



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Producción de plástico biodegradable, a partir de Bagazo  
de Saccharum Officinarum (caña de azúcar), Morales 2022.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

**AUTORES:**

Arevalo Lapid, Patrick Junior ([orcid.org/0000-0002-8956-1001](https://orcid.org/0000-0002-8956-1001))

Rios Flores, Michelle Elizabeth ([orcid.org/0000-0002-0126-9904](https://orcid.org/0000-0002-0126-9904))

**ASESOR:**

MSc. Ordoñez Sanchez, Luis Alberto ([orcid.org/0000-0003-3860-4224](https://orcid.org/0000-0003-3860-4224))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TARAPOTO – PERÚ

2022

## **Dedicatoria**

El trabajo aquí expuesto está dedicado en primer lugar a nuestros Padres, por su apoyo incondicional en todo momento, quienes son un pilar fundamental en nuestra vida, ya que muchos de nuestros logros se los debemos a ellos.

A nuestros familiares quienes con sus experiencias, conocimientos y consejos nos guiaron en la vida universitaria, dándonos aliento y esperanza para no rendirnos.

***Patrick Junior y Michelle Elizabeth***

## **Agradecimiento**

Expresamos nuestra más profunda gratitud, primero a Dios por darnos la salud vital y la oportunidad a diario para demostrar la relevancia de nuestra carrera, ampliando conocimiento a través de la investigación.

A nuestros docentes por impartir los conocimientos necesarios y a nuestro asesor de tesis por su asistencia experta para permitirnos presentar con éxito el presente trabajo.

***Patrick Junior y Michelle Elizabeth***

## Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	<b>4</b>
<b>III. METODOLOGÍA</b>	<b>10</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación	10
3.2. Variables y operacionalización	11
3.3. Población, muestra y muestreo	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	13
3.5. Procedimiento	13
3.6. Método de análisis de datos	15
3.7. Aspectos éticos	15
<b>IV. RESULTADOS</b>	<b>22</b>
<b>V. DISCUSIÓN</b>	<b>22</b>
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	<b>22</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES</b>	<b>22</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>29</b>
<b>ANEXOS</b>	

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> <i>Bagazo de caña de azúcar del sector Andiviela, Morales 2022.</i>	15
<b>Tabla 2.</b> <i>Características químicas del bagazo de caña de azúcar.</i>	17
<b>Tabla 3.</b> <i>Características mecánicas de lámina de bagazo de caña de azúcar.</i>	18
<b>Tabla 4.</b> <i>Costo unitario de producción de 1,396 kg harina de bagazo.</i>	20
<b>Tabla 5.</b> <i>Costo unitario para la elaboración del plástico biodegradable.</i>	20

## Índice de figuras

<b>Figura 1:</b> Bagazo fresco por productor del sector Andiviela, Morales 2022 (kg).	16
<b>Figura 2.</b> Bagazo seco por productor del sector Andiviela, Morales 2022 (kg).	16
<b>Figura 3.</b> Características químicas del bagazo de caña de azúcar (%).	17
<b>Figura 4.</b> Características mecánicas de lámina del bagazo de caña de azúcar (N).	18
<b>Figura 5.</b> Protocolo para elaborar plástico biodegradable (g).	19

## Resumen

En la presente investigación se evidencia la problemática sobre la contaminación por plásticos convencionales, utilizados de manera desproporcionada por el ser humano; generando un gran impacto negativo en el ambiente, por lo que se ha elaborado alternativas de solución de plástico biodegradable a partir de bagazo de caña de azúcar. El objetivo de esta investigación fue determinar la producción de plástico biodegradable, a partir del bagazo de la caña de azúcar. Se elaboró un protocolo para elaborar plástico biodegradable, utilizando 28 gramos bagazo de polvo fino; 350 ml de agua destilada; 21 ml de vinagre blanco; 16 ml glicerina; 20 gramos de colapiz y 16 gramos de goma de arroz para alcanzar una lámina A4 de 81 gramos, que fueron sometidos a pruebas mecánicas de tracción y flexión. Los resultados mostraron que en el sector Andiviela se generan 2904400 kg de bagazo fresco y 895980 kg de bagazo seco cada año. Llegando a concluir que el bagazo de *saccharum officinarum* permite obtener la producción de plástico biodegradable, minimizando la contaminación presente en el aire, agua y suelo a causa de la inadecuada disposición final de plásticos convencionales; conllevando a una mejor calidad de vida de los seres humanos.

**Palabras clave:** Plástico biodegradable, *Saccharum officinarum*, Resistencia a la tracción, Resistencia a la tracción.

## Abstract

This research highlights the problem of pollution by conventional plastics, used disproportionately by humans; generating a great negative impact on the environment, therefore, biodegradable plastic solution alternatives have been developed from sugarcane bagasse. The objective of this research was to determine the production of biodegradable plastic, from sugarcane bagasse. A protocol was developed to make biodegradable plastic, using 28 grams of fine powder bagasse, 350 ml distilled water; 21 ml of white vinegar; 16 ml glycerin; 20 grams of colapiz and 16 grams of rice gum to reach an A4 sheet of 81 grams, that were subjected to mechanical tensile and bending tests. The results showed that in the Andiviela sector 2904400 kg of fresh bagasse and 895980 kg of dry bagasse are generated each year. Coming to conclude that sugarcane bagasse allows to obtain the production of biodegradable plastic, minimizing the pollution present in the air, water and soil due to the inadequate final disposal of conventional plastics; leading to a better quality of life for human beings.

**Keywords:** Biodegradable plastic, *Saccharum officinarum*, Tensile strength, Bending strength.



## I. INTRODUCCIÓN

En la realidad problemática, **en el ámbito internacional**, la contaminación por plásticos es un problema que los países afrontan en la actualidad. Su creciente producción es imparable por la necesidad de elaborar productos a base de plásticos convencionales, en su gran mayoría se producen envases de plásticos de un solo uso, estos envases son utilizados de manera desproporcionada y diariamente por el ser humano, generando un gran impacto negativo en el ambiente, esta actividad tiene como consecuencia la contaminación visual, el deterioro de los paisajes, la proliferación de vectores, la contaminación de medios naturales como el agua y suelo; ya que tardan de 55 a 500 años en degradarse (Soggia, 2022). Es por ello que muchos países han elaborado alternativas de solución para la fabricación de plástico biodegradable a base de distintas fibras naturales, que funcionan como reemplazo de la materia prima en la elaboración de productos biodegradables y esto a su vez permitirá reducir la producción de plásticos a partir de combustibles fósiles. **En el ámbito nacional**, el Perú desde hace muchos años afronta el problema de los residuos plásticos, a causa del incremento por su uso excesivo en el día a día. Se generan un aproximado de 30 kilos de plásticos al año por ciudadano, esto suma cerca de 3 mil millones de bolsas plásticas, casi 6 mil bolsas por minuto, en Lima Metropolitana y Callao; seguidamente se generan 886 toneladas de residuos plásticos al día, generando un total porcentual del 46 % de dichos residuos a nivel nacional (Ministerio del ambiente, 2016). Esto supone el aumento descontrolado de residuos de plásticos convencionales en el Perú, mismos que al no ser segregados de una manera correcta se producen contaminación ambiental; exposición a peligros significativos en los animales y seres humanos. Tomando en cuenta la presente Ley N° 30884 que regula los plásticos de un solo uso, los envases comunes así mismo prohíbe el consumo de plásticos no esenciales, en pocas palabras, aquellos que no pueden ser reciclados o que representan un riesgo para la salud o el medio ambiente (Ministerio del Ambiente, 2019). Del mismo modo, por estos pequeños cambios a nivel nacional muchos empresarios se han visto en la necesidad de investigar métodos sostenibles para la fabricación de plástico biodegradable en función de fibras orgánicas entre ellos

el bagazo de caña de azúcar, uno de los desechos de las grandes empresas azucareras que contienen polímeros naturales e importantes características químicas. Finalmente, **en el ámbito local**, en el distrito de Morales se genera un aproximado de 37.142 t/día de residuos sólidos domiciliarios. Las actividades de segregación que realiza la Municipalidad Distrital de Morales son, el recojo y venta de plásticos convencionales que se encuentra a cargo de la asociación de recicladores formales y el recojo de los residuos orgánicos que se genera en los mercados que son tratados para la elaboración de compost (Municipalidad Distrital de Morales, 2019). Dentro de estas actividades no existe el recojo de los residuos de caña de azúcar del sector Andiviela, por la lejanía y el difícil acceso; contribuyendo a que la población busque la solución de disminuir este residuo con la quema, afectando de esta manera al medio ambiente. Posteriormente se formalizó el **problema de estudio general** y se planteó la siguiente pregunta: ¿Cuál es la producción de plástico biodegradable, a partir del bagazo de la caña de azúcar, Morales 2022? y los **problemas de estudio específicos**: ¿Cuál es la generación de bagazo de caña de azúcar en el sector Andiviela, Morales 2022?, ¿Cuáles son las características químicas del bagazo de caña de azúcar, Tarapoto 2022? y ¿Cuáles son las propiedades mecánicas para la obtención de plástico biodegradable, a partir de bagazo de la caña de azúcar, Morales 2022? Bajo este interrogante, se planteó que la justificación a la investigación, se vio centrada, en consideraciones sociales, económicas y ambientales, siendo expresadas a continuación: en la **Justificación Social**, se mostró que, al reutilizar los desechos generados por el uso de la caña de azúcar, en forma de bagazo, conllevo a que es posible reducir la cantidad de contaminación que producen estos materiales a través de una disposición inadecuada; de modo que reducirá la cantidad de contaminantes liberados en el aire, suelo y agua, sino que además mejorará la calidad de vida de los seres humanos. En la **Justificación Económica**, se señaló que, al fabricar plásticos biodegradables, con productos que corresponden a los residuos de las fábricas azucareras, las empresas que fabrican plástico, han podido reducir los costes de materia prima. En ese sentido es rentable, sobre todo alcanzara ahorros muy significativos. Para finalizar en la **Justificación Ambiental**, el presente artículo es de

gran relevancia, se tuvo que, el efecto del plástico es muy alto, porque se retienen en los organismos y ecosistemas a través de las cadenas tróficas, bajo la forma de microplásticos y macroplásticos. En relación con eso, se señala que los rellenos sanitarios tendrán mayor vida útil y se disminuirá la contaminación del aire. Para poder guiar nuestra investigación nos planteamos el siguiente **objetivo general**, Determinar la producción de plástico biodegradable, a partir del bagazo de la caña de azúcar, Morales 2022, lo cual se logrará mediante los **objetivos específicos** Identificar la generación de bagazo de caña de azúcar en el sector Andiviela, Morales 2022, Describir las características químicas del bagazo de caña de azúcar, Tarapoto 2022 y Evaluar las propiedades mecánicas del plástico biodegradable, a partir de bagazo de la caña de azúcar, Morales 2022. En cuanto a la **hipótesis de investigación**, el bagazo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) permite obtener la producción de plástico biodegradable, Tarapoto 2022.

## II. MARCO TEÓRICO

A nivel internacional, **Liu et al. (2020)**, determinaron que las vajillas hechas de fibras híbridas como el bagazo de caña de azúcar y bambú podrían ser una alternativa plástica. Los investigadores utilizaron materia prima natural renovable (bagazo de caña de azúcar y bambú) como contenido principal, para luego pasar a ser mezclados por medio de una estrategia de hibridación, después ser prensados en caliente y frío para posteriormente ser moldeado de la forma más deseada, se obtuvieron vajillas altamente resistentes, higiénicas y degradables ya que las fibras de bagazo y bambú se entrelazaron perfectamente de tal manera que mostraron una alta resistencia mecánica y peso ligero. Por último, determinaron el tiempo de degradabilidad de 60 días en la intemperie convirtiéndose en la mejor alternativa para la suplantación del plástico. Además, **Elkayaly et al. (2021)**, en su estudio desarrollaron la producción de envases biodegradables, como materia prima fundamental, fueron los desechos de caña de azúcar producidas en gran cantidad por las empresas azucareras cerca de la zona de estudio, se utilizaron bagazo de caña de azúcar húmeda, para después ser secado con calefacción, posteriormente se mezcló la pulpa de bagazo con agua al 95 % incorporando aceite e hidrofugante para obtener un buen producto. Teniendo como resultado que el bagazo de caña de azúcar es una de las mejores alternativas para la producción de vajillas ecológicas por su alta reducción de energía en el proceso de fabricación, por la protección del ambiente, por tener un valor agregado económico y utilizar de manera eficiente los recursos. De esta manera, **Cubilla et al. (2020)**, informaron la fabricación de artículos biodegradables (platos, vasos, bandejas, cubiertos y bolsas), que se puedan degradar en un corto periodo de tiempo. Se basaron en pruebas para controlar la temperatura y porciones de materia prima, hasta encontrar las cantidades óptimas para ser usado. Asimismo, se midió el tiempo que tardaba el material en desintegrarse dejándolo a la intemperie. Los resultados mostraron que se trata de un material biodegradable formado por dos materias primas diferentes, pero que su tiempo de descomposición es muy similar, oscilando entre 35 y 40 días, que es sustancialmente inferior al tiempo especificado (3 meses). Concluyeron que las cáscaras de fibra de coco y plátano son excelentes alternativas

para reemplazar el plástico común. Igualmente, **Chaves et al. (2018)**, compararon la implementación del proceso utilizado para la obtención de celulosa, con el objetivo de abaratar los costos de producción y utilizar recursos naturales para elaborar recipientes biodegradables. Demostraron que el recipiente producido con celulosa de raquis de palma africana y bagazo de caña tienen la misma resistencia a la tracción. La celulosa se obtuvo reduciendo la lignina con un nitrato ácido con tratamiento de Etanol y reduciendo la hemicelulosa con un tratamiento de hidróxido de sodio, concluyendo que, al comparar el recipiente originado con bagazo de caña con el medio de los otros dos recipientes hechos con raquis de palma africana y raquis de banana, el recipiente realizado con bagazo de caña mostró una diferencia significativa. En este sentido, **Bolio-López (2017)**, establecieron las bases de una planta prototipo capaz de procesar 5,0 kg de caja por lote y extraer más del 30 % de celulosa de base para la modificación y producción de envases desechables biodegradables. Además, sus resultados muestran que el análisis de difractogramas Rayos-X reveló que la cristalinidad de la celulosa extraída es del 69 % con una medida de cristal convencional de 2,3 nm, mientras que la cristalinidad de la paja de caña (sin uso) fue del 46 %, con un cristal promedio tamaño de 2,6 nm, que es inferior a la celulosa obtenida en el procedimiento. El investigador concluyó que el jugo de *saccharum officinarum* es una fuente de celulosa con mucho potencial para fabricar envases biodegradables. Por otro lado, **Baccar et al. (2022)**, evaluaron el comportamiento de descomposición de productos biodegradables y de un solo uso, poniendo a prueba distintos envases biodegradables y convencionales para ello utilizaron doce incubadoras como muestra en donde introdujeron pedazos de envases biodegradables a base de CPLA que está compuesto de almidones, también envases hechos de palma y nuez de palma, productos de bagazo de caña de azúcar, vasos de cartón, embalajes de madera y el plástico convencional, estos productos estuvieron dentro del mar y fueron monitoreados por períodos de 50, 202 y 339 días obteniendo como resultado que los envases de bagazo de caña y los de palma se degradaron en su totalidad a comparación del resto de envases que no lograron degradarse. **Maradiaga Rodríguez et al. (2017)**, evaluaron la calidad de la materia prima y briquetas elaboradas a partir

de cáscara de *Jatropha curcas* (piñón manso) con residuos de bagazo de *Saccharum officinarum* (caña de azúcar) en diversas cantidades. Por ello, las briquetas se elaboraron con el apoyo de un briqueteador hidráulico a temperatura de  $80 \pm 2^\circ\text{C}$  y una presión de 140 kilogramo-fuerza  $\text{cm}^2$  en 5 minutos; analizando la densidad energética, expansión volumétrica y la resistencia dinámica. Como resultado evidenciaron que la cáscara de *Jatropha curcas* tuvo una consistencia de  $320 \text{ kg m}^{-3}$ , que fue casi 88 % superior a la consistencia del bagazo de *Saccharum officinarum* ( $170 \text{ kg m}^{-3}$ ). Los autores concluyeron que las briquetas con 100 % de cáscara de *Jatropha curcas* tenían mayor concentración de energía, teniendo más firmeza a las pruebas de dinámica respecto a las briquetas con 50 % de cáscara de *Jatropha curcas* y 50 % de bagazo de *Saccharum officinarum*. No obstante, **Cueva-Orjuela et al. (2017)**, evaluaron la viabilidad del uso de SCB para la adsorción de rojo básico 46, BR46, en solución acuosa. En la presente investigación utilizaron un diseño estadístico para estimar el impacto de factores como el pH de solución, el tiempo de contacto, punto de carga cero y la fuerza iónica, resultando en una reducción del 86,4 % y una mejora adicional del proceso por medio de un diseño de superficie de solución que proporcionó una tasa de respuesta del 95 %. Los autores concluyeron que el SCB es una elección prometedora de un adsorbente no usual que podrá aplicarse para el procedimiento de efluentes teñidos. De la misma forma, **Ehman y Area (2021)**, describieron los distintos bioplásticos comercializados en los últimos años como el PHA son poliésteres biodegradables. Su degradación puede ser de manera aeróbica como anaeróbicas, también están los PLA se obtienen mediante la fermentación de azúcares, son utilizados para impresiones 3D, en bolsas, envases, botellas y no son degradables al 100 % pero sí pueden ser compostable, al mismo tiempo están los bioplásticos a base de almidón, son sensibles a la humedad y en muchos casos tienen que ser mezclados con otros componentes sintéticos para que sean más resistentes. Concluyendo que, los plásticos biodegradables están haciéndose cada día más presente en nuestras vidas y pronto reemplazarán en su totalidad a los plásticos convencionales. Por su parte, **Morales y Cuevas (2019)**, utilizaron materiales alternativos de desechos orgánicos para la elaboración de mezclas de concreto. La

investigación se caracterizó por ser de diseño experimental, utilizando una interacción de agua/cemento de 0,48; las mezclas con fibras se prepararon en dos longitudes extendidas (3.4 cm de tamaño pequeño; 5-6 de tamaño extenso), mientras que las fibras tratadas con Polimetilmetacrilato (PMMA) se prepararon en un largo prolongado de 4 cm. Como resultado mostraron una mejora significativa en la resistencia a la compresión cuando se utilizan fibras largas con una tendencia muy comparable a un hormigón sin fibras, pero el módulo de ruptura en vigas fue menor que los del hormigón tradicional. Concluyeron que, en particular, las fibras demostraron un alto nivel de resistencia en una caída dúctil y en la formación de grietas, así como un alto nivel de resistencia cuando se alcanzó una carga de caída final. Trasladándose al Perú, en el ámbito nacional, en la investigación de **Resano et al. (2022)**, presentaron varias aplicaciones, como material de construcción, para el bagazo de *saccharum officinarum* en función de sus propiedades físicas y químicas. Los principales hallazgos mostraron que el porcentaje de bagazo de caña de azúcar es tres veces mayor que el del bagazo de caña de azúcar inicial. El bagazo de caña industrial tiene 42,91 % de celulosa, 9,74 % de lignina y 27,92 % hemicelulosa pues la muestra de bagazo de caña artesanal, por otro lado, tiene 29,80 % de celulosa, 5,70 % de lignina y 20,61 % de hemicelulosa. Cuando se trata de valores de humedad, las muestras de bagazo de caña de industrial frescas superan a las muestras de bagazo de caña industrial congeladas. De esta manera, concluyeron que, el procesamiento industrial del bagazo incidía significativamente en sus propiedades. Asimismo, **Carbajal (2017)**, en su presente estudio elaboró un floculador a base de bagazo de caña de azúcar, como primer paso tuvo que triturar el bagazo, convertirlo en polvo para posteriormente agregar agua destilada, luego pasó al secado total y extracción de la grasa, en el proceso de remoción, se contaminó 10 L de agua con plomo que luego procedió a descontaminar con el floculador. Teniendo como resultado la eficiencia del bagazo de caña de azúcar obteniendo una remoción eficaz que depende de cuánto sea el uso del absorbente y lo más recomendable es usar 4 gr. de bagazo para tener una absorción del 92,08 %. De igual importancia, **Farfan Córdova y Pastor Simón (2018)**, en su presente estudio evaluaron el impacto de la ceniza de *saccharum officinarum* en la firmeza del concreto

de 210 kg/cm<sup>2</sup>, sustituyendo por cemento en fracción de 20 % y 40 %. Los hallazgos revelaron que a medida que aumentaba la proporción de ceniza, disminuye la consistencia a compresión del concreto. Los investigadores concluyeron que, a los 7 y 28 días de curado, el concreto con 20 % de bagazo de caña de azúcar mostró mejor postura a comprensión, indicando que ambos estuvieron 59 % abajo del concreto estándar (control). A su vez, **García (2017)**, desarrolló el proceso de experimentación realizando la preparación del bagazo de caña de azúcar. Una vez obtenido el bagazo preparado se pasó al filtrado, en donde se consiguió 9 muestras en forma de láminas, se analizó pruebas de tracción y flexión, teniendo como resultados que al utilizar 60 g de bagazo más 50 g de caucho mayor resistencia es la flexión, mientras tanto en la tracción se demostró que 60 g de bagazo y 50 g de caucho es menor la tracción equivalente a 3.61 MPa a comparación del plástico convencional que contiene 15 MPa de tracción, concluyendo que, la mezcla del bagazo con el caucho natural no es la mejor por el bajo porcentaje en los resultados obtenido comparado a los plásticos. Por último, **Jurado (2020)**, realizó la regulación ambiental en las azucareras que se encuentran dentro del estudio de investigación haciendo partícipe a la población cercana por medio de encuestas. Se realizó monitoreos constantes para determinar cuánto es la contaminación producida por la quema de caña de azúcar y si pasa los límites máximos permisibles como resultado se obtuvo que a mayor quema de los cultivos de caña mayor concentración de material particulado, a mayor velocidad del viento más dispersión del material particulado se recomendaron que la quema de caña de azúcar sea de 3, 4 y 5 km alejado de la población para de esta manera evitar las enfermedades por aspiración de material particulado proveniente de la quema. Para complementar esta investigación señalamos los **enfoques conceptuales** propiamente dichos de nuestra investigación: La caña de azúcar (Cueva-Orjuela et al., 2017) es una hierba tropical perenne con tallos fibrosos y nudosos que es conocido por su alto contenido de sacarosa, y empleado para la producción de azúcar; este cultivo es uno de los productos más considerable del mundo con aproximadamente 420 millones de toneladas de caña de azúcar cosechada por año. También, el término bagazo (Bautista Montes et al., 2018) es un subproducto orgánico producido a base de la fibra de caña



de azúcar que queda después de haber extraído el jugo, un residuo leñoso; en estado fresco mantiene un 40 % de agua. Además, de manera específica en la producción (Capetillo-Burela et al., 2021) es un transcurso en cadena en la que, se incorporan diversos elementos; la capacidad de producción es la interacción técnica que nos anuncia, para un estado dado de conocimientos especializados, qué porción máxima de producto se puede obtener con cada mezcla de componentes productivos por lapso de tiempo. Al describir los plásticos biodegradables (Hamid et al., 2021) nos referimos a las sustancias de origen verde que son incluidas biológicamente para la fabricación de envases biodegradables entre ellos están, el PLA o más conocido como ácido poliláctico es un producto 100 % renovable y el plástico más utilizado en la actualidad, está constituido por materia prima verde entre ellos almidón, maíz y azúcares. Por otra parte, los llamados plásticos convencionales (Amina et al., 2022) están hechos de polímeros sintéticos, suelen ser sólo desechables y no biodegradables. Cuando se habla, con respecto a la holocelulosa (Serrano et al., 2018) se tiene a un material con composición de celulosa, carbohidratos y hemicelulosas, muy característico de aquellos materiales que tienden a estar compuestos por fibras vegetales. De la misma forma, la lignina es una sustancia que forma parte de la pared celular de los vegetales, el cual tiene las características de brindar dureza y resistencia. Las propiedades mecánicas son otros factores de suma importancia en la formulación de envases biodegradables, debido a que estas influyen en la calidad de los vasos, platos o sorbetes que se obtienen. Dentro de estas propiedades se encuentran tracción, flexión y fracturabilidad (Navia y Bejarana, 2014). La tracción nos indica el tipo de reacción que tendría un producto cuando a este se le aplique tensión describiendo distintas propiedades de elasticidad y alargamiento. Por consiguiente, la flexión se define como la capacidad que tiene un material para poder resistir a deformaciones aplicando una tensión alta (García, 2017). La fuerza de ruptura es la fuerza mediante la cual un material se rompe o se agrieta (Zuluaga, 2018).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

##### 3.1.1 Tipo de investigación

La presente investigación realizada es de tipo aplicada puesto que, de acuerdo con Paucar (2017), está dirigida a encontrar soluciones a los problemas que se presentan a lo largo del proceso, en base a formular preguntas o trabajar hipótesis para abordar los problemas de la vida productiva de la sociedad.

##### 3.1.2 Diseño de investigación

La investigación acotada es de diseño experimental: cuasi experimental pues, conforme con Ramon (2007), define como un análisis en donde se emplea una o más variables para establecer el causa-efecto de manera controlada por el investigador, es decir, se analiza con la intención de ver si afectan a las variables y la razón de ello.

#### 3.2. Variables y operacionalización

##### 3.2.1 Variable independiente

Bagazo de la caña de azúcar.

**Definición conceptual:** El bagazo de la caña de azúcar es el remanente del proceso de elaboración del azúcar a base de la caña, los tallos restantes luego de haberle quitado el jugo azucarado que esta contiene (Bautista Montes et al., 2018).

**Definición operacional:** Para la variable de bagazo de *Saccharum officinarum* (caña de azúcar) se especificará en 3 repeticiones detallando los componentes químicos presentes en la elaboración de envases biodegradables.

**Dimensión:** Características físicas, químicas y mecánicas.

**Indicadores:** Longitud aprovechable, peso, diámetro del tallo, extracción de jugo de caña, celulosa, hemicelulosa, lignina, holocelulosa.

**Escala de medición:** Intervalo.

### **3.2.2 Variable dependiente**

Producción de plástico biodegradable.

**Definición conceptual:** La producción de plástico biodegradable ahorra combustibles fósiles, reduce la emisión de CO<sub>2</sub> y la contaminación del plástico en el mundo (Najah Aliah et al., 2020).

**Definición operacional:** Para la variable producción de plástico biodegradable necesitaremos la obtención de materia prima verde, el tratamiento por el cual será sometido el bagazo de caña de azúcar, las repeticiones y el pesaje.

**Dimensión:** Cantidad de plástico biodegradable.

**Indicadores:** Fibra, agua, peso, láminas, resistencia a la tracción, resistencia a la flexión.

**Escala de medición:** Intervalo.

## **3.3 Población, muestra y muestreo**

### **3.3.1 Población**

5 kg de bagazo de caña de azúcar.

- **Criterios de inclusión:** La población incluirá los restos de bagazo existentes en el sector Andiviela, Morales.
- **Criterios de exclusión:** No se tomará en cuenta el resto de residuos de bagazo existentes en otras localidades ajenas al lugar de estudio.

### **3.3.2 Muestra**

5 kg de bagazo de caña de azúcar.

### **3.3.3 Muestreo**

El muestreo será de forma censal (Figueira y Narea, 2016) puesto que, se toma en cuenta a toda la población del sitio de estudio, para que al momento de aplicar el muestreo censal la población pueda brindarnos ciertos datos referidos a nuestro proyecto de investigación.

**Unidad de análisis:** Conformada por el bagazo de caña de azúcar.

## **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:**

### **3.4.1 Técnicas de recolección de datos**

La técnica implementada es la entrevista (Díaz et al., 2013) que permitirá establecer un diálogo entre el investigador y la persona entrevistada para obtener respuesta a las preguntas que se realizarán en el proyecto de investigación relacionado a la problemática, es también una forma más directa y concisa de obtener información. De la misma manera, la observación (Suárez-Montes, 2016) que utilizaremos como método de percepción al producto; ya que mediante el acto de observación obtendremos conocimiento de la realidad a través de la percepción directa del producto obtenido del bagazo de caña de azúcar.

#### **3.4.2 Instrumentos de recolección de datos**

Para documentar la investigación se empleará una guía de observación de campo (Ortiz, 2016) para el registro sistemático que realizaremos al proceso de elaboración de plástico biodegradable en secuencia cronológica, basadas en nuestros objetivos y problemáticas. De igual forma, se utilizará una ficha de investigación (Herrera y Marina, 2008) que será de fundamental ayuda para estructurar las ideas importantes, clasificando fácilmente la información en función al esquema de trabajo diseñado anteriormente, recopilando ideas de un tema específico.

### **3.5. Procedimientos**

El procedimiento a seguir para el desarrollo de la presente investigación es como se detalla a continuación:

#### **Primera etapa: Etapa de gabinete inicial**

- Se solicitó un permiso a la señora propietaria Redelinda Salas de Salas en el sector Andiviela, Morales para la ejecución de nuestra investigación (ver Anexo 04). Luego de la aceptación, se reconoció el área mediante el programa ArcGis 10.8 la ubicación exacta con mayor producción de caña de azúcar indicando sus coordenadas. Seguidamente, se pasó a la identificación de las características de la caña que será procesada para la obtención de bagazo

(diámetro y largo aprovechable) para el posterior proceso de extracción del jugo y obtención de bagazo, separando la parte aprovechable de la fibra de bagazo de caña de azúcar (corcho).



Caña de azúcar criolla (color amarillento).

- Para describir las propiedades químicas y mecánicas del bagazo de caña de azúcar solicitamos la cotización de servicios al laboratorio “*Sistema de servicios y análisis químicos S.A.C. SLAB*” para el análisis de los parámetros y el tipo de metodología que se aplicará.

#### **Segunda etapa: Etapa de campo**

- Por consiguiente, se seleccionó 5 kg de bagazo fresco de caña de azúcar, para la posterior limpieza con agua eliminando el exceso de sacarosa y residuos existentes, a su vez, ser llevado a secar en temperatura ambiente por 72 horas.
- Se procedió a la molienda de los 5 kg de bagazo seco de caña de azúcar hasta obtener partículas pequeñas, obteniéndose como resultado 1 kg de polvo fino.
- Una vez obtenido el polvo fino de bagazo de caña de azúcar, se realizó la mezcla con los siguientes insumos: Agua destilada, glicerina, vinagre blanco,

colapiz y goma de arroz para ser llevado a la estufa por 3 días, a temperatura 70°C, consiguiendo la elaboración de plástico biodegradable.

### **Tercera etapa: Etapa de gabinete final**

- El producto semiacabado pasará por una prueba de resistencia a la tracción y resistencia a la flexión.
- Presentación de envases biodegradable.

### **3.6. Método de análisis de datos**

El método de análisis que se usó en esta investigación es la estadística descriptiva, para determinar, analizar y recolectar información de nuestra muestra seleccionada así mismo se utilizará el programa Microsoft Excel, SPSS y ArcGis 10.8 que permitirá obtener datos más precisos y un diseño mejor elaborado.

### **3.7. Aspectos éticos**

Para llevar a cabo esta investigación analizamos los principios éticos más adecuados para nuestro estudio; poniendo en primer lugar la línea de respeto hacia los diferentes autores. Asimismo, la información ha sido utilizada únicamente con fines educativos, citando acorde la regla vigente, manteniendo los derechos del autor e impidiendo que se pueda mancillar el contenido recopilado.

#### IV. RESULTADOS

De las investigaciones de campo se presentan los siguientes hallazgos:

#### **Generación de bagazo de caña de azúcar en el sector Andiviela, Morales 2022.**

4.1. En el sector Andiviela se generan 2904400 kg de bagazo fresco y 895980 kg de bagazo seco cada año (tabla 1; figuras 1 y 2).

Tabla 1. *Bagazo de caña de azúcar del sector Andiviela, Morales 2022.*

Nº productores	Nombres	Superficie caña	Rdto cañas/ha	Producción cañas por Agricultor	Peso fresco bagazo ha	Peso fresco bagazo productor kg	Peso seco bagazo productor kg
1	Redelinda	2	240000	480000	254400	508800	156960
2	Jesus	2	200000	400000	212000	424000	130800
3	Gabriel	1	160000	160000	169600	169600	52320
4	Job	1	100000	100000	106000	106000	32700
5	Oscar	2	80000	160000	84800	169600	52320
6	Guillermo	2	100000	200000	106000	212000	65400
7	Hilton	2	140000	280000	148400	296800	91560
8	Ruben	3	180000	540000	190800	572400	176580
9	Lorenza	1	100000	100000	106000	106000	32700
10	Martin	2	160000	320000	169600	339200	104640
Total		18	146000	274000	154760	2904400	895980

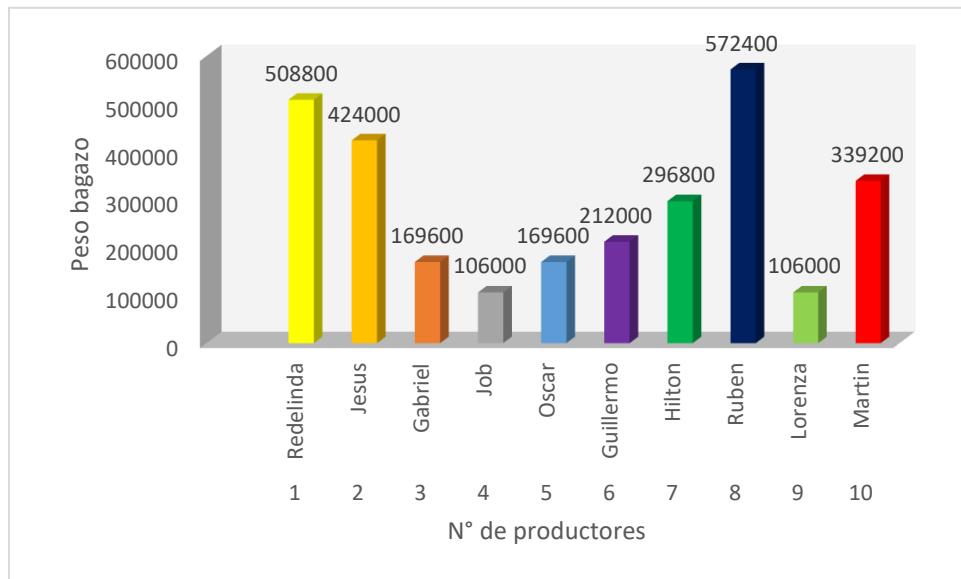


Figura 1: Bagazo fresco por productor del sector Andiviela, Morales 2022 (kg)

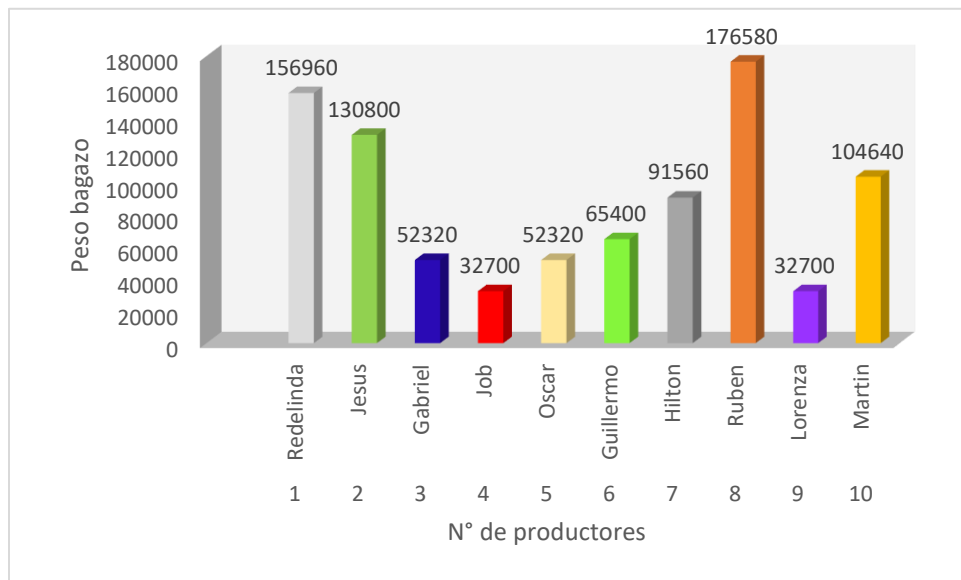


Figura 2: Bagazo seco por productor del sector Andiviela, Morales 2022 (kg)



### Características químicas del bagazo de caña de azúcar, Tarapoto 2022.

4.2. El bagazo de caña del sector Andiviela contiene 17 % de extracción de solubles; 24,35 % de lignina; 26,42 % de hemicelulosa; 45,3 % de celulosa y 71,72 % de holocelulosa (tabla 2; figura 3).

Tabla 2. Características químicas del bagazo de caña de azúcar (*saccharum officinarum*).

Código interno de muestra	Parámetro	Unidad	Resultado
S-4993	Extracción de solubles	%	17
	Lignina	%	24,35
	Hemicelulosa	%	26,42
	Celulosa	%	45,3
	Holocelulosa	%	71,72

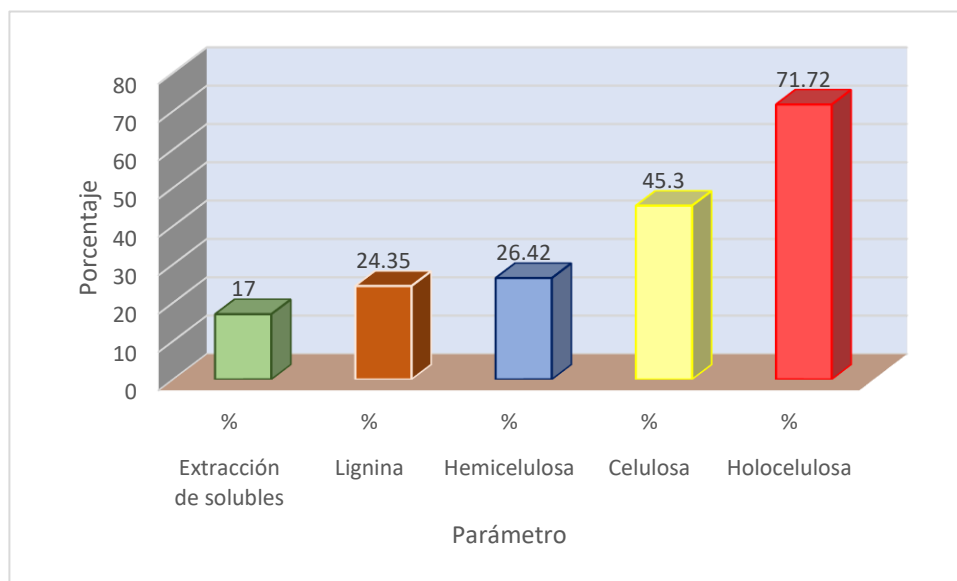


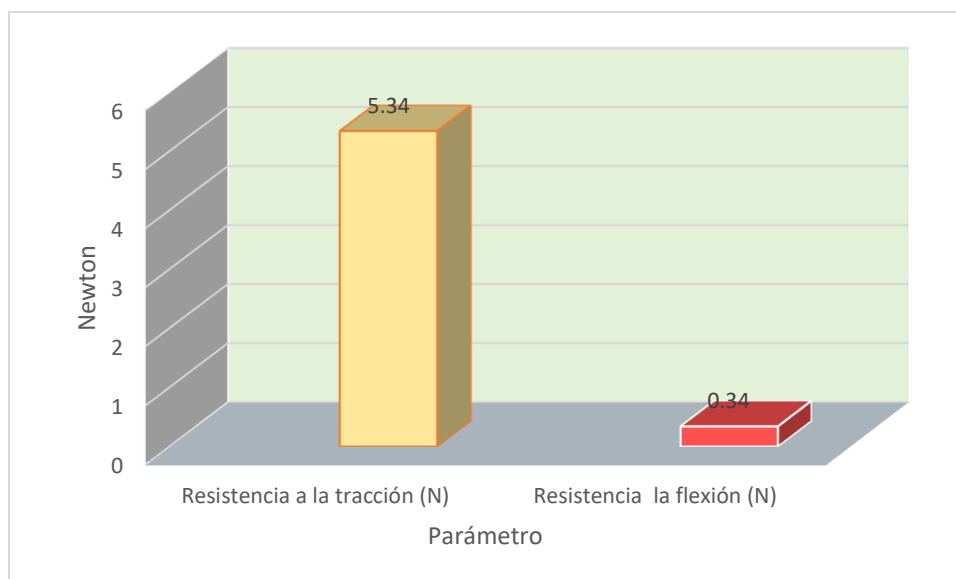
Figura 3: Características químicas del bagazo de caña de azúcar (%)

**Propiedades mecánicas para la obtención de plástico biodegradable, a partir de bagazo de la caña de azúcar, Morales 2022.**

4.3. Las propiedades mecánicas de plástico biodegradable (Lámina de bagazo de caña de azúcar) mostraron resultados de 5,34 N para la resistencia a la tracción y 0,34 N para la resistencia a la flexión (tabla 3; figura 4).

*Tabla 3. Características mecánicas de lámina de bagazo de caña de azúcar.*

Código interno de muestra	Resistencia a la tracción (N)	Promedio (N)	Resistencia a la flexión (N)	Promedio (N)
S-0082	4,79	5,34	0,36	0,34
	6,44		0,47	
	4,79		0,36	
	5,25		0,27	
	3,31		0,3	
	7,18		0,24	
	5,48		0,33	
	6,08		0,29	
	4,92		0,42	
	5,12		0,39	



*Figura 4: Características mecánicas de lámina del bagazo de caña de azúcar (N)*

## Producción de plástico biodegradable, a partir del bagazo de la caña de azúcar, Morales 2022.

4.4. Para elaborar plástico biodegradable se utilizó 28 g bagazo de polvo fino, 350 ml de agua destilada, 21 ml de vinagre blanco y 16 ml glicerina, estos componentes se llevaron a un recipiente a fuego lento hasta alcanzar los 100 °C, para su posterior gelatinización en un lapso de 2,50 min. Por consiguiente, se procedió a incorporar 20 g de colapiz y 16 g de goma de arroz para conseguir una pasta gelatinosa por un tiempo de 4,25 min. Una vez lograda la mezcla se trasladó al molde para el secado final de 25 % en la estufa por 72 horas, a temperatura de 70 °C; obteniéndose una lámina A4 de 81 gramos (figura 5).

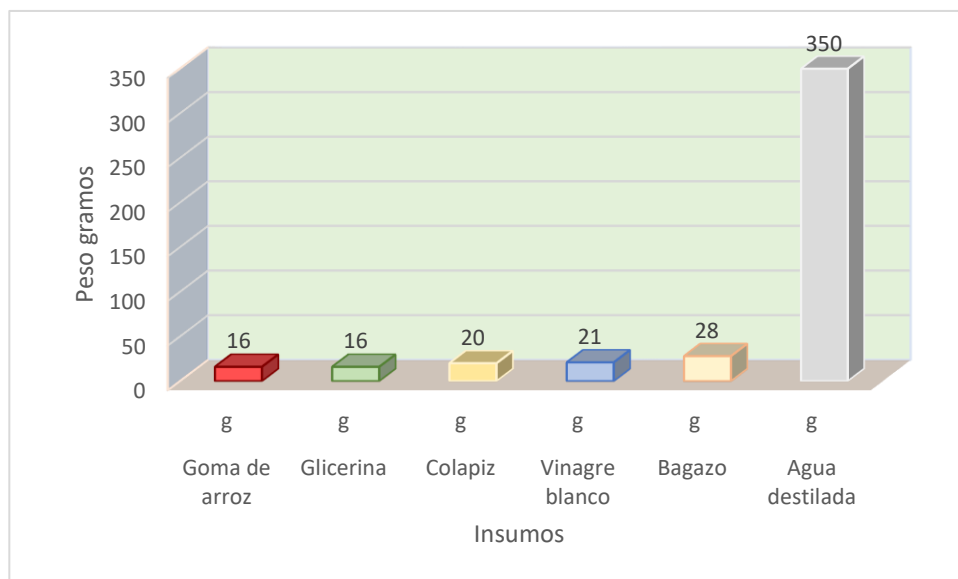


Figura 5: Protocolo para elaborar plástico biodegradable (g)

4.4. La producción de 1,39 kg de harina de bagazo de caña de azúcar, en el sector Andviela, tuvo un costo de S/. 12,22 soles. Corresponde a materiales S/. 10,95 soles (89,61 %); a mano de obra S/. 1,21 soles (9,90 %); a equipos y herramientas S/. 0,06 soles (0,49 %) (tabla 4).

Tabla 4. Costo unitario de producción de 1,396 kg harina de bagazo.

Componente	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo
<b>Materiales</b>				<b>10,95</b>
Bagazo fresco	kg	15,90	0,5	7,95
Molienda	Global	1	3	3
<b>Mano de obra</b>				<b>1,21</b>
Manipulación	HH	0,1932	6,25	1,21
<b>Equipos y herramientas</b>				<b>0,06</b>
Equipos y herramientas	%	5	1,21	0,06
<b>Total</b>				<b>12,22</b>

4.5. La elaboración del plástico biodegradable tuvo un costo de S/. 7,70 soles. Incluye materiales S/. 5,14 soles (66,75 %); a mano de obra S/. 1,56 soles (20,26 %) y herramientas S/. 1,00 sol (12,99 %) (tabla 5).

Tabla 5. Costo unitario para la elaboración del plástico biodegradable.

Componente	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo
<b>Materiales</b>				<b>5,14</b>
Bagazo	g	28	0,01	0,25
Agua destilada	ml	350	0,004	1,40
Glicerina	ml	16	0,05	0,80
Vinagre blanco	ml	21	0,006	0,13
Colapiz	g	20	0,125	2,50
Goma de arroz	g	16	0,004	0,06
<b>Mano de obra</b>				<b>1,56</b>
Manipulación	HH	0,25	6,25	1,56
<b>Herramientas</b>				<b>1</b>
Jeringa	global	2	0,5	1
<b>Total</b>				<b>7,70</b>

## V. DISCUSIÓN

Resano et al. (2022), afirma que el bagazo de caña de azúcar tiene 20,61 % de hemicelulosa; 29,80 % de celulosa y 5,70 % de lignina; por su parte, en el presente estudio, el bagazo de caña del sector Andiviela contiene 26,42 % de hemicelulosa, 6 % más; asimismo, 45,3 % de celulosa, es decir 15,5 % más; de igual forma, 24,35 % de lignina, es decir 18,65 % más que el material de Resano. Además, presenta 17 % de extracción de solubles y 71,72 % de holocelulosa. Pranata et al. (2021) en su presente investigación de bagazo de caña de azúcar obtuvieron 40% de celulosa, 10,2 % más que Resano, 5,3 % menos que el presente estudio, siendo este el único material estudiado, del mismo modo, Chadijah et al. (2018) obtuvo 40 % de celulosa, mismo porcentaje que el estudio de Pranata. De esta manera, los valores obtenidos de ambos análisis están dentro del rango de buena calidad, eso hace que el bagazo de caña de azúcar (BCA) sea el más adecuado para su uso en la fabricación de envases biodegradables. Por otra parte, Bolio-Lopez (2017) obtuvieron 50 % de celulosa como valor más importante, empleando un pretratamiento que consiste en colocar 5 kg de caña seca picada en un tanque de 100L NaOH al 10 % en una duración de 2 días, por otro lado, en nuestra investigación desarrollada en el sector Andiviela, se obtuvo 45,3 % de celulosa como valor principal, 4,7 % menos; utilizando el método de Kurschner y Hoffer en donde se empleó 150 mg de polvo fino de bagazo de caña de azúcar como muestra por un periodo de 8 días, es decir 6 días más que la metodología de Bolio-Lopez. Esta variación de porcentajes en las muestras es debido a que el estudio realizado se dio por distintas formas de extracción de jugo de caña de azúcar de manera artesanal e industrial, como también distintos tipos de metodologías aplicadas. En los resultados correspondientes de Garcia (2017) en su estudio de investigación realizó 9 muestras analizadas, donde alcanzó un promedio de 3,61 N de resistencia a la tracción y 5,38 N en resistencia a la flexión durante la elaboración de un biocompuesto elaborado a base de bagazo de caña de azúcar (BCA) y caucho natural, de modo que, en nuestra presente investigación desarrollada en el sector Andiviela se determinó el resultado de 10 muestras, donde obtuvimos 5,34 N en resistencia a la tracción, es decir 1,73 más y 0,34 N resistencia a la flexión, 5,04 N menos del presente

estudio de Garcia, en la prueba realizada de una lámina a base de polvo fino de *saccharum officinarum*. Concluyendo que, ambas investigaciones según Garcia no están en el rango establecido equivalente a 15 N en resistencia a la tracción para poder sustituir al plástico convencional por lo que se debe mejorar y variar las composiciones de ambos estudios. Por su parte, Chaves et al. (2018) en su investigación realizó diferentes tratamientos para la resistencia a la flexión, como primer resultado alcanzó 0,918 N para el recipiente elaborado a partir del pinzote de banano; 0,945 N para el recipiente fabricado a base de bagazo de caña y 0,962 N para el recipiente elaborado a partir del raquis de palma africana; en el presente estudio, desarrollado en el sector Andiviela se consiguió el valor de 0,34 N para la resistencia a la flexión, 0,578 N menos que el pinzote de banano, 0,605 N menos que el bagazo de caña y 0,622 N menos que la palma africana, materiales evaluados por el estudio de Chaves, evidenciando que el recipiente elaborado a partir del raquis de palma africana presenta una mejor calidad, ya que su tensión elástica es mayor que la de los otros tres recipientes. Por tal razón, se puede visualizar que nuestros valores alcanzados presentan una menor resistencia a la flexión, siendo un producto de menor calidad. En el Perú, en los últimos años ha aumentado el interés por la producción de plásticos biodegradables a partir de materias primas como es el caso de bagazo de caña de azúcar para la obtención de estos materiales siendo una estrategia plausible, no sólo porque evita la excesiva producción de plásticos convencionales, sino porque además aprovecha un residuo (que hoy en día se acumula o se quema al aire libre). De acuerdo con Ehman y Area (2021) es una problemática ambiental, afectando enormemente la calidad de aire por las emisiones de dióxido de carbono, partículas, dióxido de azufre, entre otros, así también genera la degradación del suelo, restándole capacidad fértil, por lo que se plantean la elaboración de plásticos biodegradables para controlar la epidemia que repercute esta actividad. Del mismo modo, Cubilla et al. (2020), en su estudio, se basaron en la fabricación de artículos biodegradables, utilizando material orgánico como la fibra de coco y cáscara de plátano, manteniendo una buena calidad, textura y resistencia del producto final, al mismo tiempo, fabricaron el mismo material con bagazo de caña de azúcar; resultando un material con las mismas propiedades

funciones por sus mismas composiciones químicas, del mismo modo, con lo obtenido en este presente estudio realizado en el sector Andiviela evidencian insumos orgánicos, entre ellos están el agua destilada, bagazo de caña de azúcar%, glicerina, vinagre blanco, colapiz, goma de arroz para la elaboración de plástico biodegradable. Por tanto, se obtuvo una textura similar añadiendo diferentes insumos al estudio de Cubilla, concluyendo que se pueden emplear otras materias primas; para la producción de plástico biodegradable y, pronto reemplazarán en su totalidad a los plásticos convencionales. Liu et al. (2020), en su estudio utilizaron fibras naturales de bagazo de caña de azúcar y bambú por sus principales componentes lignocelulósica, durante el proceso de fabricación de vajillas se utilizaron 70 % de bagazo , mezclando con agua al 3 %, añadiendo después AKD emulsión de cera como impermeabilizante, después procedieron a deshidratar las fibras de bagazo y bambú para finalmente ser transferidos a los moldes a una temperatura de 90°C bajo una presión de 25-27 Mpa, obteniendo vajillas altamente resistentes ya que las fibras se entrelazan perfectamente de tal manera que mostraron una alta resistencia mecánica y peso ligero, por su parte, Elkayaly et al. (2021) en su investigación de envases ecológicos emplearon bagazo de caña de azúcar al 5 % y agua un 95 %, incorporando agentes resistentes al agua y al aceite para conseguir mayor resistencia e impermeabilidad, luego de la obtención de la pasta homogénea bombearon a un molde de formación a 150°C con una presión de 0,024 MPa; este producto semi secado se trasladaron a moldes de secado total, para ser dirigido a la máquina cortadora y obtener la forma deseada final teniendo como resultado la producción de vajillas ecológicas por su alta reducción de energía en el proceso de fabricación. De tal forma, en nuestro presente estudio para la fabricación de envases biodegradables se empleó 80 % de bagazo, es decir 10 % más que Liu, 15 % menos que Elkayaly, 20 % agua destilada, 17 % más que Liu, 70 % menos que lo empleado por Elkayaly y componentes orgánicos como el colapiz y goma de arroz, para conseguir resistencia e impermeabilidad, en comparación al estudio de Liu dónde empleo cera como impermeabilizante, a diferencia de Elkayaly que utilizó agentes resistentes al agua y el aceite, una vez conseguida la mezcla se procedió a trasladar a una estufa a 70°C, es decir 30°C menor que Liu y 80°C menor que

Elkayaly obteniendo en los tres estudios plásticos biodegradables resistentes y óptimas.



## VI. CONCLUSIONES

En el sector Andiviela existen 10 productores de caña de azúcar, que conducen 18 hectáreas.

Las características químicas del bagazo de caña de azúcar del sector Andiviela, se encuentran dentro del rango para la elaboración de plástico biodegradable según indicado por García (2017).

La resistencia a la tracción (15 N) y resistencia a la flexión (0,9 N) de la lámina de plástico biodegradable obtenida, no son óptimas para la sustitución del plástico convencional.

El corcho del bagazo de caña de azúcar seco, se convierte en harina, luego de moler y tamizar. Éste insumo sirve para la elaboración de plástico biodegradable, aceptando la hipótesis de investigación: “el bagazo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) permite obtener la producción de plástico biodegradable”.

## **VII. RECOMENDACIONES**

A los investigadores de caña de azúcar, tomar en cuenta la cantidad de bagazo que se produce en el sector Andiviela para realizar otros estudios.

A los investigadores, tomar en cuenta aditivos que ayuden a la resistencia e impermeabilidad en la producción de plástico biodegradable, a partir de bagazo de caña de azúcar.

A los empresarios emprendedores, tomar en cuenta el corcho de bagazo de caña del sector Andiviela para la producción industrial de plástico.

## REFERENCIAS

- ANA BECERRA QUIROZ. 2016 «Evaluación de la sustentabilidad del aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar en el Valle del Cauca». Documento de Tesis de Maestría (1).pdf.
- ANA MARÍA MARTÍNEZ DE SÁNCHEZ. 2013 «Diseño de investigación. Principios teóricos, metodológicos y prácticos para su concreción». moyas, Journal, manager,05, MARTINEZ-IV-2012-2013\_037-063.pdf.
- BACCAR CHAABANE, AMINA, ESTHER ROBBE, GERALD SCHERNEWSKI, Y HENDRIK SCHUBERT. 2022. «Decomposition Behavior of Biodegradable and Single-Use Tableware Items in the Warnow Estuary (Baltic Sea)». *Sustainability* 14(5): 2544.
- BAUTISTA MONTES, LETICIA, OCTELINA CASTILLO RUIZ, ROSA ISSEL ACOSTA GONZÁLEZ, EFRÉN GARZA CANO, Y GUADALUPE CONCEPCIÓN RODRÍGUEZ CASTILLEJOS. «Aprovechamiento de bagazo de caña de azúcar para obtención de furfural». Editado por la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. *Inventio* 14, n.o 34 (1 de noviembre de 2018) <https://doi.org/10.30973/inventio/2018.14.34/5>.
- BOLIO-LÓPEZ, G. I. «Planta piloto para obtención de celulosa de residuos de caña de azúcar (*saccharum spp.*) y elaboración de recipientes biodegradables». *Agro Productividad* 10, n.º 11 (2017). <https://revistaagroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/64>.
- CAPETILLO-BURELA, A., R. ZETINA-LEZAMA, M. A. REYNOLDS-CHÁVEZ, M. CADENA-ZAPATA, J. A. LÓPEZ-LÓPEZ, C. MATILDE-HERNÁNDEZ, Y A. ESPINOZA DEL CARMEN. «Elaboración de papel con seis variedades de *pennisetum purpureum schumach* en Veracruz, México». *Rev. iberoam. bioecon. cambio clim.* 7, n.o 14 (16 de octubre de 2021): 1674-96. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v7i14.12608>.
- CHADIJAH, S., W. O. RUSTIAH, Y M. I. D. MUNIR. 2018. «Determination of the optimum concentration cellulose baggase in making film bioplastic». *Journal of*

*Physics: Conference Series* 979:012026. doi: 10.1088/1742-6596/979/1/012026.

CHAVES, KEVIN ROBERTO ALTAMIRANO, KIMBERLY ADDEN PINNOCK, LUIS DIEGO MORA SALAZAR, JORBRI BRIONES ELIZONDO, JOSEPH CABRACA VARGAS, Y KARINA RODRÍGUEZ MORA. «Evaluación de la tensión elástica de recipientes elaborados a partir de residuos orgánicos.» *Ingeniería* 28, n.º 1 (2018): 29-40. <https://doi.org/10.15517/ri.v28i1.30587>.

CUBILLA, KATHERINE, YURISBETH GONZÁLEZ, GÉNESIS MONTEZUMA, MARÍA SAMUDIO, Y EVIDELIA GÓMEZ. «Fibra de coco y cáscara de plátano como alternativa para la elaboración de material biodegradable». *Revista de Iniciación Científica* 5, n.º 2 (23 de marzo de 2020): 15-20. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v5.2.2496>.

CUEVA-ORJUELA, JUAN CARLOS, ANGELINA DEL SOCORRO HORMAZA-ANAGUANO, Y ANDRÉS MERINO-RESTREPO. «Sugarcane bagasse and its potential use for the textile effluent treatment». *DYNA* 84, n.º 203 (1 de octubre de 2017): 291-97. <https://doi.org/10.15446/dyna.v84n203.61723>.

CUCINA, MIRKO ET AL. 2022. «Assessing the anaerobic degradability and the potential recovery of biomethane from different biodegradable bioplastics in a full-scale approach». *Bioresource Technology* 354: 127224.

DANIELA CARBAJAL. 2017.«Eficiencia del Bagazo de la Caña de Azúcar en la Remoción de Plomo de Aguas Contaminadas, a nivel de laboratorio». Carbajal\_EDE (1).pdf

EHMAN, NANCI, Y MARÍA CRISTINA AREA. 2021. «Los bioplásticos están revolucionando la industria del embalaje». : 5.

ELKAYALY, DINA, NAHLA HAZEM, Y IRENE S. FAHIM. 2021. «Green and Sustainable Packaging Manufacturing: a Case Study of Sugarcane Bagasse-Based Tableware in Egypt». *Circular Economy and Sustainability*. <https://link.springer.com/10.1007/s43615-021-00136-8>.

FARFAN CORDOVA, MARLON GASTON, Y HARY HERNANDO PASTOR SIMON. «Ceniza de bagazo de caña de azúcar en la resistencia a la compresión del concreto». *UCV HACER* 7, n.o 3 (1 de septiembre de 2018).

<https://doi.org/10.18050/RevUCVHACER.v7n3a2>.

GARCIA VARGAS, CINTHIA CHERYL. 2017 «Obtención de un material biocompuesto a partir de bagazo de caña de azúcar y caucho natural como sustituto del plástico». <https://hdl.handle.net/20.500.12692/3533>

HAMID, LIQAA, SHERIFA ELHADY, AHMED ABDELKAREEM, Y IRENE FAHIM. 2022. «Fabricating Starch-Based Bioplastic Reinforced with Bagasse for Food Packaging». *Circular Economy and Sustainability*. <https://link.springer.com/10.1007/s43615-021-00139-5>.

HERRERA VÁZQUEZ, MARINA ADRIANA, Métodos de investigación 1. Un enfoque dinámico y creativo, México, Esfinge, 2008.

INDARTI, E ET AL. 2021. «Development of environmental-friendly biofoam cup made from sugarcane bagasse and coconut fiber». *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 711(1): 012011.

JUN CHONG ET AL, 2022. «Microalgae-based bioplastics: Future solution towards mitigation of plastic wastes». 1-s2.0-S0013935121019216-main.pdf

LIU, CHAO ET AL. 2020. «Biodegradable, Hygienic, and Compostable Tableware from Hybrid Sugarcane and Bamboo Fibers as Plastic Alternative». *Matter* 3(6): 2066-79.

LORENA GONZÁLEZ. 2021 «Plan de Negocio para el Aprovechamiento Sostenible del Bagazo de Caña en la Obtención de Empaques con Valor Agregado».GonzálezLorena2021. pdf

MARADIAGA RODRIGUEZ, WALTER DANILO, ADÃO WAGNER EVANGELISTA, CARLOS R SETTE JR, JOSÉ ALVES JÚNIOR, Y MACKSUEL FERNANDES DA SILVA. «Producción de briquetas con residuos de cáscara de piñón manso (*Jatropha curcas*) y bagazo de caña de azúcar». *Bosque (Valdivia)* 38, n.º 3 (2017): 527-33. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002017000300010>.

MAYRA ESPINOZA. 2018 «Aprovechamiento del bagazo de caña de azúcar en la fabricación de bloques ecológicos para mampostería liviana» *Perfiles08Art3.pdf*.

MORALES, BELÉN MARÍA PARICAGUÁN, Y JOSÉ LUIS MUÑOZ CUEVAS. «Studies of the mechanical properties of concrete reinforced with sugar cane bagasse

- fibers», n.º 2 (2019): 11.
- NÉSTOR D. SUÁREZ-MONTES<sup>1</sup> MG. JESSICA V. SÁENZ-GAVILANES, LIC. JESSICA M. MERO-VÉLEZ. 2016 «Elementos esenciales del diseño de la investigación. Sus características» Dialnet-ElementosEsencialesDelDisenoDeLaInvestigacionSusCa-5802935.pdf
- OSCAR JURADO. 2020. «Regulación ambiental y la quema de caña de azúcar en el Distrito de la Huaca, Piura, periodo 2015-2018» jurado\_aoaf.pdf.
- PRANATA, A., H. NASUTION, H. HARAHAP, Y A. YUSTIRA. 2021. «The effect solvent type on natural fiber immersion process on tensile strength of cellulose-based bioplastic». IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 912(1):012062. doi: 10.1088/1755-1315/912/1/012062.
- RESANO, DAVID, OSCAR W. GUILLEN, FABIOLA D.R. UBILLÚS, Y JOSÉ L. BARRANZUELA. «Caracterización fisicoquímica del bagazo de caña de azúcar industrial y artesanal como material de construcción». *Información tecnológica* 33, n.º 2 (abril de 2022): 247-58. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642022000200247>.
- RELAT, J MUNTANÉ. 2010. «INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN BÁSICA». 33: 7 RAPD Online 2010 V33 N3 03.pdf.
- ROBLEDO-ORTÍZ, JORGE R. ET AL. 2021. «Valorization of Sugarcane Straw for the Development of Sustainable Biopolymer-Based Composites». *Polymers* 13(19): 3335.
- SERRANO, S., CHARRIS I, Y O, CÓRTEZ. «El papel de los hongos degradadores de celulosa presente en el bagazo de caña de azúcar como alternativa industrial en la producción de bioetanol de segunda generación». *Microciencia* 7 (2018): 45-55.
- VARGAS, CINTHIA CHERYL GARCÍA. «Obtención de un material biocompuesto a partir de bagazo de caña de azúcar y caucho natural como sustituto del plástico». : 90.

## ANEXOS

**Anexo 01.** Tabla de operacionalización de variables.

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p><b>Variable independiente:</b></p> <p>Bagazo de la caña de azúcar</p>	<p><b>Bautista Montes et al. (2018)</b>, El bagazo de la caña de azúcar es el remanente del proceso de elaboración del azúcar a base de la caña, los tallos restantes luego de haberle quitado el jugo azucarado que esta contiene.</p>	<p>Para la variable bagazo de <i>Saccharum officinarum</i> (caña de azúcar) se especificará en 3 repeticiones detallando los componentes químicos presente en la elaboración de envases biodegradables.</p>	<p>Características físicas, químicas y mecánicas</p>	<p>Longitud aprovechable</p> <p>Peso</p> <p>Diámetro del tallo</p> <p>Extracción de jugo de caña</p> <p>Celulosa</p> <p>Hemicelulosa</p> <p>Lignina</p> <p>Holocelulosa</p>	<p>Intervalo</p>
<p><b>Variable dependiente:</b></p> <p>Producción de plástico biodegradable</p>	<p><b>Najah Aliah et al. (2020)</b>, la producción de plástico biodegradable ahorra</p>	<p>Para la variable Producción de plástico biodegradable necesitaremos la obtención de</p>	<p>Cantidad de plástico</p>	<p>Fibra</p> <p>Agua</p> <p>Peso</p>	<p>Intervalo</p>

	combustibles fósiles, reduce la emisión de Co2 y la contaminación del plástico en el mundo.	materia prima verde, el tratamiento por el cual será sometido el bagazo de caña de azúcar, las repeticiones y el pesaje.	biodegradable	Láminas Resistencia a la tracción Resistencia a la flexión	
--	---	--	---------------	--	--







## GUÍA DE OBSERVACIÓN

### DATOS PERSONALES DE LOS OBSERVADORES

<b>Nombres y Apellidos</b>	Arévalo Lapiz Patrick Junior Rios Flores Michelle Elizabeth
<b>Facultad</b>	Ingeniería y Arquitectura
<b>Escuela Profesional</b>	Ingeniería Ambiental
<b>Correo Electrónico</b>	Parevalola999@ucvvirtual.edu.pe meriosr@ucvvirtual.edu.pe

### DATOS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>Título</b>	Producción de plástico biodegradable, a partir de bagazo de <i>Saccharum officinarum</i> (caña de azúcar), Morales 2022.		
<b>Lugar</b>	Sector Andiviela	<b>Distrito</b>	Morales
<b>Provincia</b>	San Martín	<b>Fecha</b>	19/09/2022

### PROPIEDADES MECÁNICAS PARA LA OBTENCIÓN DE PLÁSTICOS BIODEGRADABLES

Resistencia a la tracción (N)	Resistencia a la flexión (N)	Norma Técnica	
		ASTM D638	ASTM D790



## FICHA DE INVESTIGACIÓN

### DATOS GENERALES


<b>Título</b>	Producción de plástico biodegradable, a partir de bagazo de <i>Saccharum officinarum</i> (caña de azúcar), Morales 2022.		
<b>Línea de investigación</b>	Tratamiento y Gestión de los Residuos Sólidos		
<b>Facultad</b>	Ingeniería y Arquitectura		
<b>Escuela Profesional</b>	Ingeniería Ambiental		
<b>Autores</b>	Arévalo Lapiz Patrick Junior Rios Flores Michelle Elizabeth		
<b>Asesor</b>	MSc. Ordoñez Sanchez Luis Alberto		
<b>Lugar</b>	Sector Andiviela   Morales	<b>Fecha</b>	19/09/2022

### DATOS DE LA INVESTIGACIÓN

Codificación	Dosis	Repeti ciones	Cantidad de residuos	Parámetros de control			Cantidad de lámina biodegradable (cm)
				Fibra (g)	Agua (ml)	Peso (g)	
T1	Dosis 1	T 1	16 g goma de arroz + 16 ml glicerina + 20 colapiz + 21 ml vinagre blanco + 48 g bagazo + 600 ml agua destilada.				
			16 g goma de				

		T 2	arroz + 16 ml glicerina + 20 colapiz + 21 ml vinagre blanco + 20 g bagazo + 300 ml agua destilada.				
		T 3	16 g goma de arroz + 16 ml glicerina + 20 colapiz + 21 ml vinagre blanco + 28 g bagazo + 350 ml agua destilada.				

**Anexo 03.** Validación de instrumentos de recolección de datos.

 **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

Opinión de aplicabilidad:    Aplicable     Aplicable después de corregir [ ]    No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / Mg: Karla Luz Mendoza López

DNI: 44598700


Especialidad del validador: Ecología

N° de años de Experiencia profesional: 10 años

28 de Septiembre del 2022

<sup>1</sup>Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado.  
<sup>2</sup>Relevancia: El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo  
<sup>3</sup>Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

  
-----  
**Karla Luz Mendoza López**  
DOCTORA EN CIENCIAS AMBIENTALES  
Firma del ED ~~Perito~~ **Perito** Formante.  
Especialidad

Opinión de aplicabilidad:    Aplicable []    Aplicable después de corregir [ ]    No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador Dr. / Mg: Jorge Paz Urrelo

DNI: 13452379

Especialidad del validador: INVESTIGADOR AGRARIO

N° de años de Experiencia profesional: 12 AÑOS

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

06 de octubre del 2022

Jorge Paz Urrelo  
Ing\* Msc. Jorge Luis Paz Urrelo  
ING. AGRONOMO  
CIP 120044

Firma del Experto Informante.  
Especialidad



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Opinión de aplicabilidad:    **Aplicable [x ]**    **Aplicable después de corregir [ ]**    **No aplicable [ ]**

**Apellidos y nombres del juez validador Dr. / Mg: Lindsay Montilla Pérez.**

**DNI: 45210280**

**Especialidad del validador:....Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible.**

**N° de años de Experiencia profesional: 11 años**

<sup>1</sup>**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado.

<sup>2</sup>**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar al componente o dimensión específica del constructo

<sup>3</sup>**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo

**Nota:** Suficiencia, se dice suficiencia cuando los ítems planteados son suficientes para medir la dimensión

**Moyobamba 26 de Setiembre del 2022**



**Firma del Experto Informante.**

**Especialidad**

**Anexo 04. Carta de autorización.**

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

**SOLICITO:** Autorización para realizar nuestro proyecto de investigación en su fundo.

**SEÑORA PROPIETARIA DEL FUNDO MONTE VERDE – SECTOR ANDIVIELA  
REDELINDA SALAS DE SALAS**



Es grato saludarlo cordialmente en nombre de la Universidad César Vallejo, a la vez, presentar a los estudiantes Arévalo Lápiz Patrick Junior con DNI N° 71848228 y Michelle Elizabeth Rios Flores identificada con DNI N°48068327; ante Ud. con el debido respeto nos presentamos y expongo:

Que, solicitamos la autorización de su terreno para nuestro desarrollo de proyecto de investigación, ya que nuestra población de estudio es muy recurrente en su propiedad privada.

**POR LO EXPUESTO:**

Ruego a Ud. Acceder a mi solicitud.

Tarapoto, 06 de septiembre del 2022.

**PATRICK ARÉVALO LAPIZ**


**MICHELLE RIOS FLORES**

  
  
**REDELINDA SALAS DE SALAS**  
Si acepto



**Anexo 05.** Mapa de ubicación del área de estudio en el sector Andiviela.



**Anexo 06.** Medición de la longitud aprovechable de la caña de azúcar.



**Anexo 07.** Separación del corcho de bagazo de caña de azúcar.



Anexo 08. Materiales e insumos.



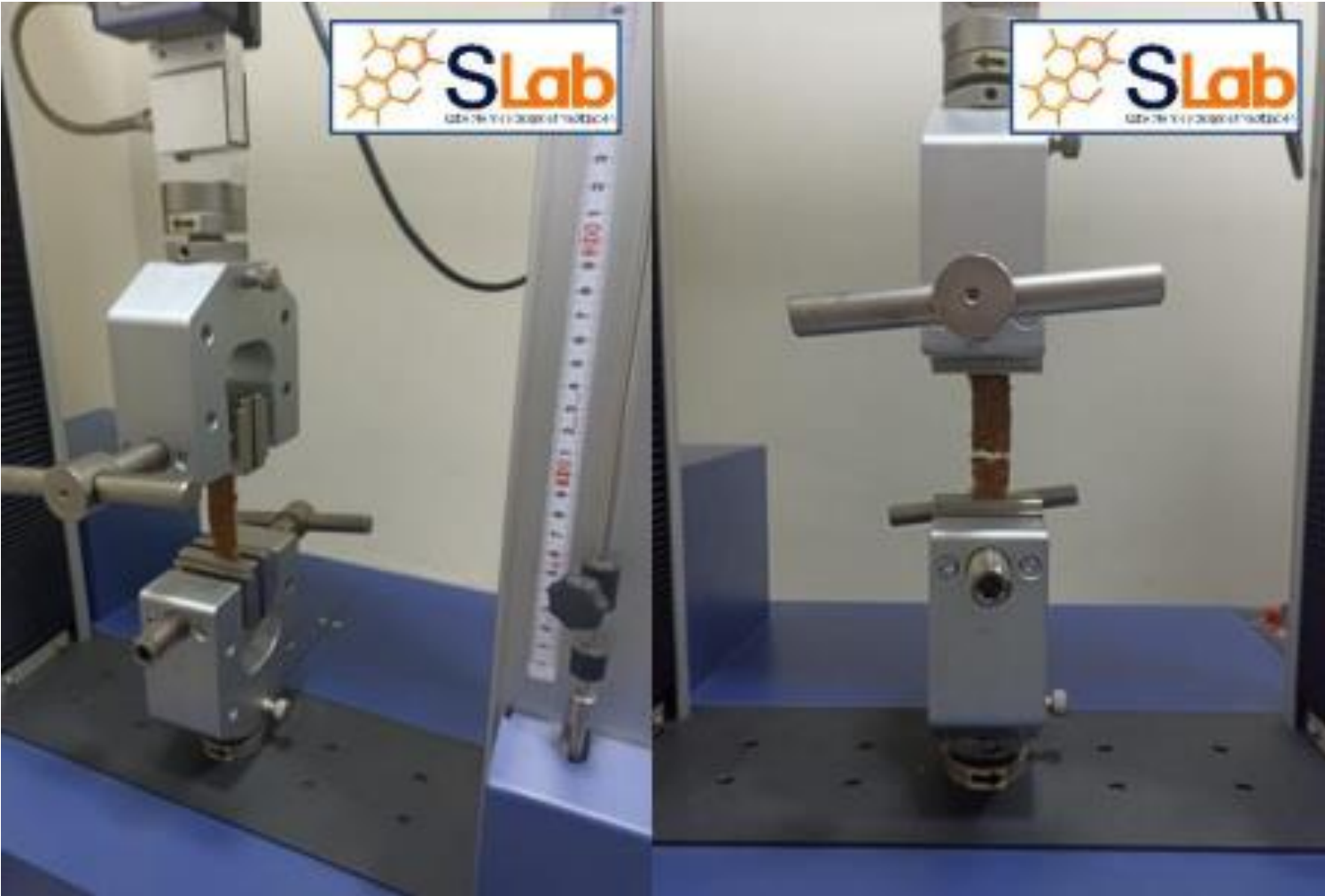
**Anexo 09.** Realización de mezcla para la producción de plástico biodegradable



Anexo 10. Lámina A4 de plástico biodegradable.



Anexo 11. Análisis de resistencia a la tracción.



**Anexo 12.** Análisis de resistencia a la flexión.





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, ORDOÑEZ SANCHEZ LUIS ALBERTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TARAPOTO, asesor de Tesis titulada: "Producción de plástico biodegradable, a partir de bagazo de Saccharum officinarum (caña de azúcar), Morales 2022.", cuyos autores son AREVALO LAPIZ PATRICK JUNIOR, RIOS FLORES MICHELLE ELIZABETH, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TARAPOTO, 01 de Diciembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
ORDOÑEZ SANCHEZ LUIS ALBERTO <b>DNI:</b> 00844670 <b>ORCID:</b> 0000-0003-3860-4224	Firmado electrónicamente por: LORDONEZS el 01- 12-2022 22:05:56

Código documento Trilce: TRI - 0466892