx3				

Anexo 3: PROCEDIMIENTO PARA ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICO

1. Chancado de la cáscara de papa



1. Tamizado y colado



2. Decantado del almidón



3. Secado del almidón sedimentado



4. Almacenamiento de almidón

5. Mezcla de almidón con pectina



6. Dilución de la mezcla



7. Refinado



8. Gelatinización de la mezcla



9. Vertido de la mezcla en fuente

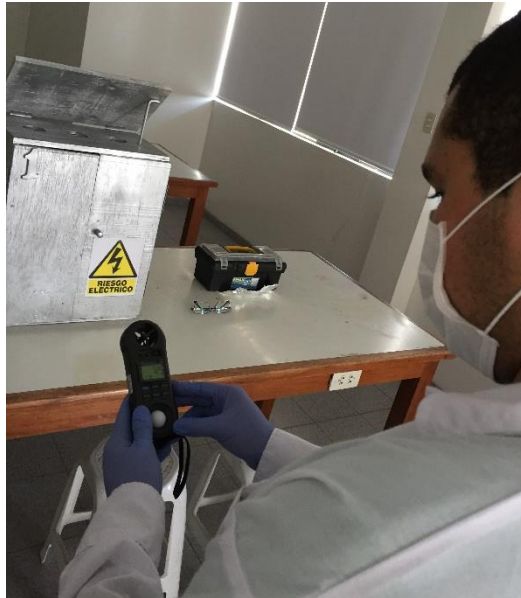
10. Laminado del bioplástico



Fuente propia

Anexo 4: PROCEDIMIENTO PARA MONITOREO DE GASES EMPLEANDO EL TREN DE MUESTREO

1. Medición de condiciones ambientales previo al monitoreo



2. Adición de soluciones captadoras en los 3 frascos dreschel de 100 ml



3. Calibración de caudales de las mangueras a través del rotámetro

4. Incineración de la muestra y encendido de la bomba de succión para inicio de monitoreo



5. Al término del monitoreo, vaciado de soluciones captadoras y rotulación

6. Almacenamiento de soluciones captadoras en recipiente herméticamente cerrado, refrigerado y libre de la exposición de luz



7. Medición de condiciones ambientales posterior al monitoreo

8. Llenado de la cadena de custodia y envío de muestras para análisis en laboratorio



Anexo 5: EVALUACIÓN DE LAS MUESTRAS EXPUESTAS A CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS

INICIO DEL MONITOREO	TÉRMINO DEL MONITOREO (21 días)
<p>My₁: Bolsa negra de mercado</p>	
	
<p>My₂: Bolsa blanca de supermercado</p>	
	
<p>Mx₁: 12 gr de almidón + 200 ml de agua destilada</p>	



Mx₂: 9 gr de almidón + 150 ml de agua destilada + 0.6 gr de pectina



Mx₃: 9 gr de almidón + 150 ml de agua destilada + 0.3 gr de pectina



Anexo 6: EVALUACIÓN DE LAS MUESTRAS SIN EXPOSICIÓN A CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS

INICIO DEL MONITOREO	TÉRMINO DEL MONITOREO (21 días)
My ₁ : Bolsa negra de mercado	
	
My ₂ : Bolsa blanca de supermercado	
	
Mx ₁ : 12 gr de almidón + 200 ml de agua destilada	



Mx₂: 9 gr de almidón + 150 ml de agua destilada + 0.6 gr de pectina



Mx₃: 9 gr de almidón + 150 ml de agua destilada + 0.3 gr de pectina



Anexo 7: EVALUACIÓN DEL PROCESO DE BIODEGRADACIÓN DE LAS MUESTRAS

INICIO DEL MONITOREO	TÉRMINO DEL MONITOREO (30 días)
My ₁ : Bolsa negra de mercado	
	
My ₂ : Bolsa blanca de supermercado	



Mx3: 9 gr de almidón + 150 ml de agua destilada + 0.3 gr de pectina

