



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

Bandejas biodegradables a partir del bagazo de caña de azúcar

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORAS:

Becerra Medina, Karla Lucero (orcid.org/0000-0002-8014-0219)

Mondragon Nonajulca, Marisol (orcid.org/0000-0002-0714-5179)

ASESOR:

Dr. Monteza Arbulú, César Augusto (orcid.org/0000-0003-2052-6707)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO — PERÚ

2023

DEDICATORIA

A mis padres que han sabido formarme con valores y una voluntad sólida e impetuosa, por sus palabras de motivación en cada paso para lograr mis objetivos, a mis hermanos y todas las personas que nos apoyaron en este camino por su ayuda incondicional y quienes fueron la razón de motivación y esfuerzo cada día.

Karla Lucero

A mi padre y mi madre por todo su cariño y apoyo incondicional brindado en esta etapa universitaria, a toda mi familia por motivarme a ser una profesional de éxito, a ser resiliente y perseverante cuando la situación se pone difícil, y a mí, por siempre dar lo mejor de mí misma para cumplir mis metas.

Marisol

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme las fuerzas para luchar por mis metas, a mis padres que me han reconfortado y motivado en cada paso, a todas las personas que me apoyaron en este camino por su ayuda incondicional. A mi novio por alentarme y apoyarme en este camino a cumplir mi objetivo. A los docentes por guiarme en cada avance y brindarme su experiencia, sabiduría y tiempo dedicado que el día de hoy se ve reflejado en la culminación de esta etapa académica

Karla Lucero

A Dios por darme salud, sabiduría para guiarme y concederme el deseo de cumplir una de mis metas más deseadas; a mi asesor por su orientación y aportes durante la trayectoria de esta investigación; a mis padres y toda mi familia por todo el amor, comprensión y soporte en cada uno de mis logros.

Marisol

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, MONTEZA ARBULÚ CÉSAR AUGUSTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Bandejas biodegradables a partir del bagazo de caña de azúcar", cuyos autores son MONDRAGON NONAJULCA MARISOL, BECERRA MEDINA KARLA LUCERO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12.00%, 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.

CHICLAYO, 16 de Noviembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
MONTEZA ARBULÚ CÉSAR AUGUSTO DNI: 16681280 ORCID: 0000-0003-2052-6707	Firmado electrónicamente por: MARBULUCA el 17- 11-2023 12:31:31

Código documento Trilce: TRI - 0654888

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LAS AUTORAS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, MONDRAGON NONAJULCA MARISOL, BECERRA MEDINA KARLA LUCERO estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Bandejas biodegradables a partir del bagazo de caña de azúcar", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

Nombres y Apellidos	Firma
MARISOL MONDRAGON NONAJULCA DNI: 72260369 ORCID: 0000-0002-0714-5179	Firmado electrónicamente por: MMONDRAGONN el 16-11-2023 18:38:53
KARLA LUCERO BECERRA MEDINA DNI: 77809046 ORCID: 0000-0002-8014-0219	Firmado electrónicamente por: BMEDINAKL el 16-11-2023 10:05:47

Código documento Trilce: TRI - 0654886

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LAS AUTORAS.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	12
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	12
3.2. Variable 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.....	26
3.7. Aspectos éticos.....	26
IV.RESULTADOS.....	27
V.DISCUSIÓN.....	44
VI. CONCLUSIONES.....	49
VII. RECOMENDACIONES:.....	50
REFERENCIAS.....	51
ANEXOS.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. <i>Materia prima e insumos para la producción de las bandejas</i>	17
Tabla 02. <i>Características físicas del bagazo de caña de azúcar pulverizado</i>	27
Tabla 03. <i>Características físicas de almidón de yuca</i>	27
Tabla 04. <i>Características físicas de la goma de tara</i>	28
Tabla 05. <i>Características de la hidrólisis alcalina</i>	28
Tabla 06. <i>Características de la hidrólisis ácida</i>	28
Tabla 07. <i>Dosis de las pruebas</i>	29
Tabla 08. <i>Propiedades físicas de las bandejas biodegradables a partir del bagazo de caña de azúcar</i>	32
Tabla 09. <i>Metodología para evaluar la densidad y humedad</i>	33
Tabla 10. <i>Proceso de biodegradación de las bandejas mediante la prueba de entierro</i>	33
Tabla 11. <i>Proceso de Biodegradación de las bandejas mediante la prueba de entierro</i>	35
Tabla 12. <i>Tabla comparativa de la biodegradabilidad de las bandejas mediante la prueba de entierro</i>	36
Tabla 13. <i>Degradación acelerada a 35°C de BD-3</i>	38
Tabla 14. <i>Degradación acelerada a 60°C de BD-4</i>	39
Tabla 15. <i>Tabla comparativa de la biodegradabilidad de las bandejas mediante la prueba de degradación acelerada</i>	40
Tabla 16. <i>Metodología para evaluar la biodegradabilidad de las bandejas</i>	42

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 01.</i> Flujoograma de la elaboración de las bandejas biodegradables.....	16
<i>Figura 02.</i> Tamizaje.....	19
<i>Figura 03.</i> Pulverización.....	19
<i>Figura 04.</i> Hidrolisis alcalina.....	20
<i>Figura 05.</i> Secado de la hidrolisis alcalina	20
<i>Figura 06.</i> Hidrolisis ácida	21
<i>Figura 07.</i> Secado de la hidrolisis ácida	21
<i>Figura 08.</i> Preparación del adhesivo orgánico	22
<i>Figura 09.</i> Preparación de la mezcla.....	23
<i>Figura 10.</i> Untado de aceite al molde.....	23
<i>Figura 11.</i> Prensado de las bandejas.....	24
<i>Figura 12.</i> Desmoldado de las bandejas	24
<i>Figura 13.</i> Prueba de entierro.....	25
<i>Figura 14.</i> Prueba de degradación acelerada	25
<i>Figura 15.</i> Formulación de la mezcla en la primera prueba	29
<i>Figura 16.</i> Formulación de la mezcla en la primera prueba	30

<i>Figura 17.</i> Cantidad de las dosis en la tercera prueba de elaboración de las bandejas.....	31
<i>Figura 18.</i> Prueba de entierro de la bandeja 1, desde el 02 de Nov hasta el 05 de Dic	34
<i>Figura 19.</i> Prueba de entierro de la bandeja 2, desde el 02 de Nov hasta el 05 de Dic.....	35
<i>Figura 20.</i> Comparación de la masa inicial y final, final BD-1 y BD-2.....	37
<i>Figura 21.</i> Comparación de la humedad inicial y final BD-1 y BD-2	37
<i>Figura 22.</i> Prueba de degradación acelerada de BD-3, desde el 02 de Nov hasta el 05 de Dic	38
<i>Figura 23.</i> Prueba de degradación acelerada de BD-4, desde el 02 de Nov hasta el 05 de Dic	40
<i>Figura 24.</i> Comparación de las masa inicial y fina de BD-3 y BD-4 desde el 02 de Nov hasta el 05 de Dic.....	41

RESUMEN

La contaminación por residuos sólidos de bandejas a base de poliestireno y polietileno es un problema latente actualmente. Por ello, este trabajo de investigación tuvo como objetivo general la elaboración de bandejas biodegradables a partir del bagazo de caña azúcar. Y así se obtuvo una bandeja biodegradable disminuyendo el impacto en la salud humana y en el ambiente. Se empleó una investigación aplicada con enfoque cuantitativa y diseño experimental. Esta investigación comenzó con la recolección de los ingredientes: bagazo de caña de azúcar y las sustancias para el adhesivo orgánico. Al bagazo de caña de azúcar seco se le realizó la deslignificación (hidrolisis alcalina e hidrolisis ácida) para eliminar la hemicelulosa y la lignina; logrando trabajar principalmente con la pulpa de este. Se preparó un adhesivo orgánico con almidón de yuca, goma de tara, glicerol, vinagre y agua destilada. La masa obtenida, al mezclar la materia prima y las sustancias del adhesivo orgánico, se prensó y se sometió a la estufa a 180°C por cinco horas para su cocción. Se registraron dos pruebas de biodegradabilidad en 30 días; la primera fue “Degradación acelerada” logrando un 30.784% de biodegradabilidad y la segunda fue “Prueba de entierro” logrando un 46.99% de biodegradabilidad.

Palabras clave: Bagazo de caña de azúcar, biodegradabilidad, deslignificación, almidón de yuca, goma de tara.

ABSTRACT

Contamination by solid waste from polystyrene and polyethylene-based trays is currently a latent problem. Therefore, this research work had as its general objective the production of biodegradable trays from sugar cane bagasse. And thus, a biodegradable tray was obtained, reducing the impact on human health and the environment. An applied research with a quantitative approach and experimental design was used. This research began with the collection of the ingredients: sugar cane bagasse and the substances for the organic adhesive. Delignification (alkaline hydrolysis and acid hydrolysis) was carried out on dried sugarcane bagasse to eliminate hemicellulose and lignin; managing to work mainly with its pulp. An organic adhesive was prepared with cassava starch, tara gum, glycerol, vinegar and distilled water. The mass obtained, by mixing the raw material and the organic substances, was pressed and subjected to the oven at 180°C for five hours to cook. Two biodegradability tests were recorded in 30 days; the first was “Accelerated degradation” achieving 30.784% biodegradability and the second was “Burial test” achieving 46.99% biodegradability.

Keywords: Sugarcane bagasse, biodegradability, delignification, cassava starch, tara gum.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los seres humanos se han visto beneficiados por el empleo de plásticos de un solo uso haciendo de estos un producto fundamental en el día a día de muchas personas en el mundo. Este tipo de plásticos al ser ligeros, pero resistentes a la fuerza o presión; de bajo costo, pero duraderos y sobre todo que soportan altas temperaturas de los alimentos y permite trasladarlos de lugar a lugar; todo esto hace que los plásticos convencionales de un solo uso tengan una alta demanda y sean ampliamente usado en diversos campos como en empaque y en embalaje de la industria alimentaria y en el reparto en la venta de comida, entre otras industrias. Es así como se consume alrededor de 400 millones toneladas anualmente en productos plásticos a nivel mundial (ANIPAC, 2021), y se estima que mitad de estos son plásticos de un solo uso, de los cuales solo el 10% se recicla, pero al otro 90% no se les dio una segunda oportunidad (Naciones Unidas, 2022).

La demanda de un plástico de un solo uso ha hecho que se convierta en una complicación global para el ambiente ya que pueden tardar hasta 450 años o más en degradarse, especialmente las bolsas plásticas, loncheras, vasos y cubiertos desechables, que representan un 40% de la producción total de plásticos (Moreno-Camacho et al. 2019) siendo una “contaminación blanca” que ocurre todos los días, es por ellos que en el 2018 el estado peruano mediante la Ley N°30884 empieza a controlar el consumo de plásticos de un solo uso y envases desechables (EL PERUANO, 2018) y es ahí donde empieza progresivamente la lucha para combatir y regular el uso excesivo de plásticos no aprovechables, envases de poliestireno y envases de base polimérica. En el año 2019, en Perú se registraron 9 millones de toneladas de plástico desechable, y solo el 10%, es decir, 900 mil toneladas (MINAN, 2021) de los cuales ni la mitad fue reciclado, solo un 4% se aprovechó.

Teniendo en cuenta los innumerables padecimientos el bienestar humano por la presencia de plásticos a través de la cadena alimenticia cómo lo son: la inestabilidad hormonal, esterilidad, disnea, diabetes, entre otros. (OMS, 2019) Siendo una gran iniciativa en el círculo científico de suscitar de manera apremiante la fabricación de los materiales biopoliméricos como sustitutos sostenibles de los

plásticos convencionales, dañinos para el ambiente y el ser humano. (Siracusa et al. 2008). El aumento en la actualidad de la producción de plásticos a nivel mundial es inadmisibles, considerando que anualmente se genera más de 400 millones de toneladas de residuos por este material que tarda un periodo demasiado prolongado en degradarse, amenazando en multiplicarse por cuatro veces su cantidad en los próximos 27 años. (ONU, 2018)

Para mitigar los impactos ambientales provenientes de los desechos de un solo uso, se considera la utilización de los residuos orgánicos como fuente de materia prima para así disminuir la dependencia de las materias primas de recurso fósil. Siendo una gran alternativa el bagazo de caña de azúcar como un componente conveniente para la elaboración de bandejas; porque son biodegradables, presenta una degradación natural en el suelo considerablemente de poco tiempo; además se reutilizaría un residuo con alto contenido de fibra que muy probablemente sería transformado a cenizas o tirado en botaderos, lo cual acrecentaría problemas de contaminación ambiental. (Zea-Barahona et al. 2019) Además de justipreciar su producción a nivel mundial de 234 millones de toneladas anualmente y por ser un material muy atractivo ya que su manipulación, transporte y almacenamiento en comparación a otras fuentes de materia prima lignocelulósicas. (Bolio 2017).

Viendo la dimensión de la complicación ambiental con la diversidad de secuelas que trae consigo tanto en la vitalidad de los ciudadanos, flora, fauna y la naturaleza en conjunto; es un tema muy relevante y de gran notoriedad optar por seguir con las investigaciones, así como la tentativa a corto plazo en sustituir los insumos convencionales con origen fósil que es lo que se usa “normalmente” para la manufacturación de estos envase para repartir los alimentos preparados, buscando sustituirlos por materia prima orgánica por sus propiedades de biodegradación total garantizada para que poco a poco vayan desplazando a los envases convencionales o parcialmente degradables por unos 100% degradables.

Conociendo la problemática actual en las bandejas convencionales usadas para colocar porciones pequeñas de alimentos, como postres, se plantea como problema General ¿Cómo será el proceso de elaboración de la bandeja biodegradable a base de bagazo de caña de azúcar? Y como problemas

específicos se plantean: ¿Cuál será las proporciones en masa de las sustancias que participan en la formulación de la bandeja biodegradable? ¿Cómo es su comportamiento de biodegradabilidad de la bandeja a base de bagazo de caña de azúcar?

Esta investigación posee como finalidad la manufactura de una bandeja biodegradable, y con ello, frenar el aumento de la contaminación por bandejas convencionales de un solo uso en la entrega de alimentos. Significa un beneficio principalmente al medio ambiente ya que se busca reemplazar los envases convencionales de un solo uso con las bandejas biodegradables a base de bagazo de caña de azúcar. Por otro lado, esta información será valiosa para futuros investigadores en la elaboración de bandejas biodegradables.

Como objetivo general se plantea: Elaborar la bandeja biodegradable a partir del bagazo de caña de azúcar. Y cómo objetivos específicos se plantea: Determinar las características físicas que posee el bagazo de caña de azúcar y de las sustancias que se utilizaran en la preparación del adhesivo orgánico; Realizar el pretratamiento al bagazo de caña de azúcar; Preparar las bandejas biodegradables a partir del bagazo de caña de azúcar; Monitorear el proceso de biodegradabilidad de la bandeja.

Como hipótesis las bandejas fabricadas a base de bagazo de caña de azúcar y las sustancias de la preparación del adhesivo, facilitan su biodegradación en 30 días.

II. MARCO TEÓRICO

Los antecedentes relacionados al tema son bastantes cautivadores, entre ellos están (Liu et al. 2020) que desarrollaron un método usando fibra híbrida en la que las fibras largas de bambú se mezclaron con fibras cortas de caña de azúcar, que formaron abundantes entrelazados físicos en la vajilla obtenida con rendimientos para los recipientes de alimentos: fuerte resistencia a la tracción, estabilidad superior al aceite, excelente hidrofobicidad y bajo contenido de metales pesados. La vajilla se biodegradó en condiciones naturales dentro de los 60 días, tiempo de degradación de los plásticos sintéticos. Además, en comparación con la producción de poliestireno, el moldeado de pulpa produjo menos CO₂. La vajilla hecha de biomasa representa así una alternativa ecológica, de bajo costo y biodegradable a los plásticos sintéticos para el envasado de alimentos.

(Jumaidin et al. 2020) en su trabajo de investigación, estudió el desarrollo de un material ecoamigable, a base almidón de papa y bagazo de caña de azúcar. Donde los materiales y compuestos se prepararon mediante el proceso de prensado caliente una temperatura superior a 140°C durante una hora aproximadamente, caracterizándose por sus propiedades mecánicas y térmica, cuyas características térmicas se incorporaron fibra de caña de azúcar potenciando la estabilidad térmica de los compuestos, mejorando significativamente la resistencia de tracción y a la flexión de los compuestos, mostrando cualidades funcionales mejoradas que el material original. Demostrando a estos materiales orgánicos como potenciales para productos biodegradables respecto a los envases.

(Ferreira, Molina y Pelissari 2020) produjeron bandejas biodegradables con el bagazo de caña de azúcar que se mezcló con cáscara de maíz, el bagazo de malta, bagazo de naranja. Utilizando como aglutinante una solución gelatinizada de almidón de yuca. Para los insumos fibrosos utilizó como método el lavado, secado y cortado respectivo, los cuales se sometieron a secado en estufa a 80 °C durante 120h. Después de moler y tamizar las partículas en una malla 32. Teniendo como resultado en espesor de 3,505; 0,18 y 3, 964 0,52 mm y densidad entre 0,199; 0,01 y 0,213; 0,02 g/cm³. Sus bandejas se caracterizaron por una fuerte capacidad de

absorción de H₂O bajo humedad relativa alta o media. Las bandejas que contenían más del 20% del Bagazo de naranja, se degradaron totalmente en 60 días.

(Vega Ramos, 2022) en su investigación desarrolló platos biodegradables a base de fibras naturales cuyo material orgánico principal fue la viruta de arroz y el bagazo de caña de azúcar, teniendo diferentes procesos con distintas proporciones tanto de cascarilla de arroz y bagazo utilizando las fórmulas (T1=50% cascarilla de arroz+ 10% de bagazo de caña de azúcar +40% de almidón), (T= 40% cascarilla de arroz + 20% de bagazo de caña de azúcar + 40% de almidón), (T3= 30% de cascarilla de arroz + 30% de bagazo de caña de azúcar + 40% de almidón), (T4= 20% de cascarilla de arroz + 40% de bagazo de caña de azúcar + 40% de almidón) manipulando siempre la maicena pregelatinizada, estimaron su biodegradabilidad. Sus resultados fueron favorables en la tercera fórmula donde obtuvieron el óptimo resultado, llegando a conseguir un plato resistente y con la capacidad de biodegradabilidad en un 80% en aproximado de 60 días.

Por otro lado, se encuentra (Hoque, et al. 2019) quienes buscaron una nueva composición para añadir al polipropileno tuvo un avance de resistencia de tracción del 51%, para flexión 68%. De tal manera como una característica química también hace mención de aditivo para atribuirle un antimicrobiano al envase biodegradable. Siendo así importantes aportaciones para considerar un rango en los resultados de próximas investigaciones.

(Oliveira et al. 2016) en su investigación se relatan diferentes conocimientos de transformación de bagazo de caña de azúcar para reaprovecharla. Se producen monocristales de celulosa a partir de bagazo de caña de azúcar con un método de hidrólisis clásica con H₂SO₄ de fracciones de fibra y médula de cañas prensadas. Se demostró como la fibra de caña tuvo un mejor rendimiento en comparación con la médula de caña, ya que la primera obtuvo mayores índices de cristalinidad, mientras que, mientras que el proceso de blanqueo aumentó la blancura de la muestra y disminuyó la longitud de los nanocristales.

(Shahi et al. 2020), se enfocaron en desarrollar fibras agrícolas a través de un método sencillo asistido por ultrasonido para extraer nanofibras de celulosa del bagazo de caña de azúcar. Tuvieron como resultado que la nanofibrilla tuvo un

incremento del 25% de cristalinidad (61,1%) en comparación con el bagazo de la caña en crudo (35,1%). El método que se manejó para elaborar sus películas fue por prensado caliente. Finalmente obtuvieron una película cristalina de alta resistencia.

(Cruz-Tirado et al. 2019) en su trabajo de investigación aisló almidón de cultivos nativos andinos: arracacha, oca y batata, como insumo principal para la producción de bandejas de espuma, caracterizándose por su composición proximal, cristalinidad, microestructura y propiedades térmicas. El método utilizado para aislarlos fue por molienda húmeda, cortándose en porciones de 2 cm y se suspendieron en una solución de NaHSO₃ (1500ppm) de 1:3 (p/v), luego se molió en un procesador por 5 minutos para reducir su tamaño, luego tamizarse de 300 y 53 μm y las fibras resultante fueron tamizadas dos veces, la suspensión se almacenó a 4°C durante 24h para recuperar el almidón, lavándose 3 veces con agua destilada y secado a 37°C durante 48h en horno después se secó, pulverizó y tamizó en malla 106 μm. Concluyendo que las fuentes de almidón de batata y oca revelaron fuerte resistencia a la tracción en comparación a las de arracacha.

Por otro lado, (Torgbo et al. 2021) hace una revisión bibliográfica donde toman al bagazo de caña como un residuos aprovechable significativo de la producción azucarera y como materia celulósica renovables, ecológica y económica para una gama de aplicaciones industriales. La celulosa de bagazo de caña de azúcar al 40-50% logra ser predecesor hacia productos de valor agregado como nanocristales de celulosa, nanofibras de celulosa y celulosa microcristalina. Siendo apta para la industria alimentaria, médica, adhesivos, hidrogeles, construcciones y textiles, siempre y cuando el bagazo de caña de azúcar se transforme a nanocelulosa.

En cuanto a estudios de carboximetilcelulosa (CMC) para (Gupta et al. 2019) le dio un énfasis en la reutilización de biomasa de lignocelulosa, del sobrante de la viruta de arroz y la caña de azúcar, para la conversión de la CMC en una biopelícula. Realizó la adición de almidón comercial, para formar la biopelícula biodegradable debido a su capacidad de formar una matriz continua. Utilizó plastificantes como el glicerol y el ácido cítrico para brindar flexibilidad y resistencia a la película, mostrando máxima resistencia a la tracción y elongación en contraste con la

película sintetizada a partir del CMC comercial y la CMC resultado de la cascarilla de arroz. Obteniendo un aumento o en el contenido de glicolato de sodio/NaCl en CMC impuso un efecto no favorable y adverso sobre la tracción, opacidad, contenido de humedad. La mejor opción para la elaboración y preparación de biocompuestos/biopolímeros fue la CMC caña de azúcar.

Hay otros autores que prefieren desarrollar compuestos a base de bagazo de caña para reforzar una matriz de polipropileno como es el estudio de (Bartos et al. 2021) que elabora un compuesto a base de bagazo de caña de azúcar como refuerzo de polipropileno. Cuando se añadió la mixtura a la base polimérica, la fuerza de adhesión se estimó cuantitativamente y la adhesión fue diez veces más fuerte (1600 mJ/m^2) con el agente de acoplamiento que sin él (140 mJ/m^2). Mientras (Riyajan 2020) que también utilizó una base polimérica para desarrollar un método para la producción de un nuevo compuesto a partir del papel de desecho y bagazo de caña. Para ello utiliza cuatro tipos de adhesivos: alcohol polivinílico maleado (PVAM), injerto de caucho natural-almidón de yuca, almidón de yuca modificado, y una mezcla entre el injerto de caucho natural-almidón de yuca y el almidón de yuca modificado, siendo este último el más compatible con la caña de azúcar.

Dentro las investigaciones que estudiaron la biodegradabilidad de los envases ecológicos se encuentran después de un evento del estuario de Warnow (Baccar Chaabane et al. 2022) que tuvo como objeto de estudio la vajilla de: ácido poliláctico (PLA), ácido poliláctico cristalizado (CPLA), madera, hoja de palma, papel/celulosa y bagazo de caña de azúcar, así como el poliestireno como material de comparación en un contrafuerte de agua, para establecer su posible sustitución de la vajilla plástica de un solo uso. Por lo que monitorearon la biodegradabilidad por 12 meses teniendo bajo control los parámetros de temperatura, salinidad, demanda de oxígeno, y el pH. Su hallazgo fue que la vajilla base de hoja de palma, caña de azúcar y papel son más volubles a los parámetros fisicoquímicos del agua marina mientras la vajilla de madera, PLA, CPLA y el poliestireno muestran una resistencia alta.

(Hernández, et al. 2017) experimentó las características físicas, mecánicas y su proceso de degradación en suelo de materiales almidón de arroz y celulosa de

bagazo de caña de azúcar. Para saber su biodegradabilidad, enterró a 8 cm de profundidad probetas de 100 x 13 x 4 mm en un suelo con características de pH 6; 40% de materia orgánica, humedad al 30-40% y la temperatura a 22°C ± 2°C. El estudio de biodegradabilidad duró 4 semanas obteniendo una biodegradabilidad de 73.3, 76.7 y 74,7% para los biocompuestos de fibras con tratamiento alcalino y sin tratamiento alcalino de 80.9; 81.7 y 81.7 %. Los compuestos alcalinos poseen una proporción de biodegradabilidad menor a los compuestos STA, esto es debido a que el tratamiento alcalino perfecciona el enlazamiento interfacial fibra-matriz, obteniendo una red fuerte que disminuye el acceso de agua y microflora del suelo, obteniendo resistencia a la degradación más fuerte.

Para (Yaradoddi et al. 2020) se enfocó en desarrollar un producto biodegradable para empaques sustentables, donde usaron carboximetilcelulosa (CMC) que es derivada de desechos agrícolas del bagazo de caña de azúcar así tener una reducción de costos y crear así un biopolímero biodegradable para embalaje. Durante su proceso se prepararon y utilizaron mezclas utilizando CMC residuos derivados, gelatina, agar y glicerol. Al ser añadidas en sus tres muestras, donde sus propiedades fisicoquímicas de cada uno de los plásticos biodegradables se distinguieron utilizando la metodología espectroscopia transformada de Fourier (FTIR) y calorimetría diferencial de barrido (DSC), análisis termogravimétrico (TGA), obteniendo buena permeabilidad ante el agua y aceite, corroborando que es bueno para embalaje; mientras que su biodegradabilidad por el método de entierro de suelo también fue positiva.

(Madivoli et al. 2022) detalló en su investigación la mejora de un compuesto de embalaje biodegradable también, a partir de un nanocompuesto de alcohol polivinílico y nano fibrillas de celulosa incrustado con nanopartículas de plata. Resaltando que la celulosa microcristalina se separó del bagazo de caña a través del proceso Kraft continuo de la conversión de la celulosa, usando hidróxido de sodio, urea y agua. Donde las nanofibrillas llevaron un proceso de separación o aislamiento, con refuerzo de alcohol polivinílico. Para luego proceder al siguiente paso donde evaluaron la resistencia de tracción, solubilidad en agua, propiedades ópticas, permeabilidad en cuanto al vapor del agua y la humectabilidad de las

películas preparadas, así también como su óptima resistencia antimicrobiana, con distintos organismos previamente seleccionados.

En lo relacionado de la producción de biopolímeros podemos mencionar la información en el estudio de (Maraveas 2020) donde ha utilizado una variedad de desechos agrícolas desde orujo de uva, tomate, piña, naranja, limón, bagazo de caña, cáscara de arroz, paja de trigo y las fibras de aceites de palma. Así mismo mencionaron de las distintas propiedades de estos materiales orgánicos como su permeabilidad, absorción, entre otras propiedades mecánicas y químicas. De tal manera que llegaron a la conclusión de que, a pesar del desarrollo de distintos métodos avanzados para la producción y aplicación de biopelículas en envase alimentarios, construcción, medicamentos, etc.; teniendo en cuenta todo ello, es muy limitada por el costo, tanto como la economía de producción, vida útil.

(Indarti et al. 2021) en su respectivo estudio cuyo objetivo desarrolló un vaso de bioespuma a partir del bagazo de caña teniendo en cuenta la alta demanda de los vasos convencionales por ambulantes y grandes empresas. Cuyo complemento al bagazo con 200 gr, utilizaron fibra de coco, con 35 ml de agua, 25 gr de harina y 13 de ragi tempe, lo cual llegaron a elaborar mas no probar o experimentar su resistencia como vaso de bioespuma que resultó y se necesita experimentación con diferentes cantidades para poder comprobar sus distintas propiedades de permeabilidad entre otros.

Entre los principales conceptos tenemos el almidón considerado un biopolímero altamente hidrófilo con procesabilidad por técnicas tradicionales, de bajo costo, renovabilidad y producción sustentable. Su utilización puede ser para darle consistencia y textura a alimentos como también a la manufactura de papiro, adherentes y empaques biodegradables (Ortega, 2017)

Bagazo es la fibra residual de la acción o proceso de triturar, presionar o macerar después de extirpar su jugo, usualmente el de la uva o la caña de azúcar. (ASALE y RAE 2019)

Bandeja es un objeto plano o ligeramente cóncavo, que posee un área lisa y un borde levantado por todo el perímetro para que el material trasladado se mantenga dentro. (Espina, Cruz-Tirado y Siche 2016)

Biodegradabilidad es la propiedad de las sustancias, compuestos, materiales y productos que determina su persistencia en un ambiente. (Vázquez-Rodríguez y Beltrán-Hernández, 2004)

Biopolímero es una macromolécula de origen vegetal que tiene propiedades fisicoquímicas parecidas a la de los plásticos de poliestireno, no obstante, el costo de su manufactura es más alto debido a su medio de cultivo. (Acosta-Cárdenas, et al. 2018)

Densidad es una propiedad específica muy utilizada para caracterizar y diferenciar sustancias entre sí. (Raviolo 2023)

Deslignificación es la separación parcial o total de la lignina con el fin de obtener solo la pulpa de celulosa. La deslignificación se puede ser mediante un proceso químico o un proceso biológico. (Llivigañay Patricio, 2018)

Efecto de temperatura significa variaciones de temperatura de un cuerpo que van casi siempre acompañadas de una variación de las magnitudes observables o macroscópicas que caracterizan el estado de dicho cuerpo. (Beléndez 2017)

Glicerol, a temperatura ambiente, es un elemento líquido que integra la familia de alcoholes. Se caracteriza por ser viscoso y acrómico. En combinación con agua destilada, este se convierte en el plastificante regularmente más usado en las diversas indagaciones realizadas sobre la industria de polímeros termoplásticos a partir de almidón. (Lafuente Aranda, 2017)

Gelatinización es el proceso invariable donde el almidón junto al agua rompe su estructura cristalina pasando de ser granitos de almidón a una pasta polimérica disforme y viscosa. (Salgado-Ordosgoitia et al. 2019)

Humedad es la cantidad de vapor de agua que contiene la atmósfera. Esta cantidad no es constante, sino que varía considerablemente de un lugar a otro y esto depende de diversos factores.(Bióloga 2017)

Intemperie se define a un ambiente o entorno de tipo atmosférico que se considera como una variante o la inclemencia del tiempo que afecta progresivamente a los sitios o lugares o las cosas o elementos que no están cubiertos o protegidos. (López-Fernández et al. 2021)

Plastificante es el compuesto o aditivo que modifica las propiedades de un insumo al incorporarse a este, ayudando a mejorar la combinación, así como el aumento de la flexibilidad y viscosidad. (Ferreira, Molina y Pelissari 2020)

Tiempo es la magnitud física con la que se mide la duración o separación de acontecimientos. Para cada observador y permite ordenar los sucesos.(Katz, 2018)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Investigación tipo aplicada, de nivel explicativa, ya que se enfocó en el objeto de elaborar bandejas biodegradables a base del bagazo de caña de azúcar, y se estudió su proceso de biodegradabilidad a nivel de laboratorio. Investigación aplicada porque logró que los sistemas, procedimientos, reglas y normas funcionaran óptimamente y así se pudo resolver el problema o hipótesis de trabajo y aplicarlos a productividad social. (Esteban Nieto, 2018)

De enfoque cuantitativa porque se obtuvieron datos específicos con respecto las características de biodegradabilidad de la bandeja. Se buscó la obtención de datos que facilitó el control del estudio, esto permitió que se replicase y se pueda comparar con estudios similares. (Otero-Ortega 2018)

Su diseño fue experimental, ya que se logró el resultado de la manufacturación de las bandejas y su biodegradabilidad. Caracterizándose por ser una fase de dominio donde se maniobran, de modo voluntario, una o más variables independientes, para observar el manejo de la variable dependiente. (Hernández Sampieri et al. 2014)

3.2. Variable y operacionalización

Variable Independiente: Bagazo de caña de azúcar

Definición conceptual: Desecho lignocelulósico y hebroso, conseguido en la última molienda, significando el 28% del total después de haber extraído el jugo. En su composición se encuentra celulosa 54 %, hemicelulosa entre el 30 %, y lignina entre 16 %. (Almazán et. al 2016)

Definición operacional: Para poder utilizar el bagazo de caña de azúcar, se tuvo que medir sus características físicas y las condiciones de operacionalización.

Variable Dependiente: Bandeja biodegradable

Definición conceptual: Es todo recipiente que tiene la capacidad de descomponerse en CO₂, CH₄, H₂O o biomasa, que se puede calcular en un determinado periodo. (Tian & Bilal, 2020)

Variable operacional: Proceso de biodegradabilidad

Indicadores: Densidad, tamaño, masa, humedad, color.

La matriz de operacionalización de variables se muestra en Anexos N°1.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población:

Se tuvo como población a todo bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) del departamento de Lambayeque. Respecto a la definición de población es el “total de los casos que comparten con una agrupación de patrones en común”. (Hernández Sampieri y Mendoza Torres, 2018)

Muestra:

Se dispuso como muestra 10 kg de bagazo de caña de azúcar obtenido de la Empresa Azucarera Pomalca. Respecto a la definición de muestra es el subconjunto de la población que posee las particularidades definitivas en esta. (Hernández Sampieri y Mendoza Torres, 2018)

Muestreo:

Esta investigación tuvo una toma de muestra de tipo no probabilístico mediante la técnica por conveniencia. Este método permitió la facilidad de acceso respecto a la muestra que se selecciona de manera arbitraria por parte de los investigadores durante el estudio. (Otzen y Manterola 2017)

Unidad de análisis:

La unidad de análisis fue el bagazo de caña de azúcar ya que es el principal insumo en la elaboración de las bandejas que es lo que brindó la biodegradabilidad a las bandejas. La unidad de análisis hace referencia a

cómo el investigador decide analizar la muestra, si decide tomar toda la muestra o dividirla en partes más pequeñas. (Hernández-Sampieri, 2018)

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica de recolección de datos

Este estudio empleó la técnica de observación y análisis documental los cuales se documentaron por cada etapa del proceso.

Por otro lado, las técnicas de laboratorio que se emplearon para medir la humedad se utilizó el método desecación por estufa; para medir el pH se utilizó el método pH-metro; para medir la biodegradabilidad se hará la prueba de entierro y de intemperie.

Instrumentos de recolección de datos

Se necesitaron los siguientes instrumentos para realizar una correcta recolección de datos:

Ficha de registro I: Análisis físicas de las características del bagazo de caña de azúcar.

Ficha de registro II: Análisis de características físicas de la deslignificación del bagazo de caña de azúcar.

Ficha de registro III: Monitoreo de las pruebas de biodegradabilidad de las bandejas midiéndose por disminución de masa.

El pretratamiento del bagazo de caña de azúcar se ejecutó en la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, Lambayeque; mientras que la elaboración de la bandeja y los análisis de biodegradabilidad se desarrollaron en el laboratorio de la Universidad César Vallejo, Chiclayo.

Validez

Los instrumentos de validación aplicados en el presente estudio fueron validados por profesionales expertos en la materia.

Confiabilidad del instrumento

Los análisis se desarrollaron con equipos con certificación de calibración, en los respectivos laboratorios.

Las muestras fueron realizadas con la finalidad de potencializar el resultado y que el grado de confiabilidad sea lo más alto posible.

3.5. Procedimientos

El procedimiento utilizado para las bandejas biodegradables partir de bagazo de caña de azúcar se detallan en el siguiente diagrama de flujo.

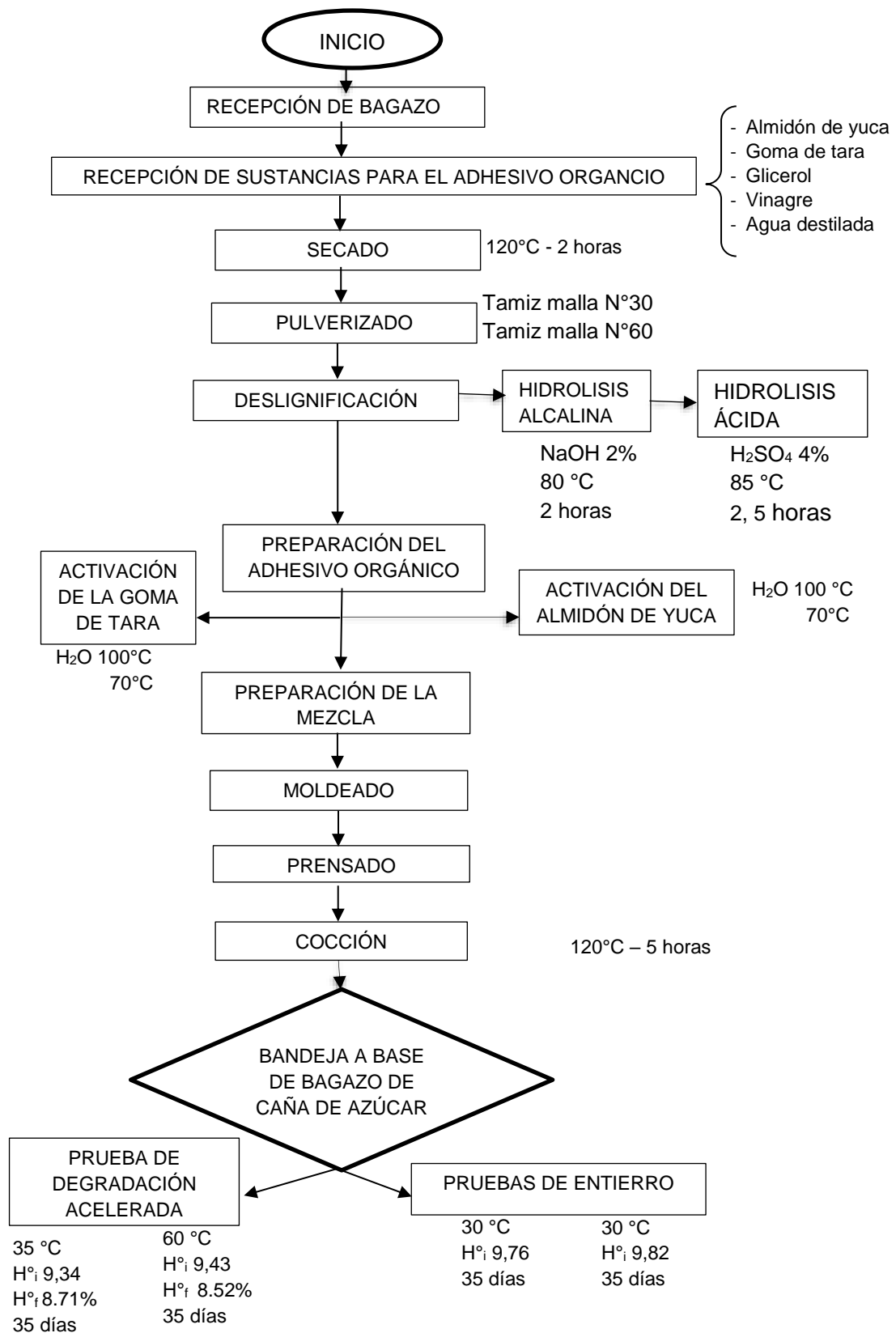


Figura 01. Flujograma de la elaboración de las bandejas biodegradables

Fuente: Elaboración propia

Tabla 01. *Materia prima e insumos para la producción de las bandejas*

Materiales y Equipos	Insumos Y Reactivos
Bagueta de vidrio	Ácido acético
Balanza digital	Aceite vegetal
Bolsas Herméticas	Ácido sulfúrico
Cápsula de porcelana 50 ml	Agua destilada
Cinta Teflón	Almidón de camote
Colador	Almidón de yuca
Embudos	Bagazo de caña de azúcar
Estufa	Glicerol
Fiola	Goma de tara
Magneto	Hidróxido de sodio
Moldes	Hipoclorito de sodio
Papel Filtro	Vinagre
Pisetas	
Pipetas	
Plancha de calor	
Prensa	
Probeta	
Procesador de alimentos	
Tamiz #60	
Tela tocuyo	
Termómetro	

Fuente: Elaboración propia

A. RECOLECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA

1.1. Recoger la materia prima:

Se recepcionó el bagazo de caña de azúcar de la Empresa Azucarera Pomalca, y se reúnen las sustancias que se utilizaron para preparar el adhesivo orgánico: el glicerol, el almidón de yuca, y la goma de tara.

B. PRETRATAMIENTO DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

2.1. Pretratamiento físico

2.1.1. Eliminación de humedad

Aquí se aseguró que el bagazo de caña de azúcar esté limpio para eliminar impurezas, luego se puso en bandejas con 50 gr de bagazo a secar a 120°C por 2 horas.

2.1.2. Reducción de tamaño y pulverización

Para ello primero se tamizó en una malla #10 para quitar la parte leñosa y con lo que paso a la malla #20 se procedió a reducir el tamaño del bagazo a través de un procesador de alimentos para que llegue al objetivo que es pasar la malla #60.



Figura 02. Tamizaje

Fuente: Elaboración propia



Figura 03. Pulverización

Fuente: Elaboración propia

2.2. Pretratamiento químico

2.2.1. Tratamiento alcalino

Se procedió a realizar una hidrólisis alcalina con hidróxido de sodio al 2% para obtener la pulpa y eliminar la hemicelulosa y lignina del bagazo de caña de azúcar para ello se necesitó una plancha de calor a 80°C por 2 horas con 30 minutos. La solución fue realizada con 2 gramos con 1 litro de agua destilada hasta que sea una mezcla totalmente homogénea. Reposó por 1 día y luego se enjuagó con agua destilada y se procedió a filtrar con un papel filtro para eliminar el líquido sobrante. Se secó en estufa por 3 horas a 180°C.



Figura 04. Hidrolisis alcalina

Fuente: Elaboración propia



Figura 05. Secado de la hidrolisis alcalina

Fuente: Elaboración propia

2.2.2. Hidrolisis ácida:

Para eliminar las impurezas restantes en las fibras del bagazo, se procedió a realizar una hidrolisis ácida con H_2SO_4 diluido al 4% v/v y se agitó a $85^\circ C$ durante 2 horas y media. La pulpa en trabajo fue lavada con agua destilada hasta obtener un pH y se procedió a filtrar con papel filtro. Se secó en estufa por 3 horas durante $180^\circ C$.



Figura 06. Hidrolisis ácida

Fuente: Elaboración propia



Figura 07. Secado de la hidrolisis ácida

Fuente: Elaboración propia

C. PREPARACIÓN DEL ADHESIVO ORGÁNICO

Las sustancias para el adhesivo orgánico se fueron probando hasta lograr una mezcla chiclosa capaz de unir todos los ingredientes.

3.1. Preparación del adhesivo orgánico

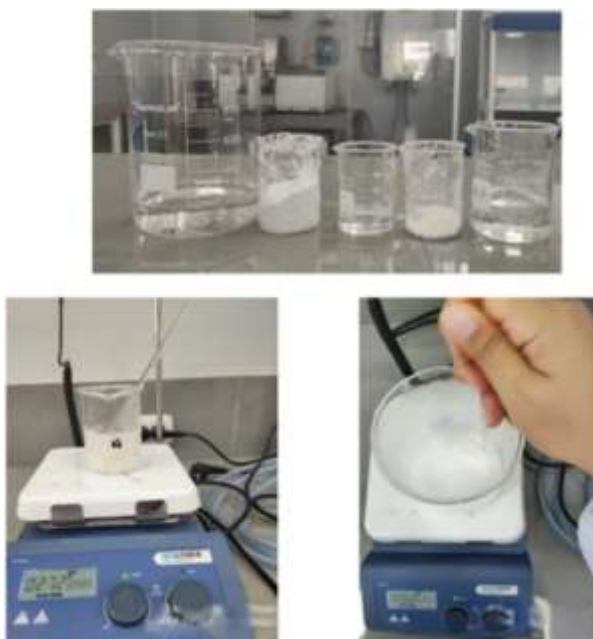


Figura 08. Preparación del adhesivo orgánico

Fuente: Elaboración propia

El adhesivo orgánico se elabora con las siguientes sustancias: almidón de yuca mezclado con agua fría para luego activarse con agua destilada hirviendo para realizar una mezcla chiclosa; a la par, en otra plancha de calor se activa la goma de tara en agua hirviendo.

3.2. Preparación de la mezcla

Para preparar la masa, se mezclan todas las sustancias: el almidón de yuca activado, la goma de Tara activada, con el glicerol y el vinagre. Se deja reposar para mezclar con el bagazo deslignificado. Hasta tener una mezcla uniforme y condensa.

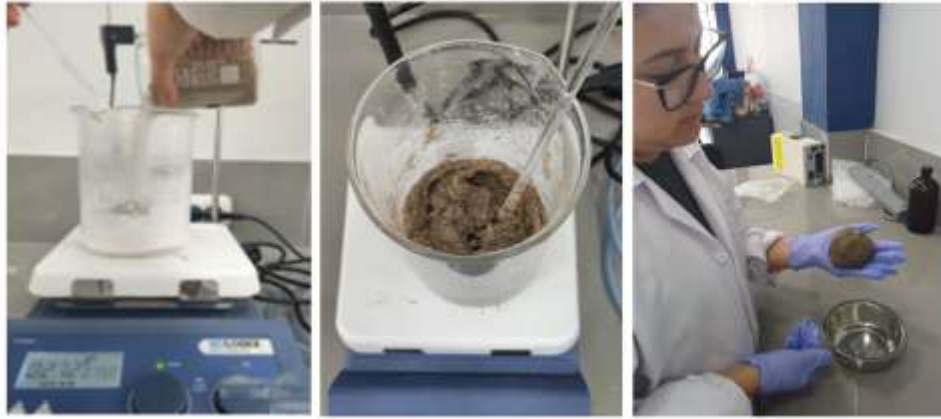


Figura 09. Preparación de la mezcla

Fuente: Elaboración propia

D. ELABORACIÓN DE LA BANDEJA BIODEGRADABLE

4.1. Acondicionamiento del molde

Consistió en utilizar dos bandejas de acero (diámetro 14cm) que a la vez fueron los moldes en la manufactura de las bandejas. Para que la mezcla no se adhiera al molde se utilizó aceite vegetal.



Figura 10. Untado de aceite al molde

Fuente: Elaboración propia

4.2. Prensado

Consistió en utilizar una prensa de hierro nodular para aplicar presión a la masa y tome la forma de la bandeja. La masa y el molde se sometieron al horno para que se cuece y tome la consistencia deseada.



Figura 11. Prensado de las bandejas

Fuente: Elaboración propia

4.3. Desmoldado

Después de estar 5 horas en el horno a 120°C, se dejó enfriar las bandejas hasta que el desmoldado sea viable.



Figura 12. Desmoldado de las bandejas

Fuente: Elaboración propia

E. ANÁLISIS DE BIODEGRADABILIDAD

Se procedió a llevar a cabo las pruebas en laboratorio, se llevaron a cabo dos tipos de pruebas, la primera fue la “Prueba de Entierro” de acuerdo con la Norma ASTM G160-12, la cual consistió en enterrar dos bandejas a una profundidad de 8cm de la superficie del suelo y se monitoreó cada semana durante 35 días.



Figura 13. Prueba de entierro

Fuente: Elaboración propia

La segunda prueba fue por “Degradación acelerada” de acuerdo con la Norma ASTM D6954-04, para ello se sometieron dos bandejas fueron sometidas diferentes temperaturas cada una. La primera bandeja estuvo a 35°C y la segunda bandeja a 60°C durante 35 días.



Figura 14. Prueba de degradación acelerada

Fuente: Elaboración propia

3.6. Método de análisis de datos

Con el programa Excel para ordenar la información respecto a la biodegradabilidad de las bandejas de bagazo de caña de azúcar.

3.7. Aspectos éticos

En el trabajo de investigación se mostró información verídica, realizando las citas indicadas establecidas de la norma ISO 690, respetando los derechos de autor. Así mismo se realizó el estudio a partir de las líneas de investigación de la UCV. De igual manera fue sometido al programa informático Turnitin con el objetivo de avalar la adecuada utilización de las citas e identificar las posibles intenciones de plagio, al cotejar el contenido con una amplia base de datos de información, promoviendo y asegurando las buenas prácticas y la integridad de la investigación.

IV. RESULTADOS

Esta investigación comenzó con la recolección del bagazo fresco de caña de azúcar, 10 kilos; se procedió a secarse procediendo a seleccionar el bagazo de tamaño menor a 10 cm.

En las siguientes tablas se precisa cada dimensión del bagazo de caña de azúcar y de las sustancias que se utilizaron para preparar el adhesivo orgánico a las que se evaluaron las características físicas tales como el peso, tamaño, densidad, humedad y color.

Tabla 02. *Características físicas del bagazo de caña de azúcar pulverizado*

Muestra	Masa	Malla	Densidad	Humedad	Color
BCA-1	50 gr	0.05 cm	0,603 g/ml	7.73%	Marrón claro

Fuente: Elaboración propia

El almidón de yuca fue adquirido en un supermercado, el mismo que tenía marca registrada y registro sanitario.

Tabla 03. *Características físicas de almidón de yuca*

Muestra	Masa	Malla	Densidad	Humedad	Color
ADY-1	50 gr	0.04 cm	1,42 g/ml	11.92%	Blanco

Fuente: Elaboración propia

La goma de tara fue adquirida en un supermercado, previamente se constató que provenga de una marca registrada y con registro sanitario.

Tabla 04. *Características físicas de la goma de tara*

Muestra	Masa	Malla	Densidad	Humedad	Color
ADY-1	50 gr	0.04 cm	0,69 g/ml	16.59%	Crema

Fuente: Elaboración propia

El bagazo de caña de azúcar primero se sometió a un pretratamiento antes de elaborar las bandejas. La parte química del pretratamiento consistió en realizar una deslignificación una hidrolisis alcalina y una hidrolisis ácida.

Tabla 05. *Características de la hidrolisis alcalina*

Muestra	Masa	Solución NaOH	pH	Temperatura	Tiempo	Color
HAB-1	50 gr	2%	14	80° C	2 h	Marrón

Fuente: Elaboración propia

Tabla 06. *Características de la hidrolisis ácida*

Muestra	Masa	Solución H₂SO₄	pH	Temperatura	Tiempo	Color
HAB-1	50 gr	4%	3	85° C	2, 5 h	Marrón café

Fuente: Elaboración propia

Después de realizar la deslignificación al bagazo de caña de azúcar, se procedió a determinar las sustancias del adhesivo orgánico, se hicieron cuatro pruebas

cambiando las cantidades de las sustancias del adhesivo. Es así como se determinó la dosis para la elaboración de las bandejas biodegradables a partir el bagazo de caña de azúcar.

Tabla 07. Dosis de las pruebas

Bagazo de caña de azúcar	Almidón de yuca	Goma de tara	Glicerol	Vinagre	Agua destilada	Masa total
29 g	20 g	6 g	20 g	20 g	280 g	374 g
30 g	20 g	5 g	20 g	15 g	250 g	339 g
33 g	20 g	4 g	20 g	10 g	240 g	326 g
34 g	20 g	3 g	20 g	8 g	230 g	315 g

Fuente: Elaboración propia

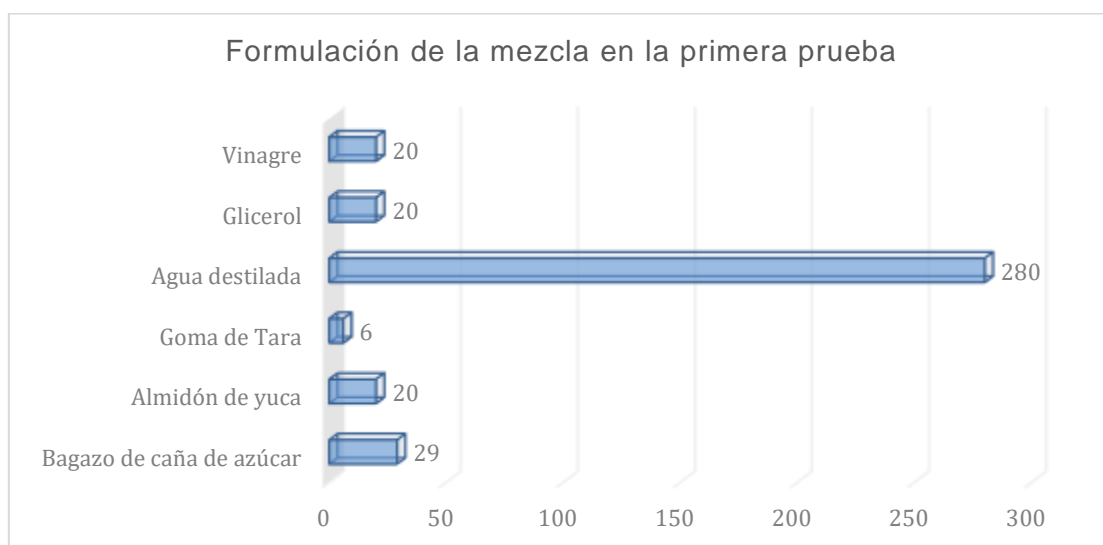


Figura 15. Formulación de la mezcla en la primera prueba

Fuente: Elaboración propia

La primera prueba de dosis que se realizó tuvo 29 g de bagazo de caña de azúcar, 20 g de almidón de yuca, 5 g de goma de tara, 280 g de agua destilada, 20 g de glicerol, y 20 g de vinagre; 374 g de masa en total. Esta primera prueba resultó muy acuosa y no se pudo moldear. Se descartó.

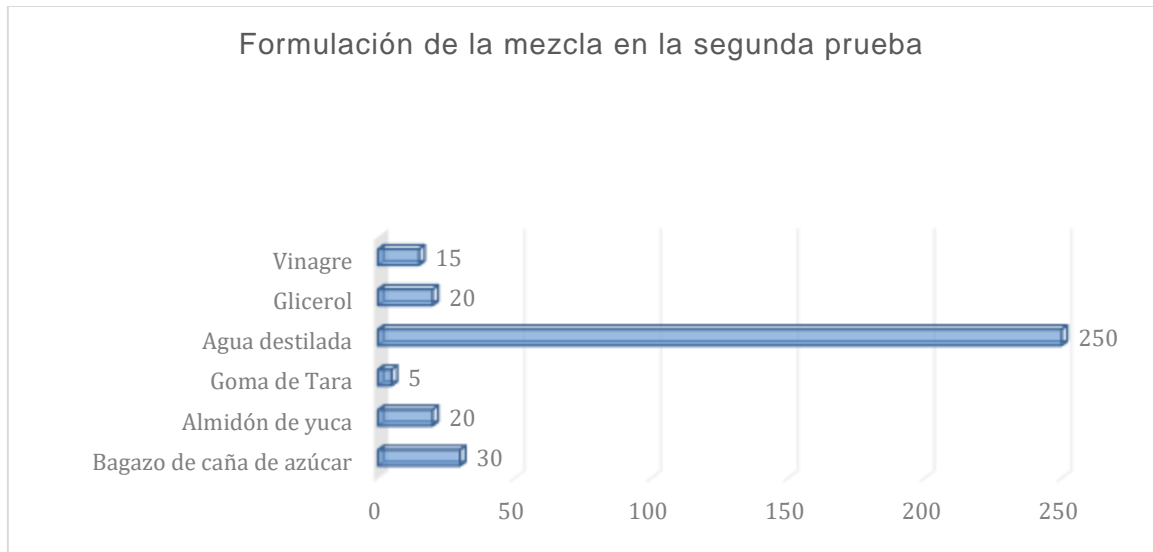


Figura 16. Formulación de la mezcla en la segunda prueba

Fuente: Elaboración propia

Se desarrolló una segunda prueba de dosis que se realizó tuvo 30 g de bagazo de caña de azúcar, 20 g de almidón de yuca, 5 g de goma de tara, 250 g de agua destilada, 20 g de glicerol, y 15 g de vinagre; 339 g de masa en total. Esta primera prueba se pudo trabajar el moldeo, sin embargo, al estar en la estufa por 5 horas a 120°C se cuarteó, salió por partes en el desmoldeo. Se descartó.

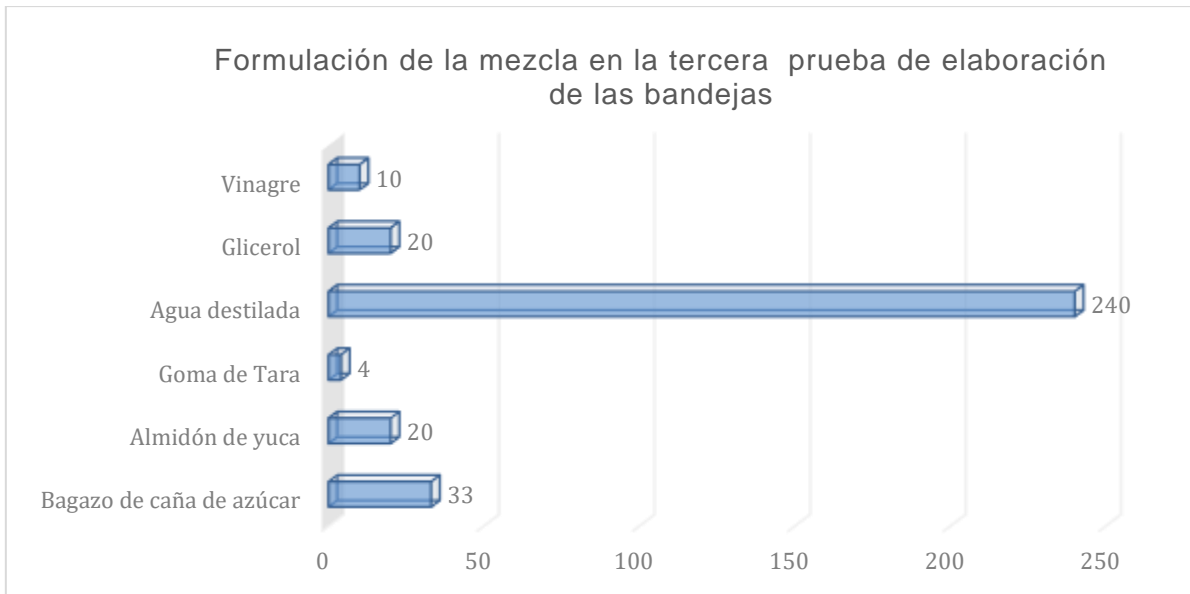


Figura 17. Formulación de la mezcla en la tercera prueba

Fuente: Elaboración propia

Se experimentó una tercera prueba de dosis que se realizó tuvo 33 g de bagazo de caña de azúcar, 20 g de almidón de yuca, 3 g de goma de tara, 250 g de agua destilada, 20 g de glicerol, y 10 g de vinagre; 326 g de masa en total. Esta primera prueba se pudo trabajar el moldeo y el prensado. Después de 5 horas a 120°C se desmoldó obteniendo la bandeja biodegradable.

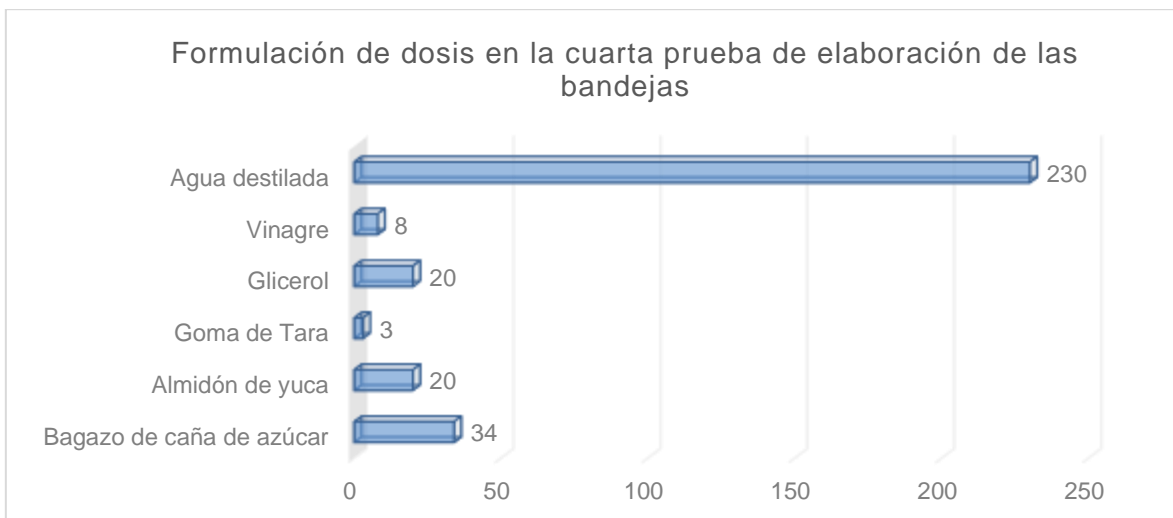


Figura 18. Cantidad de las dosis en la cuarta prueba de elaboración de las bandejas.

Fuente: Elaboración propia

En esta fórmula los polímeros del almidón de yuca se estabilizaron logrando que el almidón se integre con el bagazo de caña de azúcar; además que la goma de Tara pegó, el glicerol humectó y cuando secó, plastificó, resultando la masa apropiada para el moldeado, prensado de la masa. Logrando tener la bandeja biodegradable con mejores resultados que las anteriores.

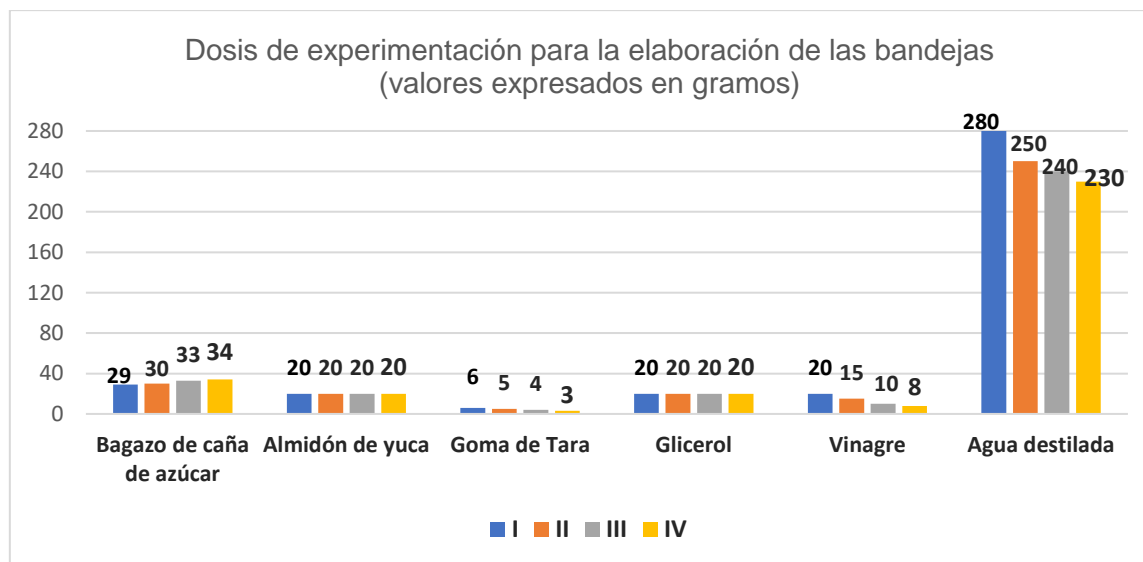


Figura 19. Dosis de experimentación para la elaboración de las bandejas.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 19 se observó las cuatro formulaciones empleadas en la experimentación para la elaboración de las bandejas biodegradables, donde se diferencia las distintas dosis de bagazo de caña de azúcar, almidón de yuca, goma de tara, glicerol, vinagre y agua destilada.

Tabla 08. *Propiedades físicas de las bandejas biodegradables a partir del bagazo de caña de azúcar*

Muestra	Masa	Densidad	Humedad
BD-1	30 g	0.75	9.34%

Fuente: Elaboración propia

Metodología para evaluar las características mecánicas de las bandejas biodegradables a partir del bagazo de caña de azúcar.

Tabla 09. *Metodología para evaluar la densidad y humedad*

Parámetro	Metodología
Densidad	Norma ASTM D11505 Método de prueba para determinar la densidad de plásticos consistentes.
Humedad	Norma ASTM D6980-17 Método de prueba para determinar la humedad en plásticos por pérdida de peso.

Fuente: Elaboración propia

Respecto a la biodegradación de las bandejas se trabajó de dos maneras: para la muestra BD-1 y BD-2 las bandejas fueron enterradas a 8 cm de profundidad con arena en condiciones ambientales, donde el proceso de biodegradabilidad fue monitoreado durante cuatro semanas.

Tabla 10. *Proceso de biodegradación de las bandejas mediante la prueba de entierro*

Muestra	Fecha de monitoreo						Biodegradación obtenida
	02/11	09/11	16/11	23/11	30/11	07/12	
BD-1	Masa Inicial	1° Monit.	2° Monit.	3° Monit.	4° Monit.	5° Monit.	
Masa gr	29	27.887	24.279	21.650	18.249	16.954	41.537%
Humedad	14.76	14.34	14.89	15.45	15.21	15.03	

Fuente: Elaboración propia

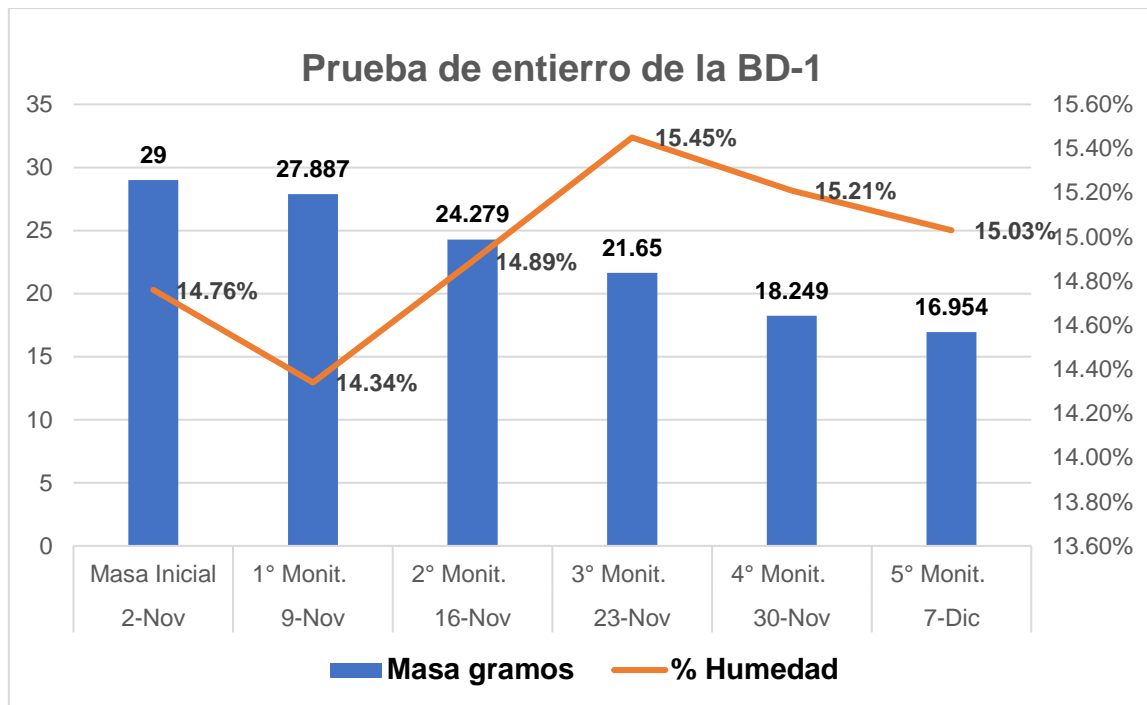


Figura 18. Prueba de entierro de la BD-1, desde el 02 de Nov hasta el 07 de Dic

Fuente: Elaboración propia

En la figura 18 se observó la masa inicial de la primera bandeja, BD-1, fue de 29 g (2 de noviembre), para el primer monitoreo (9 de noviembre) la masa de la bandeja bajó a 27.887 g y durante todo el proceso de monitoreo de esta prueba la masa de la bandeja siguió disminuyendo hasta 16.954 g (5 de diciembre). A la vez, la humedad inicial fue de 14.76% (2 de noviembre), para el primer monitoreo (9 de noviembre) disminuyó a 14.34%; sin embargo para el tercer monitoreo (23 de noviembre) se visualizó un pico de crecimiento en el nivel de humedad con 15.45% y esto se debe a que el suelo transmitió su humedad a la bandeja, teniendo en cuenta que en el transcurso de esos días se presentaron precipitaciones en la ciudad de Chiclayo; para el quinto monitoreo (7 de diciembre) la humedad de la bandeja disminuyó a 15.03%. Entonces, en esta prueba de entierro se logró comprender que la masa bandeja disminuye por el proceso de descomposición.

Tabla 11. Proceso de Biodegradación de las bandejas mediante la prueba de entierro

Muestra	Fecha de monitoreo						Biodegradación obtenida
	02/11	09/11	16/11	23/11	30/11	07/12	
BD-2	Masa Inicial	1° Monit.	2° Monit.	3° Monit.	4° Monit.	5° Monit.	
Masa gr	19.0 g	18.417 g	15.747 g	13.151 g	11.979 g	10.071 g	46.99%
Humedad	14.94%	14.34%	14.89%	15.45%	15.21%	15.03%	

Fuente: Elaboración propia

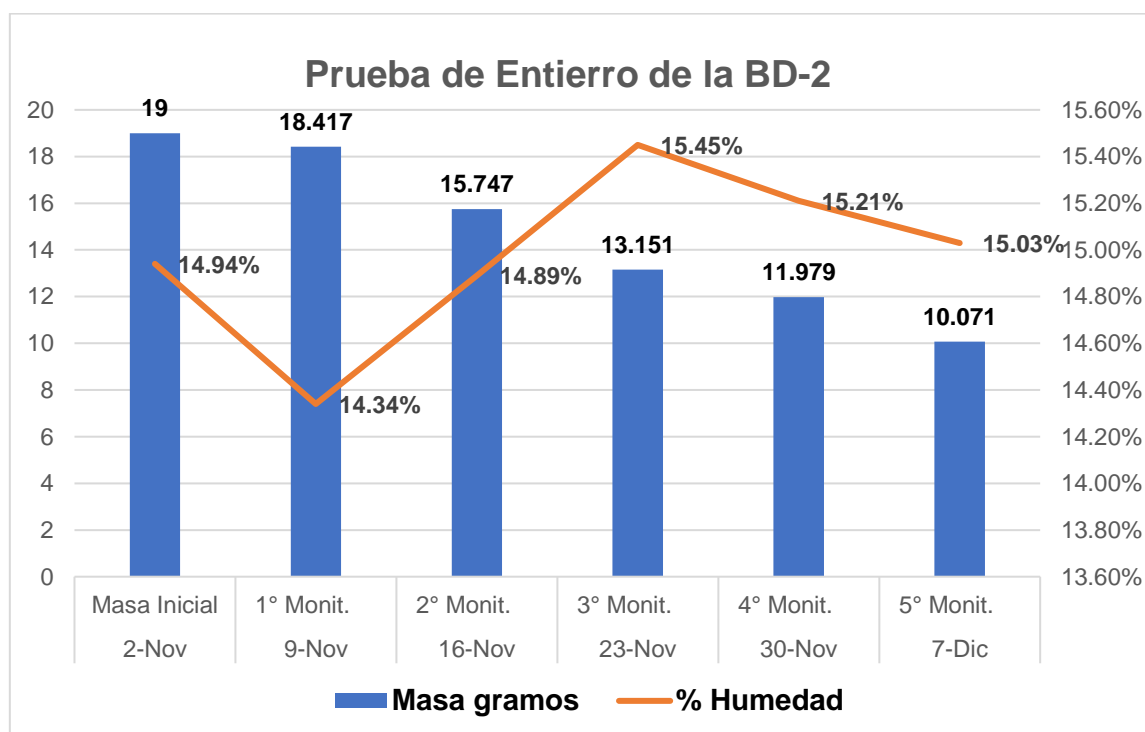


Figura 19. Prueba de entierro de la BD-2, desde el 02 de Nov hasta el 07 de Dic.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 19 se observó la masa inicial de la bandeja BD-2 fue de 19 g (2 de noviembre), para el primer monitoreo (9 de noviembre) la masa de la bandeja bajó a 18.417 g y durante todo el proceso de monitoreo de esta prueba la masa de la bandeja siguió disminuyendo hasta 10.071 g (7 de diciembre). A la vez, la humedad inicial fue de 14.94% (2 de noviembre), para el primer monitoreo (9 de noviembre) disminuyó a 14.34%; sin embargo para el tercer monitoreo (23 de noviembre) se visualizó un pico de crecimiento en el nivel de humedad con 15.45% y esto se debe a que el suelo transmitió su humedad a la bandeja, teniendo en cuenta que en el transcurso de esos días se presentaron precipitaciones en la ciudad de Chiclayo, para el quinto monitoreo la humedad de la bandeja disminuyó a 15.03% (7 de diciembre). En esta prueba se logró comprender que la masa de la bandeja disminuye por el proceso de descomposición que ocurre mientras está enterrada.

Tabla 12. *Tabla comparativa de la biodegradabilidad de las bandejas mediante la prueba de entierro*

Indicadores	Muestra: BD-1	Muestra: BD-2
Masa inicial:	29 g	19 g
Masa final:	16.954 g	10.071 g
Humedad inicial:	14.76	14.94
Humedad final:	15.21	15.21
Tiempo:	35 días	35 días
Biodegradabilidad %	41.54%	46.99%

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, las muestra BD-1 y BD-2, las bandejas iniciaron una simulación de laboratorio mediante la prueba de entierro y se registró el proceso de biodegradabilidad durante cuatro semanas.

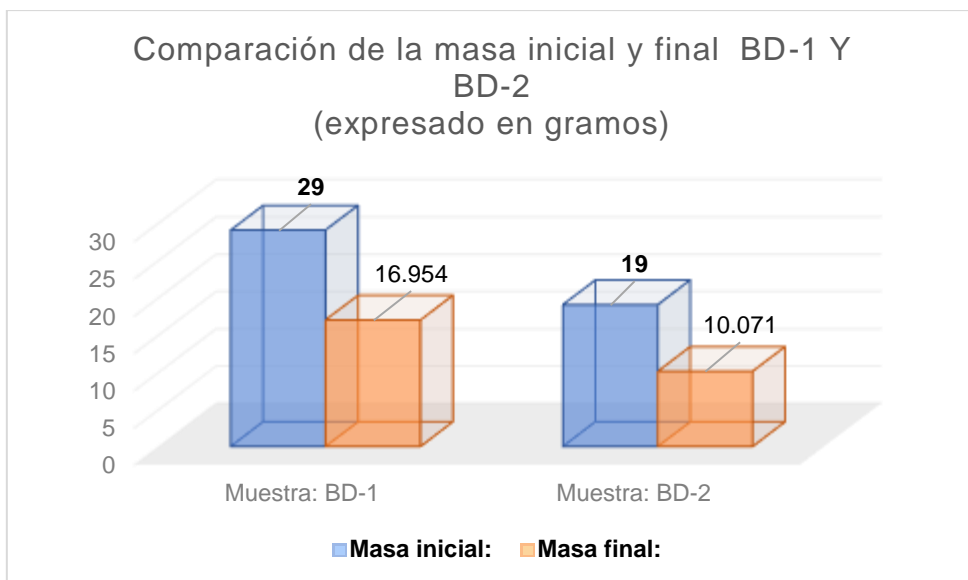


Figura 20. Comparación de la masa inicial y final, BD-1 y BD-2

Fuente: Elaboración propia

En la figura 20 se observó la masa inicial y final de las bandejas sometidas a la prueba de entierro. Siendo BD-1 la que muestra una masa inicial de 29 g y una masa final de 16.954 g, en cuanto a la bandeja BD-2 presenta una masa inicial de 19 g y una masa final de 10.071 g. La bandeja BD-2 fue la que evidenció una mayor biodegradabilidad de 49.99% durante 35 días.

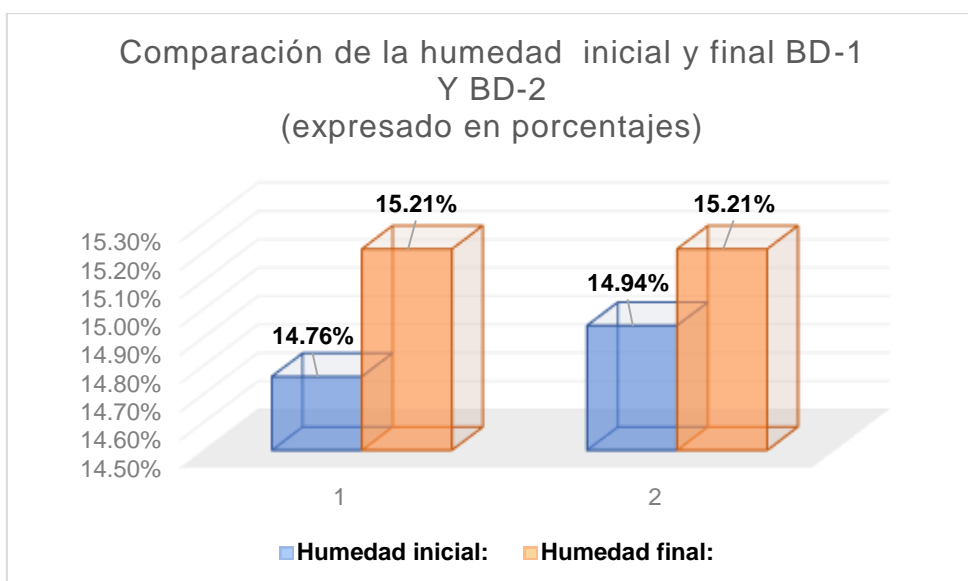


Figura 21. Comparación de la humedad inicial y final, BD-1 y BD-2.

Fuente: Elaboración propia

En la figura 21 se observó el aumento del porcentaje de humedad de la primera y la segunda bandeja sometida a la prueba de entierro durante 35 días. Como resultado, ambas bandejas tienen el mismo porcentaje de humedad al ser enterradas juntas en un suelo arenoso con pH 6 a 8 cm de profundidad de la superficie, considerando también que estuvieron expuestas a lluvia.

Tabla 13. Degradación acelerada a 35°C de BD-3

Muestra	Fecha de monitoreo						Biodegradación obtenida
	02/11	09/11	16/11	23/11	30/11	07/12	
BD-3							
(Malla N°30)	Masa Inicial	1° Monit.	2° Monit.	3° Monit.	4° Monit.	5° Monit.	
Masa	21.017 g	20.645 g	19.201 g	18.783 g	16.946 g	14.547 g	30.78%
Humedad	9.30%	9.21%	9.11%	9.01%	8.89%	8.71%	

Fuente: Elaboración propia

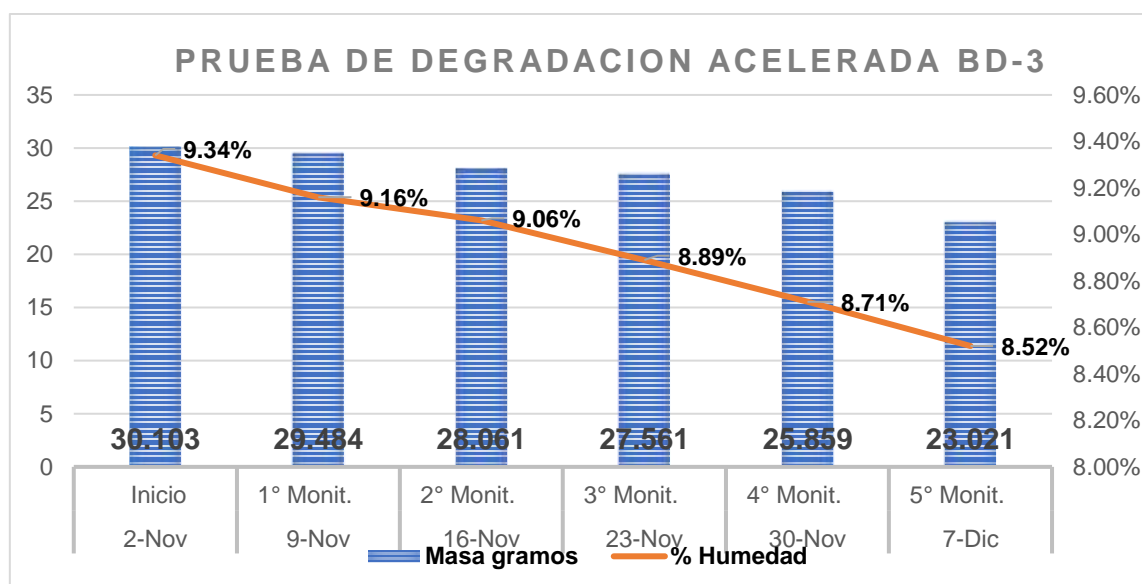


Figura 22. Prueba de degradación acelerada BD-3, desde el 02 de Nov hasta el 07 de Dic

Fuente: Elaboración propia

En la figura 22 se observó la masa inicial de la tercera bandeja fue de 21,017 g (2 de noviembre), luego que fue sometida a una estufa a 35°C, para el primer monitoreo (9 de noviembre) la masa de la bandeja disminuyó a 20.645 g y durante todo el proceso de monitoreo de esta prueba la masa de la bandeja siguió disminuyendo hasta 14.547 (5 de diciembre). A la vez, se visualizó que la humedad inicial fue de 9.30% (2 de noviembre), luego de ser sometida a 35°C por efecto de la temperatura, la humedad disminuyó a 9.21 en el primer monitoreo (9 de noviembre) y continúa bajando constantemente la humedad hasta el cuarto monitoreo (30 de noviembre) a 8.89% para finalmente en el quinto monitoreo disminuir a 8.71%.

Tabla 14. Degradación acelerada a 60°C de BD-4

Muestra	Fecha de monitoreo						Degradación obtenida
BD-4	02/11	09/11	16/11	23/11	30/11	07/12	
(Malla N°60)	Inicio	1° Monit.	2° Monit.	3° Monit.	4° Monit.	5° Monit.	
Masa	30.103 g	29.484 g	28.061 g	27.561 g	25.859 g	23.021 g	23.53%
Humedad	9.34%	9.16%	9.06%	8.89%	8.71%	8.52%	

Fuente: Elaboración propia

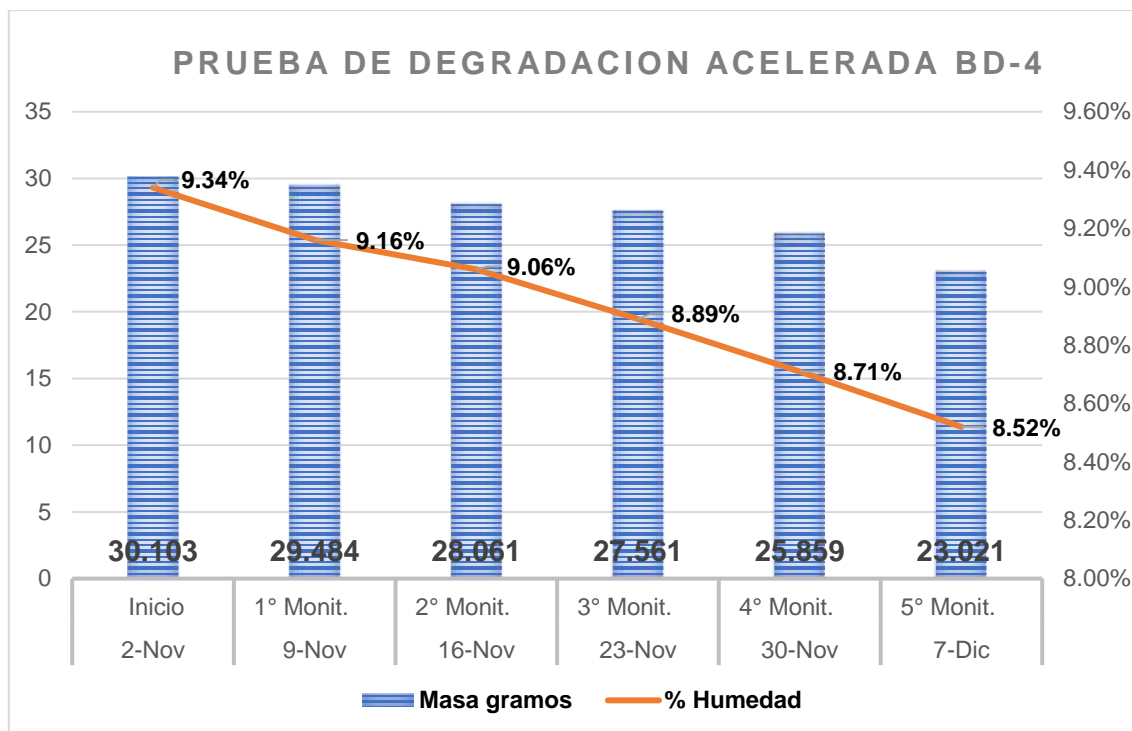


Figura 23. Prueba de degradación acelerada BD-4, desde el 02 de Nov hasta el 07 de Dic

Fuente: Elaboración propia

En la figura 23 se observó la masa inicial de la bandeja BD-4 fue de 30.103 g (2 de noviembre), luego que fue sometida a una estufa a 60°C. En su primer monitoreo realizado el 9 de noviembre, la masa de la bandeja disminuyó a 29.484 g y durante todo el proceso de monitoreo de esta prueba la masa de la bandeja siguió disminuyendo hasta 23.021 (5 de diciembre). A la vez, la humedad inicial fue de 9.34% (2 de noviembre), luego de ser sometida a 60°C por efecto de la temperatura, la humedad disminuyó a 9.16% en el primer monitoreo (9 de noviembre) y continúa disminuyendo hasta 8.52%.

Tabla 15. Tabla comparativa de la biodegradabilidad de las bandejas mediante la prueba de degradación acelerada

Indicadores	Muestra: BD-3	Muestra: BD-4
Masa inicial:	21.017 g	30.103 g
Masa final:	14.547 g	23.021 g

Pérdida de masa:	8.71 g	4.244 g
Humedad inicial:	9.30%	9.30%
Humedad final:	8.71%	8.52%
Tiempo:	35 días	35 días
Temperatura	35°C	60°C
Biodegradabilidad en %	30.78%	23.53%

Fuente: Elaboración propia

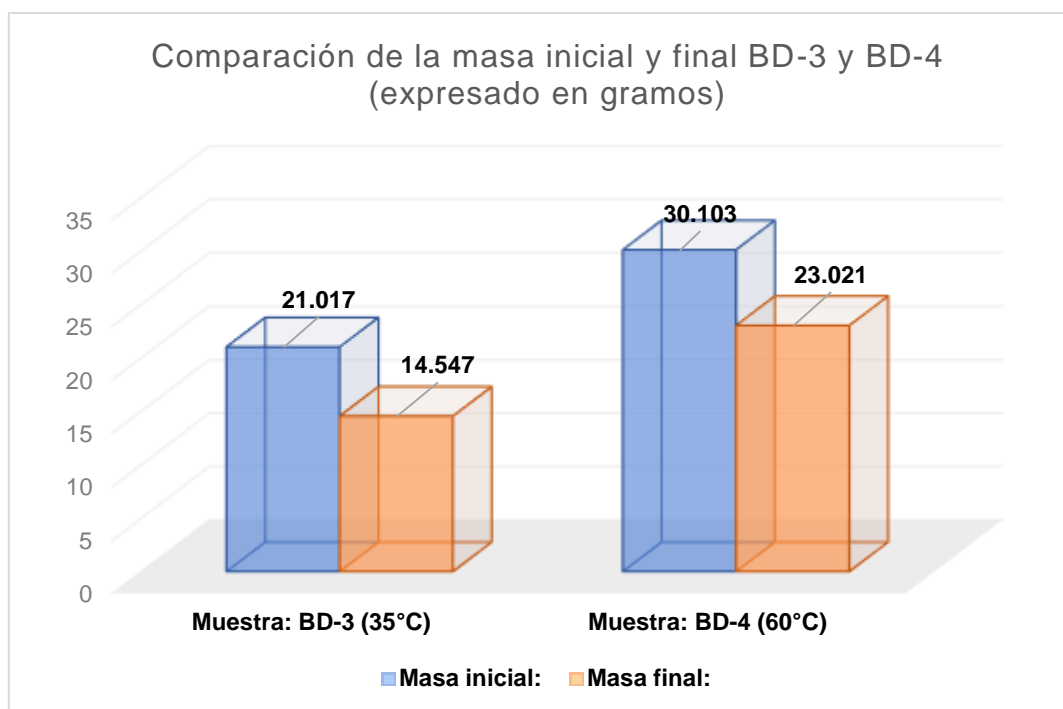


Figura 24. Comparación de la masa inicial y final BD-3 y BD-4, desde el 02 de Nov hasta el 07 de Dic

Fuente: Elaboración propia

En la figura 24 comparativo se observó la masa inicial y masa final de las bandejas expuestas a dos temperaturas, siendo la bandeja BD-3 expuesta a 35°C con una masa inicial de 21.017 g y una masa final de 14.547 g, mientras que la bandeja BD-

4 que fue expuesta a 60°C tuvo una masa inicial de 30.103 g y disminuyó a 23.021 g. La bandeja que tuvo mayor porcentaje de degradación fue la bandeja BD-3 con 30.78%.

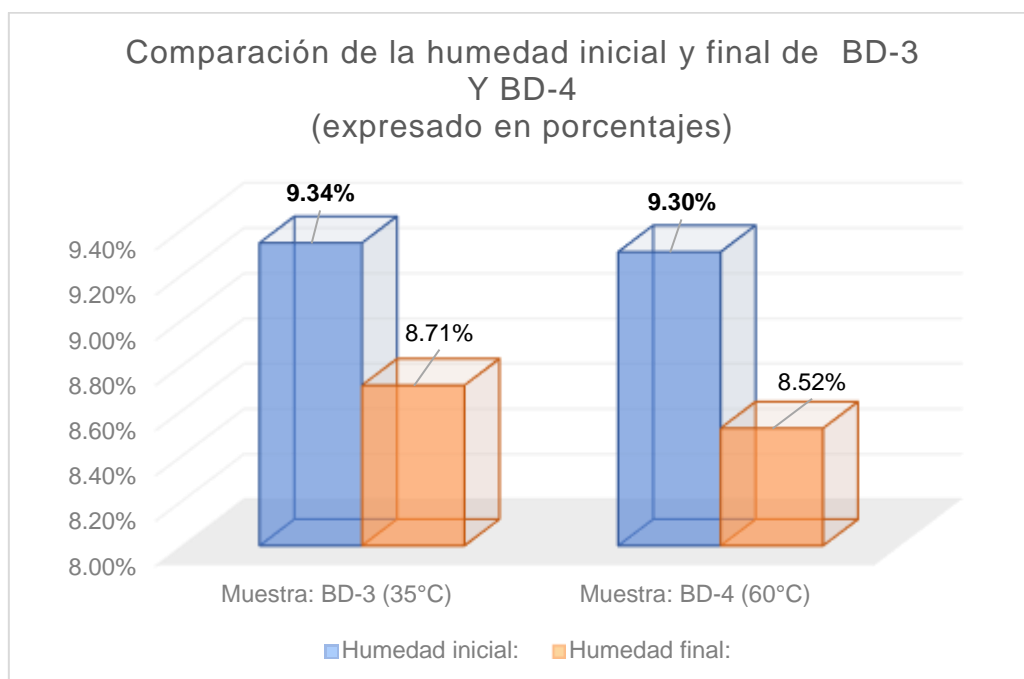


Figura 25. Comparación de la humedad inicial y final de BD-3 y BD-4, desde el 02 de Nov hasta el 07 de Dic

Fuente: Elaboración propia

En la figura 25 se observó la disminución del porcentaje de humedad de la bandeja BD-3 expuesta a 35°C y de bandeja BD-4 expuesta a 60°C durante 35 días. Siendo la cuarta bandeja, la que mostró una mayor reducción de su porcentaje de humedad debido que fue sometida a una mayor temperatura (60°C).

Tabla 16. Metodología para evaluar la biodegradabilidad de las bandejas

Parámetro	Metodología
	Degradación acelerada ASTM D6954-04 Guía estándar para exponer y probar plásticos que se

Biodegradabilidad

degradan en el medio ambiente por una combinación de oxidación y biodegradación

Prueba de entierro Norma ASTM G160-12 Práctica estándar para evaluar la susceptibilidad microbiana de materiales no metálicos mediante entierro en suelo de laboratorio.

Fuente: Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

Esta investigación consistió en la elaboración de una bandeja biodegradable, y con ello, disminuir la contaminación por bandejas convencionales a base de poliestireno y polietileno. Significando un beneficio para el medio ambiente ya que se reaprovechó un residuo: el bagazo de caña de azúcar de la Empresa Agroindustrial Pomalca; con el objetivo de elaborar bandejas a base del bagazo de caña de azúcar (*Saccharun officinarum*) y determinar su biodegradabilidad; para ello se probaron diferentes dosis en masa.

Para ello, primero se probó 29 g de bagazo de caña de azúcar + 20 g de almidón de yuca + 6 g de goma de Tara + 280 g de agua destilada + 20 g de glicerol + 20 g de vinagre. Luego se probó la segunda mezcla en masa: 30 g de bagazo de caña de azúcar + 20 g de almidón de yuca + 5 g de goma de Tara + 250 g de agua destilada + 20 g de glicerol + 15 g vinagre. Se probó con una tercera dosis en masa: 33 g de bagazo de caña de azúcar + 20 g de almidón de yuca + 4 g de goma de tara + 240 g de agua destilada + 20 g de glicerol + 10 g vinagre. Finalmente probamos con una cuarta dosis: 34 g de bagazo de caña de azúcar + 20 g de almidón de yuca + 3 g de goma de tara + 230 g de agua destilada + 20 g de glicerol + 8 g vinagre. Siendo la cuarta dosis con mejor resultado de las cuatro.

Para conocer las características físicas del bagazo de caña de azúcar y de las sustancias usadas para la preparación del adhesivo se hicieron pruebas para medir masa, tamaño, densidad y humedad, en el cual se pudo identificar que todos los insumos están en óptimas condiciones para ser utilizados en la elaboración de las bandejas

Para que el bagazo de caña de azúcar pueda ser manipulado, se tuvo que realizar un pretratamiento físico el cual consistió en realizar un lavado, secado, pulverización y tamizado. El secado se realizó en la estufa a una temperatura de 120°C por 2 horas, lo cual facilitó su pulverización notablemente. Se pulverizó hasta que el bagazo tenga una textura fina y sea capaz de atravesar el tamiz malla #60, otorgando una densidad de 9,34% a las bandejas y así se logró una uniformidad para la formación de la masa, en la mezcla de todos los insumos y haciendo más factible el moldeado, prensado y desmoldado de la bandeja.

El método para el pretratamiento físico que se utilizó en el este trabajo de investigación se diferenció con el método de (Ferreira, Molina y Pelissari 2020), quienes obtuvieron sus resultados utilizando un método parecido que consistió en realizar un lavado, secado, cortado y pulverización del bagazo,. Sin embargo, se diferenció que mencionados autores optaron por tamizar las partículas del bagazo en un tamiz de malla #32; lo cual favoreció a sus bandejas obtuvieran una capacidad de absorción de agua bajo y diferenciando que sus bandejas no solo estuvieron elaboradas de bagazo de caña de azúcar, sino que también tuvieron otros insumos como más del 20% de bagazo de naranja, por lo cual en su prueba de biodegradabilidad total fue en 60 días.

Consecuentemente, se realizó el pretratamiento químico que viene a ser: la hidrólisis alcalina y la hidrólisis ácida, se ejecutó la metodología sugerida por (Gupta, 2019). Para la deslignificación se realizó primero una hidrólisis alcalina con NaOH al 2% y en seguida se mezcló con 50g de bagazo, luego se colocó en un vaso precipitado sobre una plancha de calor a 85°C durante 2 horas, posteriormente se realizó la hidrólisis ácida con H₂SO₂. Por otro lado, (Shahi, 2020) en su extracción de celulosa a partir del bagazo de caña de azúcar para elaboración de vajilla biodegradable, realizó la hidrólisis alcalina con H₂O₂ y estuvo en una plancha de calor por 4 horas a 40°C; mientras que la hidrólisis ácida la realizó con H₂SO₄ al 3% también a 4 horas a 40°C y lo que le llevo más horas de trabajo realizar su pretratamiento químico para conseguir el bagazo deslignificado.

El objetivo de realizar una hidrólisis alcalina y una hidrólisis ácida fue eliminar la hemicelulosa y la lignina que influyen en que la fibra celulósica del bagazo de caña de azúcar permitiendo a este que pueda ensamblarse uniformemente con el adhesivo orgánico facilitando una mejor técnica de modelado con prensa.

Respecto al color de la bandeja de caña de azúcar es de color marrón cartón ya que el proceso realizado en la presente investigación ha sido lo más amigable con el medio ambiente y se optó por no realizar el blanqueamiento con clorito de sodio al 4% tal como lo realiza (Gupta, 2019) quién al realizar el blanqueamiento obtuvo una pulpa celulósica de bagazo de caña de color beige.

Para realizar el adhesivo orgánico se utilizaron las siguientes sustancias: almidón de yuca, agua destilada, goma de tara, glicerol y vinagre. Se optó por utilizar el almidón de yuca como protagonista del adhesivo orgánico ya que posee amilosa en un 28% mientras que otros almidones comunes como el almidón de camote que contiene 18,73% de amilosa; el almidón de oca, 22.58% de amilosa y el almidón de arracacha, 13.08% de amilosa. Dichos almidones fueron utilizados en la realización de platos de bagazo de caña de azúcar por (Cruz-Tirado et al. 2019) a mayor amilosa, se produce una mayor gelificación que proporciona una mayor adhesión.

En lo que respecta a la preparación de la dosis en masa, se sometieron a prueba las sustancias hasta lograr que el adhesivo orgánico sea capaz de unir el bagazo de caña hidrolizado y la mezcla poseyera una textura uniforme y con buena plasticidad. La utilización de la goma de tara demostró que su incorporación en la mezcla aportó una propiedad homogénea a la masa, lo cual se reflejó en el moldeado, prensado y desmoldado de la bandeja después de ser sometida a la estufa. Pudiendo ser en otros casos un ingrediente que se agregue en mayor cantidad en relación con el agua para optimizar dichos procesos y en cuanto a durabilidad ofrecería mejores resultados. Coincidiendo los investigadores (Ferreira, Molina y Pelissari 2020) donde su aglutinante fue el almidón de yuca gelatinizado, mientras que para (Hernández, et al. 2017) fue el almidón de arroz. Mientras que (Bartos et al. 2021) utilizó almidón de yuca modificado para elaborar compuestos biodegradables con bagazo de caña de azúcar.

Para completar la dosis en masa y obtener una masa uniforme, se verificó que el glicerol y la goma de tara cumplieran la propiedad de adhesivo y a la vez de plastificante. La incorporación del bagazo deslignificado facilitó la mezcla, los ingredientes fueron similares a los que usaron (Yaradoddi et al. 2020) para elaborar un producto biodegradable para empaques sustentables, el proceso de preparación de mezclas que utilizó fue a base de carboximetilcelulosa residuos derivados, gelatina, agar y glicerol. Caso muy similar a (Gupta et al. 2019), quién utilizó plastificantes como el glicerol para la reutilización de biomasa de lignocelulosa, del sobrante de la viruta de arroz y la caña de azúcar, para la conversión de la carboximetilcelulosa en una biopelícula.

El prensado se realizó con una prensa nodular para carpintería y para poderla manipular se tuvo que complementar con un molde de acero así la masa adoptaría su forma. Utilizar una prensa manual como la que se utilizó, facilitó el modelado de la masa permitiendo realizar este proceso varias veces. Para que la masa no se adhiriera y desmolde sea práctico; se lubricó el molde con aceite vegetal de cocina. Después, se colocó el molde en la estufa a 120°C por 5 horas para obtener las características deseadas, por otro lado (Jumaidin et al. 2020) realizó el proceso de prensado caliente una temperatura superior a 140°C durante una hora aproximadamente recordando que sus envases biodegradables fueron a base bagazo de caña y almidón de papa.

Otro detalle que se tuvo en cuenta fue que se utilizó para una bandeja 84 g de masa fresca y después de realizar el prensado y secado, la bandeja salió con 38 g de masa. La bandeja al estar en la estufa perdió humedad haciendo que el almidón de yuca gelifique otorgando rigidez y estructura a la bandeja; la goma de tara contribuyó a que las características del almidón sean fortalecidas a la vez que cumple la función de mantener las partículas unidas en uniformidad. El glicerol cumplió varias funciones entre ellas: la de humectante ya que al ser un líquido viscoso se tuvo que reducir la dosis de agua; sin embargo, al perder su humedad cumple la función de plastificante y otorga flexibilidad respectivamente a la cantidad utilizada. El vinagre cumplió la función estabilizar los polímeros del almidón de yuca y brindar una mejor estructura.

Para obtener los resultados de biodegradabilidad, se aplicaron pruebas de laboratorio basadas en las normas internacionales: ASTM G160-12. y la norma ASTM D6954-04. Para la prueba de entierro se determinaron las masas de dos bandejas: la primera BD-1 con una masa inicial de 29 g y la segunda BD-2 con una masa inicial de 19 g, ambas bandejas fueron enterradas durante 35 días a 8 cm de la superficie del suelo de acuerdo con la norma ASTM G160-12 en un suelo arenoso con un pH de 6. BD-1 disminuyó en su primera semana 1.113 g, hasta llegar en su quinta semana donde perdió 1.299 g; logrando un 41.537% de biodegradabilidad en los 35 días. Mientras que BD-2 con una masa inicial de 19 g, perdió en su primera semana 0.583 g de su masa, hasta llegar a perder en su quinta semana hasta 1.908 g; logrando un 46.99% de biodegradabilidad en el tiempo estipulado.

Estos valores se diferencian con los investigadores en relación al tiempo de biodegradabilidad, para (Vega Ramos, 2022) la biodegradación de sus bandejas fue de un 80% fue por 60 días y (Hernández, et al. 2017) que la biodegradabilidad de su biocompuesto fue de 75% en 31 días mediante la prueba de entierro.

La segunda prueba mencionada (ASTM D6954-04) consistió en ejecutar una degradación acelerada por lo cual se sometieron a temperaturas distintas: la bandeja BD-3 se sometió a una temperatura de 35°C y la bandeja BD-4 se sometió a 65°C durante 35 días. La bandeja BD-3 tuvo una masa inicial de 21.017gr y fue sometida a una temperatura de 35°C por 5 semanas simulando una temperatura promedio de un día caluroso en la ciudad de Chiclayo, mientras que la bandeja BD-4 tuvo una masa inicial de 30.001 gr a una temperatura de 60°C simulando una temperatura extrema. La bandeja BD-3 disminuyó su masa inicial de 21.017 g a 20.645 g en la primera semana; bajando su masa a 19.201 g en la segunda semana, en la tercera semana disminuyó a 18.783 g en su masa, resultando en su cuarta semana con una masa de 16.946 g, en la quinta y última semana con una disminución de 14.547 g.

Mientras la bandeja BD-4 disminuyó en masa a 29.484 g en su primera semana a 28.282 g en la segunda semana, en la tercera semana disminuyó hasta 27.561 g de su masa, en la cuarta semana tuvo 25.859 g y en su quinta semana tuvo una masa final de 23.021 g. Logrando destacar que en ambas temperaturas la degradación se llevó a cabo y la más evidente fue la bandeja BD-3 que fue sometida a 35°C en relación a su masa inicial que fue 21.017 g, logrando un 30,784% de biodegradabilidad en el tiempo estipulado. A diferencia de la bandeja que fue sometida a 60°C con una masa inicial de 30.103 gr la cual perdió en su primera semana 0.619 gr, en su segunda semana perdió 1.423 gr, en su tercera semana perdió 0.5 gr, en su cuarta semana disminuyo 1,702 y en su quinta semana disminuyó 2.838 gr logrando un 23.53% de biodegradabilidad en el tiempo estipulado.

VI. CONCLUSIONES

- 1) Se precisó las características físicas del bagazo de caña de azúcar, la goma de tara y el almidón de yuca; la muestra del bagazo de caña de azúcar tuvo una masa de 50 gr, malla 0.5 cm, densidad 0.603 gr/ml y humedad de 7.73%, siendo de gran relevancia para la incorporación de las sustancias restantes en la formación de la masa; demostrando así que el bagazo de caña de azúcar posee características adecuadas para ser utilizado en la elaboración de las bandejas
- 2) Se sometió al bagazo de caña de azúcar a un pretratamiento químico, el cual favoreció su deslignificación mediante hidrólisis alcalina al 2% de NaOH con un pH de 14 durante 2 horas a una temperatura de 80°C; posteriormente se realizó una hidrólisis ácida al 4% de H₂SO₄ con un pH de 3 durante 2,5 horas a una temperatura de 85 °C; logrando desprender toda la rigidez que le proporciona la lignina, así como todas las impurezas presentes en el residuo fibroso, proceso que optimizó su mezcla, moldeo, prensado y cocci3n para llevar a cabo la elaboración de las bandejas biodegradables.
- 3) Se precisó la biodegradación de las bandejas mediante la prueba de entierro en un suelo arenoso a una profundidad de 8cm con un pH de 6. La bandeja BD-2 presentó una biodegradabilidad de 46.99% durante 35 días.
- 4) Mediante la degradación acelerada, se monitoreó a las bandejas BD-3 sometida a 35°C y la bandeja BD-4 sometida a 60°C durante 35 días. La degradación más considerable fue la bandeja BD-3 que tuvo como masa inicial de 21 gr y una masa final de 14.547% evidenciando 30.784% de degradación.
- 5) Se demostró que las cantidades de masa utilizadas en esta investigación influyen proporcionalmente al tiempo de biodegradación de las bandejas, la dosis en masa que presentó mejores resultados en esta investigación fue: 34 gr de bagazo de caña de azúcar + 20 gr de almidón de yuca + 3 gr de goma de Tara + 20 gr glicerol + vinagre 8 gr + 230 gr de agua destilada.

VII. RECOMENDACIONES:

- 1) Se recomienda a investigadores interesados en la elaboración de bandejas biodegradables a base de bagazo de caña de azúcar, considerar blanquear el bagazo deslignificado, a pesar de que es una operación que toma más horas de trabajo; optimizará notablemente la presentación de las bandejas.
- 2) Se recomienda desarrollar análisis de microbiología alimentaria antes de ponerlos en comercialización.
- 3) Se recomienda investigar y profundizar otros ingredientes certificados con el contacto de alimentos, los cuales pueden servir para la elaboración de una biopelícula antimicrobiana de sus bandejas biodegradables; aumentando la posibilidad de optimizar el proceso ya presente en esta investigación.
- 4) Es recomendable acceder a maquinaria para mejorar las técnicas de moldeado y desmoldado, explorar y aplicar más favorables de acuerdo con el tamaño y/ diseño de la bandeja biodegradable.
- 5) Se recomienda realizar un análisis del tipo de suelo a usar en la prueba de entierro para poder tener presentes los microorganismos que participan en la degradación de la bandeja de bagazo de caña de azúcar.

REFERENCIAS

AGUIRRE, E., DOMÍNGUEZ, J., VILLANUEVA, E., PONCE-RAMIREZ, J.A., DE FÁTIMA AREVALO-OLIVA, M., SICHE, R., GONZÁLEZ-CABEZA, J. y RODRÍGUEZ, G., 2023. Biodegradable trays based on Manihot esculenta Crantz starch and Zea mays husk flour. *Food Packaging and Shelf Life*, vol. 38, ISSN 22142894. DOI 10.1016/j.fpsl.2023.101129. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214289423001060>

BACCAR CHAABANE, A., ROBBE, E., SCHERNEWSKI, G. y SCHUBERT, H., 2022. Decomposition Behavior of Biodegradable and Single-Use Tableware Items in the Warnow Estuary (Baltic Sea). *Sustainability*, vol. 14, no. 5, ISSN 2071-1050. DOI 10.3390/su14052544. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/5/2544>

BARTOS, A., KÓCS, J., ANGGONO, J., MÓCZÓ, J. y PUKÁNSZKY, B., 2021. Effect of fiber attrition, particle characteristics and interfacial adhesion on the properties of PP/sugarcane bagasse fiber composites. *Polymer Testing*, vol. 98, ISSN 0142-9418. DOI 10.1016/j.polymertesting.2021.107189. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/350733251_EFFECT_of_fiber_attrition_particle_characteristics_and_interfacial_adhesion_on_the_properties_OF_PPSUGARCANE_bagasse_fiber_composites

BRITO, L. y PATRICIO, M., 2018. Valoración de la deslignificación de fibras vegetales mediante hongos filamentosos. , Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15384/1/UPS-CT007569.pdf>

CRUZ-TIRADO, J.P., VEJARANO, R., TAPIA-BLÁCIDO, D.R., BARRAZA-JÁUREGUI, G. y SICHE, R., 2019. Biodegradable foam tray based on starches isolated from different Peruvian species. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 125, ISSN 0141-8130. DOI 10.1016/j.ijbiomac.2018.12.111. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30557647/>

El reciclaje, factor clave para la transformación social. [en línea], [sin fecha]. [consulta: 21 junio 2023]. Disponible en: <https://elperuano.pe/noticia/122521-el-reciclaje-factor-clave-para-la-transformacion-social>.

ESPINA, M., CRUZ-TIRADO, J.P. y SICHE, R., 2016. Propiedades mecánicas de bandejas elaboradas con almidón de especies vegetales nativas y fibras de residuos agroindustriales. *Scientia Agropecuaria*, vol. 7, no. 2, ISSN 2077-9917. DOI 10.17268/sci.agropecu.2016.02.06. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172016000200006&script=sci_abstract

Almidón de especies vegetales nativas y fibras de residuos agroindustriales. *Scientia Agropecuaria*, vol. 7, no. 2, ISSN 2077-9917. DOI 10.17268/sci.agropecu.2016.02.06. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172016000200006&script=sci_abstract

ESTEBAN NIETO, N., 2018. Tipos de Investigación. En: Accepted: 2018-07-02T01:44:39Z, Universidad Santo Domingo de Guzmán [en línea], [consulta: 30 mayo 2023]. Disponible en: <http://repositorio.usdg.edu.pe/handle/USDG/34>.

FERREIRA, D.C.M., MOLINA, G. y PELISSARI, F.M., 2020. Biodegradable trays based on cassava starch blended with agroindustrial residues. *Composites Part B: Engineering*, vol. 183, ISSN 13598368. DOI 10.1016/j.compositesb.2019.107682. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/337818733_Biodegradable_trays_based_on_cassava_starch_blended_with_agroindustrial_residues

GUPTA, H., KUMAR, H., KUMAR, M., GEHLAUT, A.K., GAUR, A., SACHAN, S. y PARK, J.-W., 2019. Síntesis de películas biodegradables obtenidas a partir de cascarilla de arroz y bagazo de caña de azúcar para ser utilizadas como material de empaque de alimentos. *Environmental Engineering Research*, vol. 25, no. 4, ISSN 1226-1025, 2005-968X. DOI 10.4491/eer.2019.191. Disponible en: <https://www.eeer.org/upload/eer-2019-191.pdf>

HERNÁNDEZ, D.C.D.C., ESTÉVEZ, D.C.M. de L.B. y DÍAZ, D.C.Y. de la C.M., 2017. Diseño cuasi experimental para la formación de habilidades profesionales. *Universidad y Sociedad*, vol. 9, no. 5, ISSN 2218-3620. Disponible en: <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/707>

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R. y MENDOZA TORRES, C.P., 2018. Metodología de la investigación: las rutas: cuantitativa ,cualitativa y mixta [en línea]. S.I.: Mc Graw Hill educación. [consulta: 22 mayo 2023]. Disponible en: <http://repositorio.uasb.edu.bo/handle/54000/1292>.

HERNÁNDEZ-SAMPIERI, D.R., (2019). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: LAS RUTAS CUANTITATIVA, CUALITATIVA Y MIXTA. Disponible en:http://bvirtual.uco.mx/exploradores/archivos/gestor_bibliotecario.pdf

HOQUE, M.B., HOSSAIN, M.S. y KHAN, R.A., 2019. Study on Tensile, Bending and Water Uptake Properties of Sugarcane Bagasse Fiber Reinforced Polypropylene Based Composite. *Journal of Biomaterials*, vol. 3, no. 1, ISSN 2640-2629. DOI 10.11648/j.jb.20190301.13. Disponible en: <https://www.sciencepublishinggroup.com/article/10.11648.j.jb.20190301.13>

INDARTI, E., MULIANI, S., WULYA, S., RAFIQAH, R., SULAIMAN, I. y YUNITA, D., 2021. Desarrollo de vaso de bioespuma amigable con el medio ambiente a partir de bagazo de caña de azúcar y fibra de coco. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 711, no. 1, ISSN 1755-1307, 1755-1315. DOI 10.1088/1755-1315/711/1/012011. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/711/1/012011/meta>

JUMAIDIN, R., MOHD ZAINEL, S.N., ADAM, N.W., HUSSIN, M.S.F., AB GHANI, A.F., MOHAMMAD TAHA, M., MANSOR, M.R., YAAKOB, M.Y., AHMAD, M.N., MAIDIN, N.A., WAHID, M.K., MOHAMAD YATIM, N.A., AB RAHMAN, M.H. y OSMAN, M.H., 2020. Degradación térmica y características mecánicas de compuestos de almidón de patata biodegradables reforzados con bagazo de caña de azúcar. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, vol. 78, no. 1, ISSN 22897879. DOI 10.37934/arfmts.78.1.157166.

Disponible

en:

<https://www.akademiabaru.com/submit/index.php/arfmts/article/view/948>

La OMS anima a investigar sobre los microplásticos y a reducir drásticamente la contaminación por plásticos. [en línea], [sin fecha]. [consulta: 30 mayo 2023].

Disponible en: <https://www.who.int/es/news/item/22-08-2019-who-calls-for-more-research-into-microplastics-and-a-crackdown-on-plastic-pollution>.

Lafuente_Aranda_Gustavo_TFM.pdf [en línea], [sin fecha]. S.l.: s.n. [consulta: 15 octubre 2023]. Disponible en: http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Glafuente/Lafuente_Aranda_Gustavo_TFM.pdf.

Ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables- LEY-N° 30884. [en línea], [sin fecha]. [consulta: 21 junio 2023]. Disponible en: <http://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ley-que-regula-el-plastico-de-un-solo-uso-y-los-recipientes-ley-n-30884-1724734-1/>.

LIU, C., LUAN, P., LI, Q., CHENG, Z., SUN, X., CAO, D. y ZHU, H., 2020. Biodegradable, Hygienic, and Compostable Tableware from Hybrid Sugarcane and Bamboo Fibers as Plastic Alternative. *Matter*, vol. 3, no. 6, ISSN 2590-2385. DOI 10.1016/j.matt.2020.10.004. Disponible en: [https://www.cell.com/matter/pdf/S2590-2385\(20\)30558-0.pdf](https://www.cell.com/matter/pdf/S2590-2385(20)30558-0.pdf)

MADIVOLI, E.S., KARERU, P.G., GICHUKI, J. y ELBAGOURY, M.M., 2022. Las nanofibrillas de celulosa y las nanopartículas de plata mejoran las propiedades mecánicas y antimicrobianas de la película nanocompuesta de alcohol polivinílico. *Scientific Reports*, vol. 12, no. 1, ISSN 2045-2322. DOI 10.1038/s41598-022-23305-7. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-23305-7>

MARAVEAS, C., 2020. Producción de Polímeros Sostenibles y Biodegradables a partir de Residuos Agrícolas. *Polymers*, vol. 12, no. 5, ISSN 2073-4360. DOI 10.3390/polym12051127. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4360/12/5/1127>

MORENO-CAMACHO, C.A., MONTOYA-TORRES, J.R., JAEGLER, A. y GONDRAN, N., 2019. Sustainability metrics for real case applications of the supply

chain network design problem: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, vol. 231, ISSN 0959-6526. DOI 10.1016/j.jclepro.2019.05.278. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619318141>

O nos divorciamos del plástico, o nos olvidamos del planeta | Noticias ONU. [en línea], 2018. [consulta: 21 mayo 2023]. Disponible en: <https://news.un.org/es/story/2018/06/1435111>.

OLIVEIRA, F.B. de, BRAS, J., PIMENTA, M.T.B., CURVELO, A.A. da S. y BELGACEM, M.N., 2016. Production of cellulose nanocrystals from sugarcane bagasse fibers and pith. *Industrial Crops and Products*, vol. 93, ISSN 0926-6690. DOI 10.1016/j.indcrop.2016.04.064. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669016302941>

OTERO-ORTEGA, A., 2018. ENFOQUES DE INVESTIGACIÓN. . S.l.: s.n., Disponible en: <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/3145>

OTZEN, T. y MANTEROLA, C., 2017. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International Journal of Morphology*, vol. 35, no. 1, ISSN 0717-9502. DOI 10.4067/S0717-95022017000100037. Disponible en: http://www.intjmorphol.com/abstract/?art_id=4051

Parte V El bagazo de la caña de azúcar. Propiedades, constitución y potencial - PDF Free Download. [en línea], [sin fecha]. [consulta: 22 mayo 2023]. Disponible en: <https://docplayer.es/72041168-Parte-v-el-bagazo-de-la-cana-de-azucar-propiedades-constitucion-y-potencial.html>

RAMOS-GALARZA, C., 2021. Editorial: Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, vol. 10, no. 1, ISSN 1390-9592. DOI 10.33210/ca.v10i1.356.

RIYAJAN, S.-A., 2020. A packaging material from a waste paper/sugar cane stalk composite: Preparation and properties. *Food Packaging and Shelf Life*, vol. 26, ISSN 2214-2894. DOI 10.1016/j.fpsl.2020.100568. Disponible en: <https://www.cienciamerica.edu.ec/index.php/uti/article/view/356>

SALGADO-ORDOSGOITIA, R.D., PATERNINA-CONTRERAS, A.L., COHEN-MANRIQUE, C.S., RODRÍGUEZ-MANRIQUE, J.A., SALGADO-ORDOSGOITIA, R.D., PATERNINA-CONTRERAS, A.L., COHEN-MANRIQUE, C.S. y RODRÍGUEZ-MANRIQUE, J.A., 2019. Análisis de las Curvas de Gelatinización de Almidones Nativos de tres Especies de Ñame: Criollo (*Dioscorea alata*), Espino (*Dioscorea rotundata*) y Diamante 22. *Información tecnológica*, vol. 30, no. 4, ISSN 0718-0764. DOI 10.4067/S0718-07642019000400093. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642019000400093&script=sci_arttext

SHAHI, N., MIN, B., SAPKOTA, B. y RANGARI, V.K., 2020. Eco-Friendly Cellulose Nanofiber Extraction from Sugarcane Bagasse and Film Fabrication. *Sustainability*, vol. 12, no. 15, ISSN 2071-1050. DOI 10.3390/su12156015. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/15/6015>

SIRACUSA, V., ROCCULI, P., ROMANI, S. y ROSA, M.D., 2008. Biodegradable polymers for food packaging: a review. *Trends in Food Science & Technology*, vol. 19, no. 12, ISSN 0924-2244. DOI 10.1016/j.tifs.2008.07.003. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224408002185>

Standard Guide for Exposing and Testing Plastics that Degrade in the Environment by a Combination of Oxidation and Biodegradation. [en línea], [sin fecha]. [consulta: 15 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.astm.org/d6954-04.html>

Standard Practice for Evaluating Microbial Susceptibility of Nonmetallic Materials By Laboratory Soil Burial. [en línea], [sin fecha]. [consulta: 15 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.astm.org/g0160-12r19.html>.

Standard Test Method for Density of Plastics by the Density-Gradient Technique. [en línea], [sin fecha]. [consulta: 13 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.astm.org/d1505-18.html>.

Standard Test Method for Determination of Moisture in Plastics by Loss in Weight. [en línea], [sin fecha]. [consulta: 13 noviembre 2023]. Disponible en: <https://www.astm.org/d6980-17.html>.

Sugarcane molasses and vinasse as a substrate for polyhydroxyalkanoates (PHA) production. [en línea], [sin fecha]. [consulta: 30 mayo 2023]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532018000300220&lng=es&nrm=iso&tlng=en.

TIAN, K. y BILAL, M., 2020. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818095-2.00015->. En: P. SINGH, A. KUMAR y A. BORTHAKUR (eds.), Reducción de Contaminantes Ambientales [en línea]. S.I.: Elsevier, pp. 313-330. [consulta: 22 mayo 2023]. ISBN 978-0-12-818095-2. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128180952000151>.

TORGBO, S., QUAN, V.M. y SUKYAI, P., 2021. Cellulosic value-added products from sugarcane bagasse. *Cellulose*, vol. 28, no. 9, ISSN 1572-882X. DOI 10.1007/s10570-021-03918-3. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10570-021-03918-3>

VÁZQUEZ-RODRÍGUEZ, G.A. y BELTRÁN-HERNÁNDEZ, R.I., 2004. Pruebas normalizadas para la evaluación de la biodegradabilidad de sustancias químicas. una revisión. *Interciencia*, vol. 29, no. 10, ISSN 0378-1844. Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S037818442004001000005&script=sci_arttext

VEGA RAMOS, J.E., 2022. Obtención de platos biodegradables a partir de cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) y bagazo de caña (*Saccharum officinarum*). En: Accepted: 2023-05-02T21:50:46Z [en línea], [consulta: 20 mayo 2023]. Disponible en: <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/8375>.

YARADODDI, J.S., BANAPURMATH, N.R., GANACHARI, S.V., SOUDAGAR, M.E.M., MUBARAK, N.M., HALLAD, S., HUGAR, S. y FAYAZ, H., 2020. Biodegradable carboxymethyl cellulose based material for sustainable packaging application. *Scientific Reports*, vol. 10, no. 1, ISSN 2045-2322. DOI 10.1038/s41598-020-78912-z. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-78912-z>

ANEXOS

Anexo 1. Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de niveles de medición
Variable Independiente: Bagazo de caña de azúcar	Desecho lignocelulósico y hebroso, de la última molienda, significando el 28% del total después de haber extraído el jugo. Está conformado por: fibra (45%), representa el mayor volumen y tonelaje en el rendimiento de la industria azucarera.(Almazán et. al 2016)	Para poder utilizar el bagazo de caña se tuvo que medir sus características físicas y las condiciones de operación.	Propiedades físicas	Densidad	Razón
				Tamaño	Razón
				Peso	Razón
				Humedad	Razón
			Color	Nominal	
			Condición de operación	Dosis en masa de sustancias para el adhesivo	Razón
Variable dependiente: Bandeja Biodegradable	Es todo recipiente que tiene la capacidad de descomponerse en CO ₂ , CH ₄ , H ₂ O, compuestos inorgánicos o biomasa, obtenido como resultado un producto que se calcular en un determinado periodo. (Tian y Bilal 2020)	Para la elaboración de la bandeja biodegradable se tiene presente las características su biodegradabilidad que debe presentar.	Prueba de biodegradabilidad	Efecto de humedad	Intervalo
				Efecto de Temperatura	Intervalo
				Tiempo	Intervalo
				Prueba de entierro	Razón
				Intemperie	Intervalo

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Instrumento de recolección de datos



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS



REPORTE DE RESULTADOS DE ANALISIS

FICHA DE CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR Y SUSTANCIAS USADAS PARA EL ADHESIVO ORGÁNICO	
TÍTULO	Bandejas biodegradables a partir del bagazo de caña de azúcar
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Tratamiento y gestión de residuos
AUTORAS	Becerra Medina Karla Lucero Mondragón Nonajulca Marisol

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS		Valor	Unidad
HUMEDAD	Muestra N°1 Bagazo	7.73	g/m ³
	Muestra N°2 Almidón de yuca	11.92	
	Muestra N°3 Goma de Tara	16.59	

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS		Valor	Unidad
DENSIDAD	Muestra N°1 Bagazo	0.60	g/ml
	Muestra N°2 Almidón de yuca	1.42	
	Muestra N°3 Goma de Tara	0.69	



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS



CARACTERÍSTICAS FÍSICAS		Valor	Unidad
Peso	Muestra N°1 Bagazo	50	gr
	Muestra N°2 Almidón de yuca	50	
	Muestra N°3 Goma de Tara	50	


Firmado digitalmente por:
MONTEZA ARBULU CESAR
AUGUSTO FJR 10001280 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 22/11/2023 20:59:21-0500



REPORTE DE RESULTADOS DE ANALISIS

FICHA DE CARACTERIZACIÓN DESLIGNIFICACIÓN DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR	
TÍTULO	Bandejas biodegradables a partir del bagazo de caña de azúcar
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Tratamiento y gestión de residuos
AUTORAS	Becerra Medina Karla Lucero Mondragón Nonajulca Marisol

CARACTERÍSTICAS DE LA HIDRÓLISIS ALCALINA		
Muestra HAB-1	Unidad	Valor
Peso	gr	50
Agua	%	98
NaOH	%	02
pH	Índice de acidez	14
Temperatura	°C	80
Tiempo	horas	02
Color		Marrón

CARACTERÍSTICAS DE LA HIDRÓLISIS ÁCIDA		
Muestra HAB-1	Unidad	Valor
Peso	gr	50
Agua	%	96
H ₂ SO ₄	%	04
pH	Índice de acidez	03
Temperatura	°C	80
Tiempo	horas	2,5
Color		Marrón café



REPORTE DE RESULTADOS DE ANALISIS

FICHA DE CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LAS BANDEJAS A PARTIR DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR	
TÍTULO	Bandejas biodegradables a partir del bagazo de caña de azúcar
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Tratamiento y gestión de residuos
AUTORAS	Becerra Medina Karla Lucero Mondragón Nonajulca Marisol

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS LAS BANDEJAS BIODEGRADABLES		
Bandeja N°01	Unidad	Valor
Densidad	g/ml	0.75
Humedad	g/m ³	9.34%

Firmado digitalmente por:
MONTEZA ARBULU CESAR
AUGUSTO FIR 16681280 hard
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 22/11/2023 20:59:49-0500

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA

TIPO DE ANÁLISIS : Análisis físico
USUARIO : Becerra Medina Karla Lucero / Mondragon Nonajulca Marisol
N° DE MUESTRA : 01
TIPO DE MUESTRA : Suelo (Arenoso) - Pimentel
FECHA DE EMISIÓN : 21 de Noviembre del 2023
RESULTADOS : Análisis físicos del suelo

N° DE MUESTRA	PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	EQUIPO
M.01	pH	6	pH	Multiparámetro



CRISTIAN MICHEL GÓMEZ CORNEJO
INGENIERO AMBIENTAL
REG. CIP 255514

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y BIOTECNOLOGÍA

ING. CRISTIAN MICHEL GÓMEZ CORNEJO

CIP: 255514

Ficha de registro III: Monitoreo de las pruebas de biodegradabilidad de las bandejas midiéndose por disminución de masa.

Monitoreo de las bandejas por prueba de entierro

Tiempo de Evaluación: 35 días

Fecha	02/11	09/11	16/11	23/11	30/11	07/12	Biodegradación obtenida
Muestra	Masa Inicial	Masa 1	Masa 2	Masa 3	Masa 4	Masa 5	
BD-1	29 gr	27.887 g	24.279 g	21.650 g	18.249 g	16.954 g	41.54%
BD-2	19 gr	18.417 g	15.747 g	13.151 g	11.979 g	10.071 g	46.99%

Monitoreo de las bandejas por degradación acelerada

Tiempo de Evaluación: 35 días

Temperatura expuesta: 35 °C

Fecha	T° 35°C	02/11	09/11	16/11	23/11	30/11	07/12	Biodegradación obtenida
Muestra		Masa Inicial	Masa 1	Masa 2	Masa 3	Masa 4	Masa 5	
BD-3		21.017 g	20.645 g	19.203 g	18.783 g	16.943 g	14.547 g	30.78%

Temperatura expuesta: 60 °C

Fecha	T° 60°C	02/11	09/11	16/11	23/11	30/11	07/12	Biodegradación obtenida
Muestra		Masa Inicial	Masa 1	Masa 2	Masa 3	Masa 4	Masa 5	
BD-3		30.103 g	29.484 g	28.061 g	27.561 g	25.859 g	23.021 g	23.53%