

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA PESQUERA Y DE ALIMENTOS**  
**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE**  
**INGENIERÍA PESQUERA Y DE ALIMENTOS**



**INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN**

**“DISEÑO DE UN PROCESO PARA ELABORACIÓN DE UN  
PROTOTIPO DE ENVASE BIODEGRADABLE A BASE DE  
CASCARILLA DE CAFÉ”**

**AUTOR: JUVENCIO HERMENEGILDO BRIOS AVENDAÑO**

**COLABORADOR: GUILLERMO SANTIAGO AGUILAR CASTRO**

**(PERIODO DE EJECUCIÓN: Del 01 de julio de 2023 al 30 de junio de 2024)**

**(Resolución de aprobación N° 474-2023-R)**

**Callao, 2024**

**PERÚ**



## **DEDICATORIA:**

A mi familia, especialmente a mi esposa e hijos por haberme brindado esta oportunidad y por estar a mí lado siempre apoyándome permanentemente y comprensión al reducir el tiempo que debía de brindarles a ellos y direccionarlo para el desarrollo del presente estudio y a las actividades académicas relacionadas con esta investigación.

A ellos MI ETERNA GRATITUD.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'D. Cruz', is located in the bottom right corner of the page.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por haberme acompañado siempre durante esta y todas las etapas de mi vida, guiando mi camino y llenándome de salud, fortaleza y perseverancia para cumplir con mis metas.

A mis amigos: Percy Raúl, Braulio Bustamante, Carlos Chinchay; quienes me han brindado su apoyo incondicional, cariño, paciencia, anécdotas, experiencias y muchos buenos momentos.

A la Universidad Nacional del Callao y a los docentes de la Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos que compartieron sus conocimientos durante este proceso.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Percy Raúl', is written over a light blue rectangular background.

## INDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
INDICE.....	1
INDICE DE TABLAS .....	3
INDICE DE FIGURAS.....	4
RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
1.1 Descripción de la realidad problemática .....	8
1.2 Formulación del problema .....	8
1.3 Objetivos.....	11
1.4 Limitantes de la investigación.....	11
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	13
2.1 Antecedentes.....	13
2.2 Marco.....	21
2.2.1 Teórico.....	21
2.2.2 Conceptual.....	25
2.3 Definición de términos básicos.....	27
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	31
3.1 Hipótesis.....	31
3.2 Definición conceptual de variables.....	31
3.3 Operacionalización de variables.....	33
CAPÍTULO IV. DISEÑO METODOLÓGICO.....	35
4.1 Tipo y diseño de la investigación.....	35
4.2 Método de investigación.....	38
4.3 Población y muestra.....	38
4.4 Lugar del estudio y período desarrollado.....	39
4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información... ..	40
4.6 Análisis y procesamiento de datos.....	42



CAPÍTULO V: RESULTADOS .....	43
5.1 Resultados descriptivos .....	43
5.2 Resultados inferenciales .....	60
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	69
6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados. ..	69
6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	72
6.3 Responsabilidad ética.....	75
CONCLUSIONES .....	76
RECOMENDACIONES .....	77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78
ANEXOS.....	83
Anexo 1 Matriz de consistencia.....	83
Anexo 2 Normas sanitarias y de seguridad .....	84
Anexo 3 Molde del diseño del prototipo del envase biodegradable .....	87
Anexo 4 Instrumentos de validación por los expertos .....	90



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de las variables en estudio	34
Tabla 2	Diseño de la investigación	37
Tabla 3	Cronograma de Actividades	43
Tabla 4	Presupuesto de investigación	44
Tabla 5	Composición química de la cascarilla de café	46
Tabla 6	Composición física de la cascarilla de café	47
Tabla 7	Tiempos estándar del proceso.	49
Tabla 8	Análisis granulométrico	50
Tabla 9	Resultado de la prueba de punto de quiebre	50
Tabla 10	Resultados de prueba de vibración y contacto crítico	57
Tabla 11	Descripción del valor para la prueba de resistencia a la vibración y contacto crítico	57
Tabla 12	Descripción de la escala de valor	58
Tabla 13	Resultados del contenido de ceniza en seco	60
Tabla 14	Resultados del contenido de humedad	61
Tabla 15	Perfil de dureza TPA	62
Tabla 16	Del Rendimiento de la cascarilla de café en la elaboración de un prototipo de envases biodegradables	63
Tabla 17	Factores de estudio	64
Tabla 18	Obtención de celulosa de la cáscara de café	64
Tabla 19	Rendimiento del proceso de hidrólisis	65
Tabla 20	Determinación de humedad	66
Tabla 21	Análisis de varianza	66
Tabla 22	Comparación por método de Tukey 95% de confianza	66



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura del fruto del café .....	23
Figura 2 Diseño factorial .....	36
Figura 3 Flujo del Proceso .....	54



## RESUMEN

La preocupación mundial por disminuir el desperdicio de materias primas aprovechables, y la alta contaminación debida al mal uso de los recursos humanos conlleva a razonar y plantear posibles soluciones para apaciguar estos problemas. Una de esas soluciones es el aprovechamiento de los residuos sólidos generados por los procesos de la industria del café, ya que muchos de estos elementos tienen compuestos de interés que pueden llegar a ser aprovechables, el caso de la cascarilla de café. Con la cual se han venido desarrollando investigaciones en pro de reducir la contaminación que se ha generado en la industria cafetera.

Por tal motivo esta investigación busca aprovechar tecnológicamente el residuo sólido de la cascarilla de café en el diseño de un proceso para la elaboración de un prototipo de envase biodegradable; la mezcla conformada de cascarilla de café triturada procedente del tamiz 50 con una proporción de glicerina del 30% y una proporción de vinagre blanco del 20% del total de la mezcla, los resultados fueron aceptables ya que la mezcla mantuvo su forma y la extracción de los envases biodegradable del molde respectivo para la obtención del envase biodegradable fue de lo mejor.

En cuanto a textura del envase biodegradable fue determinada en función a la tensión superficial el bioplástico obtenido son quebradizas, frágiles y poco elásticas depende de la humedad relativa, La dureza está determinada en función de la textura con diferentes concentraciones de los insumos, que fueron obtenidos del análisis del perfil de textura. El resultado de la fracturabilidad se consideró el bioplástico no muy duras, no teniendo la facilidad de quiebre sin afectar a la estructura del envase biodegradable; por tanto, las características que presenta el envase sean de resistencia, dureza y flexible para su fácil manipulación, la resistencia a la flexión se calculó según la norma UNE EN\_14411, donde la resistencia del envase fue aplicada en medio del envase biodegradable. Siendo su degradabilidad total de 6 meses.

**Palabra clave: Flexión, dureza, fracturabilidad, textura, deflexión.**



## ABSTRACT

The global concern to reduce the waste of usable raw materials and the high pollution due to the misuse of human resources leads to reasoning and proposing possible solutions to alleviate these problems.

One of these solutions is the use of solid waste generated by the processes of the coffee industry, since many of these elements have compounds of interest that can be used, as is the case of coffee husks. With which research has been developed in order to reduce the pollution that has been generated in the coffee industry.

For this reason, this research seeks to technologically take advantage of the solid waste of coffee husks in the design of a process for the production of a prototype of biodegradable packaging; the mixture made up of crushed coffee husks from sieve 50 with a proportion of glycerin of 30% and a proportion of white vinegar of 20% of the total mixture, the results were acceptable since the mixture maintained its shape and the extraction of the biodegradable containers from the respective mold to obtain the biodegradable container was the best.

Regarding the texture of the biodegradable packaging, it was determined based on the surface tension of the bioplastic obtained. It is brittle, fragile and not very elastic, depending on the relative humidity. The hardness is determined based on the texture with different concentrations of the inputs, which were obtained from the analysis of the texture profile. The result of the fracturability was considered that the bioplastic is not very hard, not having the ease of breaking without affecting the structure of the biodegradable packaging; therefore, the characteristics of the packaging are resistance, hardness and flexibility for easy handling. The resistance to bending was calculated according to the UNE EN\_14411 standard, where the resistance of the packaging was applied in the middle of the biodegradable packaging. Its total degradability is 6 months.

**Keyword: Flexural, toughness, fracturability, texture, deflection.**



## INTRODUCCIÓN

El uso de envases para productos alimenticios aumenta su demanda cada día, de acuerdo a los hábitos de consumo, y no se tiene en cuenta el impacto en el medio ambiente, ocasionado desde el proceso de fabricación hasta la disposición final de estos luego de su uso, en los últimos años se viene observando una tendencia creciente a utilizar productos hechos con materiales saludables y amigables con el medio ambiente, contribuyendo de esta forma con la sostenibilidad, motivo por el cual esta investigación se enfoca en productos biodegradables amigables con el medio ambiente, por lo que se pretende realizar un diseño de un proceso para elaboración de un prototipo de envase biodegradable a base de cascarilla de café, con el cual se mejorara la conservación del medio ambiente, siendo los productos biodegradables que pueden mejorar la fertilidad del suelo. La descomposición de los materiales mejora la retención de agua y nutrientes, ayuda al crecimiento de plantas más saludables sin necesidad de pesticidas ni fertilizantes químicos.

Es importante señalar que los envases biodegradables se caracterizan por disminuir el impacto negativo sobre el medio ambiente, toda vez que son orgánicos que para la obtención de ellos se realizan con materiales de origen vegetal; por tanto, no contaminan el suelo y las aguas porque desaparecen rápidamente y no dejan residuos tóxicos, no saturan los vertederos, sirven de alimento para el planeta.

El proyecto de investigación surge habiendo identificado la oportunidad del mundo en relación al cuidado y preservación del medio ambiente y el desarrollo de una cultura eco amigable, información que sustenta el impacto del consumo de plástico y las repercusiones que este genera.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo el de Diseñar el proceso para la elaboración de un prototipo de envase biodegradable a base de cascarilla de café; y evaluar los parámetros de calidad, realizar pruebas experimentales con la tecnología establecida para encontrar el prototipo óptimo.

## I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción de la realidad problemática

El proyecto consiste en el diseño de un proceso para elaboración de un prototipo de envase biodegradable a base de cascarilla de café, la idea surge por la alta contaminación de productos descartables plásticos en el Perú. Según datos del MINAM únicamente el 0.3% de basura es reciclada. Lo que genera que el resto vaya a desechos sanitarios o descampados abiertos, los datos mencionados ponen en evidencia que el país, en general, no dispone de un buen sistema de reciclaje, y lo que se busca es aminorar ese impacto negativo que ocasionan los productos plásticos expuestos al ambiente. Básicamente ese efecto se resume en dos grupos: problemas de salud ligadas a enfermedades cancerígenas, cardiovasculares o afecciones relacionadas con el sistema nervioso y reproductivo (Amigos de la Tierra, 2019).

La Ley N° 30884, que regula el consumo de bienes de plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables, prohíbe el consumo de aquellos productos de plástico que son innecesarios, es decir, aquellas que no se pueden reciclar o que representan un riesgo para la salud pública y/o el ambiente, considerando una de las ventajas de los envases biodegradables, de no producir residuos y por tanto al descomponerse no liberan elementos químicos ni gases a la atmósfera, reduciendo así la huella de carbono. Desaparecen rápidamente o son reciclados para volver a ser usados.

La norma ha permitido que se dejen de producir 420 toneladas de plástico al mes, además de generar una mayor conciencia en cuanto a sostenibilidad en la población, según la ONG Oceana. Sin embargo, el plástico continúa dominando como el principal material de empaque para servicios de alimentos y restaurantes.



En el marco de la estrategia Perú Limpio, nace la campaña menos plásticos más vida a fin de promover en la ciudadanía el consumo responsable de los plásticos de un solo uso como bolsas plásticas, cañitas y tecnopor, motivo por el cual tomamos la iniciativa de realizar el diseño de un proceso para elaboración de un prototipo de envase biodegradable a base de cascarilla de café, siendo beneficioso el uso de los envases biodegradables que ayudan en la conservación del medio ambiente y reducen la huella de carbono al no estar realizados con materiales plásticos provenientes del petróleo, otorgando a los usuarios una imagen de marca y la representan como un producto sostenible y ecofriendly.

En cuanto a la problemática de la contaminación, mediante la elaboración de un producto a partir de la de cascarilla de café considerado actualmente como un desecho, los cual mayormente son acumulados en grandes pilas para luego ser quemados, generando gran cantidad de gases contaminantes, se elaborará el diseño del proceso productivo de envases biodegradables a base de cascarilla de café, cuyo material poco a poco vaya sustituyendo al plástico.

El uso de envases biodegradables y/o reciclables para envasar y empacar alimentos contribuye en la construcción de una economía circular en el país, según lo señalado por la viceministra de Gestión Ambiental del Ministerio del Ambiente (Minam 2021).

Por lo indicado podemos realizar un diseño de un proceso para elaboración de un prototipo de envase biodegradable a base de cascarilla de café, que nos permitiría obtener un prototipo que contendrá alcances netamente teóricos de los envases biodegradables, en el que, se evaluarán parámetros de calidad que se tendrán en cuenta considerado algunos aspectos que resultan imprescindibles para así obtener un producto idóneo que satisfaga las exigencias del mercado, como también las necesidades de los clientes



9

y la calidad del producto final, en forma, siendo una de las características más importantes que los clientes consideran al momento de adquirir un envase de cualquier tipo o material que involucra la comodidad y el fácil manejo del producto, la resistencia que es muy importante ya que brinda las propiedades necesarias para que el envase pueda soportar un determinado contenido según las características físicas de la sustancia, tales como: temperatura, masa, peso, volumen, el color que considera un aspecto estético que impacta visualmente al cliente, por lo que se debe reflejar la esencia del planteamiento del problema y la idea expresada en el título del proyecto de investigación, para generar un impacto tanto ambiental como social con este tipo de envase, lo importante es demostrar que la elaboración industrial de envases biodegradables es posible; por ello, el prototipo del envase, quedara demostrado porque:

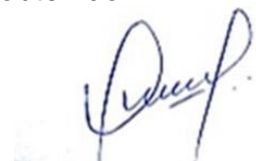
Se puede realizar un diseño de un proceso para elaboración de un prototipo de envase biodegradable a base de cascarilla de café, que cumpla con los requerimientos establecidos y si se puede industrializar el proceso de elaboración de envases biodegradables a base de cascarilla de café.

El resultado del proyecto final contendrá alcances netamente teóricos de los envases biodegradables, en donde se evaluarán parámetros de calidad que se tendrán en cuenta para la producción de estos. Se han considerado algunos aspectos que resultan imprescindibles para así obtener un producto idóneo que satisfaga las exigencias del mercado, como también las necesidades de los clientes.

## **1.2 Formulación del problema**

### **Problema general:**

¿De qué manera el diseño del proceso de elaboración de un prototipo de envase biodegradable a base de cascarilla de café influye en algunas propiedades mecánicas del prototipo obtenido?



## **Problemas específicos**

- a. ¿Es posible determinar los parámetros del proceso de elaboración del envase biodegradables a base de cascarilla de café?
- b. ¿De qué manera el proceso de elaboración de un prototipo de envase biodegradable a base de cascarilla de café influye en la deflexión, dureza y fracturabilidad?

### **1.3 Objetivos Objetivo General**

Diseñar el proceso para la elaboración de un prototipo de envase biodegradable a base de cascarilla de café.

#### **Objetivo específico**

- a. Evaluar los parámetros del proceso de elaboración del envase biodegradables a base de cascarilla de café.
- b. Evaluar las propiedades mecánicas de deflexión, dureza y fracturabilidad, del prototipo del envase biodegradable obtenidos.

### **1.4 Limitantes de la investigación**

- a. Limitaciones teórica, la investigación comprende el diseñar el proceso para la elaboración de un prototipo de envase biodegradable a base de cascarilla de café; por lo que ajustamos a la poca teoría existente, basada en el desarrollo de un envase biodegradable a base de residuo de café con nuez, por lo que se realizará un prototipo de envase, para el cual se considera algunos aspectos fundamentales los cuales están fuera del alcance, como la Certificaciones de calidad, ISO 9000, ISO 9001, ISO 14001; que



garantizan la calidad del proceso, mejora de procesos de producción, impacto ambiental, inocuidad del producto, control de riesgos, etc. Implementación de un sistema de calidad con la obtención del prototipo, que consiste en la mejora de procesos, optimizar labores internas del diseño, evaluar todas las ventajas y desventajas de los envases biodegradables.

- b. Limitaciones temporales, pues el estudio se realizará en un periodo total de un año (12 meses), de los cuales se ha previsto emplear ocho meses para las pruebas experimentales, siendo esta una restricción más significativa en base al tiempo.

Este periodo es muy corto para el desarrollo de todas las etapas que comprenden el proceso para el desarrollo de envases biodegradables a base de cascarilla de café.

- c. Limitaciones espaciales, las pruebas experimentales se desarrollarán en el Laboratorio de Ingeniería de Procesos y Operaciones Unitarias (LIPOU), de la Facultad de Ingeniería Pesquera y Alimentos de la Universidad Nacional del Callao.



## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

#### Antecedentes internacionales

La Universidad de Granada de España (2001) ha analizado la cascarilla del café en una investigación e informa que es 500 veces más antioxidante que la misma vitamina C, por lo que podría ser utilizado en la elaboración de los alimentos para el ser humano por los beneficios para su salud, su elevada capacidad antioxidante, es muy rico en fibra y compuestos fenólicos.

En Etiopía usan la cascarilla como infusión por sus beneficios prebióticos y antioxidantes, mientras que, en Colombia, lo vienen usando en biocompost, yogures y harina, actualmente ya lo están usando para el relleno de los chocolates (El campesino, 2018).

Edward Andrés Rojas Barrera y Gabriela Hernández Ortiz (2022), en su Tesis presentada sobre aprovechamiento de residuos orgánicos de la producción del café, obteniendo un diseño de un vaso biodegradable de forma artesanal para el beneficio del sector caficultor en Colombia, señala que la preocupación mundial por disminuir el desperdicio de materias primas aprovechables, y la alta contaminación debida al mal uso de los recursos humanos conlleva a razonar y plantear posibles soluciones para apaciguar estos problemas. Una de esas soluciones es el aprovechamiento de los subproductos generados por los procesos de la industria alimentaria, ya que muchos de estos elementos tienen compuestos de interés que pueden llegar a ser aprovechables, el caso de la pulpa y cáscara de café. Con la cual se han venido desarrollando investigaciones en pro de reducir la contaminación que se ha generado en la industria cafetera. Por tal motivo esta investigación busca aprovechar tecnológicamente la pulpa de café en el diseño de un vaso



desechable, evaluando inicialmente dos concentraciones diferentes de NaOH para determinar con cuál de ellas generó un mejor porcentaje de extracción de la alfa celulosa. Es posible evidenciar que la mejor concentración fue 60 g/l NaOH durante 1:30 horas con un rendimiento promedio de 57.23%, produciendo así una pasta de pulpa de café la cual se moldeó y posteriormente se prensó para aplicar tecnológicamente la celulosa obtenida en un modelo de vaso que sirva para el uso en la bebida y dar una posible aplicación de este producto de la industria cafetera.

En su investigación Amaya A. & Bautista C. (2020) de su proyecto titulado “Alternativas de materiales de envases biodegradables para la disminución del plástico en una cadena de café premium” en Colombia, plantearon una alternativa de materiales de envases biodegradables para la disminución de plásticos de una cadena de café premium, con el objetivo de identificar la cantidad de residuos de envases generados. Amaya A. & Bautista C. (2020) realizaron un comparativo entre la caña de azúcar y la pulpa de café, una vez se hizo el análisis de percepción para determinar el patrón de consumo de bebidas calientes y el material biodegradable de mayor preferencia, se obtuvo como resultado que el material con mayor probabilidad de inversión sería el bagazo de caña de azúcar, ya que es el que requiere menos gastos de producción y nos brinda las características ambientalmente sostenibles para tener un envase biodegradable de alta calidad.

Acevedo, M. et al (2021) en el artículo titulado “Aprovechamiento de los polisacáridos de la pulpa de café residual para la obtención de bioetanol como estrategia hacia la bioeconomía” publicado en la revista Gestión y Ambiente, de Colombia, señalan que la pulpa de café es el principal residuo generado en la caficultura, debida a ello, investigaron que este residuo aportaría un valor agregado en la



industria debido a su contenido de pectina, celulosa, hemicelulosa, polifenoles, cafeína, proteínas, taninos entre otras sustancias que pueden ser empleadas en la elaboración de bioproductos en diversas industrias, es por ende que en su investigación evaluaron la extracción de polisacáridos de la pulpa de café residual para la obtención de bioetanol, en donde se caracterizó químicamente la pulpa de café mediante una revisión bibliográfica, se evaluaron obtenciones de azúcares y se reportó la obtención de bioetanol con los hidrolizados de la pulpa de café residual.

Bonilla C, et al (2021) en el estudio titulado “Propuesta de estrategias para el aprovechamiento de la pulpa de café residual en la finca cafetera los Monroy” formularon estrategias para el aprovechamiento de la pulpa de café en la finca, con el fin de disminuir el impacto ambiental generado por la incorrecta disposición de la biomasa, buscando impactar positivamente aspectos económicos y sociales en las partes interesadas del negocio generando conciencia de la producción sostenible, en donde se plantea el compostaje como posible uso de la pulpa de café ya que sus características físico químicas, en particular la concentración de azúcares lo que permite un gran rendimiento en abono orgánico.

Ramírez P. (2007) en su tesis titulada “Evaluación de la cáscara de café, el bagazo de la caña de azúcar y residuos de palma para la obtención de la casa por medio del cultivo en estado sólido de la especie *Trametes pubescens*” evaluó la cascara de café, el bagazo de la caña de azúcar y residuos de palma para la obtención de la casa por medio del cultivo en estado sólido de la especie *Trametes pubescens*, en lo cual uno de sus objetivos específicos era la determinación de la celulosa en lo cual reportaron que hay más contenido de celulosa en el bagazo de caña (52,25%) que en la cascara de café (18,65%).



En Colombia en la investigación de Serna, A. et al (2018) titulada “Aprovechamiento de la pulpa de café como alternativa de valorización de subproductos”, investigaron el uso de la pulpa de café como una alternativa para la valorización de subproductos, señalando que el excedente de pulpa es un subproducto que tiene pocos usos industriales y a su vez tiene un alto impacto ambiental. En esta investigación, se evaluó la extracción de compuestos bioactivos, empleando agua como solvente en tiempos de 4 y 8 minutos y en temperaturas entre 60 y 90°C, a cada una de estas infusiones se le midieron polifenoles totales y su capacidad antioxidante, encontrando que las infusiones tienen un alto contenido de polifenoles y una elevada capacidad antioxidante, el tiempo y temperatura tuvieron un efecto significativo en la extracción de estos compuestos, evidenciando que existe una un potencial para aprovechar la pulpa de café permitiendo hacer un aprovechamiento integral de esta materia.

### **Antecedentes nacionales**

En el Perú Investigadores peruanos usan cáscaras de café y nuez para fabricar envases biodegradables (2022), Silvia Elvira Pandia Estrada, investigadora principal busca como una alternativa para reducir la contaminación ambiental ocasionada por el uso excesivo del plástico, un equipo de investigadores peruanos busca fabricar envases biodegradables con propiedades antimicrobianas haciendo uso de residuos agroindustriales, como las cáscaras de café y nuez, provenientes de Oxapampa, Ica y Madre de Dios, respectivamente (Pandia, 2022).

Si bien el Perú enfrenta la contaminación plástica con la ley que regula el plástico de un solo uso, también se suman iniciativas como este proyecto financiado por Concytec, a través de su unidad ejecutora ProCiencia, por un monto de 300 mil soles, que promueve la transición de nuestro país hacia un consumo y producción más sostenible con un enfoque de economía circular (Pandia, 2022).



En entrevista con la agencia Andina, Silvia Elvira Pandia Estrada, investigadora principal del proyecto, explica que esta investigación busca revalorar las fibras que provienen de la cáscara de café o de la nuez de Brasil y, a partir de ello, fabricar envases biodegradables para que sean utilizados en reemplazo de los plásticos (Pandia, 2022).

En estos momentos estamos trabajando tanto con la nuez de nogal y nuez de Brasil que provienen de Ica y Madre de Dios, respectivamente; y también se está trabajando con la cáscara de café que proviene de Oxapampa. Estos residuos tienen costo cero en su lugar de origen, pero nosotros podemos convertirlos en la materia prima principal para la fabricación de los envases biodegradables que bien pueden sustituir al plástico que tanto daño nos hace, señala la ingeniera pesquera formada en las aulas de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Pandia, 2022).

Actualmente, el proyecto titulado “Revalorización de fibras agroindustriales para la elaboración de biomateriales con capacidad antimicrobiana en el marco de una economía circular, se viene desarrollando en el laboratorio de la Dirección de Investigación y Transferencia Tecnológica, ubicado en el CITE pesquero Callao del Instituto de la Producción (ITP), y se encuentra en la etapa de obtención de formulaciones para los envases con características idóneas para productos de humedad intermedia y alimentos secos (Pandia, 2022).

La investigadora Silvia Pandia, quien también cuenta con una maestría en tecnología de alimentos, detalla que las cáscaras tienen la característica de ser muy duras y por tanto necesitan ser sometidas a una reducción de tamaño mediante la molienda (Pandia, 2022).

El equipo llamado molino de martillo se usa especialmente para disminuir el tamaño de la partícula, y una vez que se tiene el producto tipo harina ya se puede empezar a jugar con las formulaciones donde



entran otros materiales y finalmente se evalúa las propiedades que tienen para la fabricación de los envases, indica Silvia Pandia, que cuenta con más de diez años de experiencia en revalorización de subproductos de la pesca y agroindustria (Pandia, 2022).

Un año es el plazo para entregar los primeros resultados del proyecto, es decir, se deben tener listos los envases biodegradables con propiedades antimicrobianas a partir de los residuos agroindustriales para luego ser transferidos eventualmente a la industria y ser usados de forma masiva (Pandia, 2022).

Finalmente, la ingeniera peruana hace un llamado a las empresas para que muestren interés por este tipo de iniciativas y que trabajen de la mano con el Estado y la Academia para sacar adelante este tipo de proyectos (Pandia, 2022).

Por otro lado, a las niñas y adolescentes, Silvia Pandia les aconseja que siempre busquen el porqué de las cosas y de qué manera pueden mejorar algo. "Solo así surgen las ideas innovadoras y que pueden dar solución a diferentes problemáticas", añade. "Por ejemplo, ahora vemos que hay islas completas de plástico que causan daños irreversibles en el ecosistema acuático, tal vez ahora no somos conscientes, pero más adelante se verán las consecuencias. Es por ello que esta idea surge como un aporte, un granito de arena para poder mitigar el efecto negativo que están teniendo estos plásticos en las grandes masas acuáticas", concluye Silvia Pandia (2022).

El equipo de investigación está integrado por la ingeniera pesquera Silvia Pandia Estrada; Víctor Albrecht Ruiz, ingeniero con más de 20 años de experiencia en procesos bioquímicos; y los tésistas Madeleine Escajadillo Luque, Sheila Percca Ccama y Edwin Merino Aroni (2022).

Esta iniciativa se suma a otros proyectos tecnológicos y de innovación, desarrollados en el Perú, que promueven la economía verde, como por



ejemplo: un desinfectante natural a partir de cáscaras de frutas, el uso de residuos como la peladilla del espárrago, la semilla de palta, la pepa y cáscara de mango, entre otros para la fabricación de envases biodegradables o la obtención de un aceite rico en omega 5 a partir de la semilla de granada y de las cáscaras un extracto de antioxidantes que conserva las células jóvenes y puede usarse en la dermocosmética. (Revisa más noticias sobre ciencia, tecnología e innovación en la Agencia Andina y escucha historias inspiradoras en Andina Podcast, 2022).

Se elaboró la tesis “Análisis y uso de productos alternativos a base de maíz y cascara de arroz para el proceso de envases biodegradables”, Presentado por: Raúl Gustavo, Postigo Márquez (2019), en la Universidad Católica San Pablo, de la ciudad de Arequipa; en donde se señala que la investigación a desarrollar es una revisión documentada para el desarrollo de empaques biodegradables a partir del maíz y la cascara de arroz para el proceso del empaquetado de frutas y verduras, aprovechando la materia prima que es desechada o eliminada por los agricultores hoy en día en sus cosechas en la región de Arequipa, que es la cascara de arroz y el grano de maíz, con el fin de aminorar la contaminación ambiental y buscando nuevas alternativas para desarrollo de un empaque biodegradable en la industria del empaquetado aplicándolo en el ámbito regional. Hoy en día los envases hechos a base de plástico generan grandes cantidades de desechos que contaminan el medio ambiente donde vivimos. Ante este problema, las compañías en el mundo están intentando reducir la cantidad de empaques de plásticos que utilizan para envolver sus productos, reemplazándolos por los empaques de material biodegradable, dando un mayor énfasis en reducir la contaminación ambiental ya que una de sus características de este envase es que su degradación es de forma natural y de un menor tiempo de descomposición.



La fabricación de estos envases biodegradables será hecha principalmente de la cascara de arroz y el grano de maíz, que hoy en día en nuestro país son los productos que más se cosechan y a la vez contaminan al ser eliminados sus desechos. La materia prima desechable forma parte de los componentes para los envases biodegradables por el motivo que se realizara el estudio de sus características, propiedades, así como la descripción del proceso de fabricación y el procesamiento ya que es una parte importante del presente estudio (Postigo 2019).

Vega Ramos, Jhonatan Edison, en su tesis: "Obtención de platos biodegradables a partir de cascarilla de arroz (*oryza sativa*) y bagazo de caña (*Saccharum officinarum*)". Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional Hermilio Valdizan, Huánuco-Perú. 2022. El desarrollo industrial, asociado al consumo humano, ha generado el desarrollo de diversos utensilios (platos) los cuales son elaborados a base de derivados del petróleo con impactos desfavorables al medio ambiente, ante ello surge la necesidad de desarrollar platos biodegradables a base de fibras naturales. La investigación tiene como objetivo obtener platos que se biodegradan a partir de cascarilla de arroz y bagazo de caña.

La investigación se desarrolló mediante la mezcla de diferentes proporciones de cascarilla de arroz con fibra de caña (T1= 50 % Cascarilla de Arroz + 10 % Bagazo de Caña + 40 % Almidón, T2= 40 % Cascarilla de Arroz + 20 % Bagazo de Caña + 40 % Almidón, T3= 30 % Cascarilla de Arroz + 30 % Bagazo de Caña + 40 % Almidón, T4= 20 % Cascarilla de Arroz + 40 % Bagazo de Caña + 40 % Almidón), utilizando como Maizena pregelatinizada y se evaluó la biodegradabilidad en el tiempo. De los diferentes tratamientos, el (T3= 30 % Cascarilla de Arroz + 30 % Bagazo de Caña + 40 % Almidón %) se obtuvo el mejor resultado, obteniendo un plato resistente y con una



biodegradabilidad de 80 % en 60 días. Estos resultados ofrecen una alternativa para la disminución en la producción de platos sintéticos y así disminuir en parte la contaminación ambiental (Vega, 2022).

## **2.2 Marco**

### **2.2.1 Teórico**

Los datos teóricos de acuerdo a la temática de la presente investigación que serán necesarios para cumplir los objetivos propuestos, cascarilla de café como materia prima, aglutinantes naturales, también lo referente a la investigación y desarrollo técnico del producto, los componentes a investigar de la propuesta de los envases biodegradables, dentro del proceso de producción de café se pueden identificar cuatro etapas principales: la etapa agrícola, la etapa del beneficiado, la etapa de tostado o torrefacción y la etapa de comercialización final. La etapa agrícola involucra todo lo relacionado con la atención a las plantaciones, la cosecha y el beneficiado húmedo, incluyendo procesos como el despulpado, la fermentación del grano y el lavado. La fase del beneficiado o procesamiento del café da continuidad a la etapa agrícola y consiste en secar el grano en pergamino, posteriormente pasa a la operación de trillado, esta consiste en separar el pergamino del café oro (Navas, Osorio, & Bolaños, 2008).

Esta operación se lleva a cabo en equipos llamados trillas o retrillas. Al momento de salir de la trilla, el café es pasado por un seccionador que remueve el pergamino suelto, dicho pergamino o cascarilla se considera un residuo. Finalmente, el café oro es seleccionado, según calidades y destino ya sea para exportación o consumo interno (Navas, Osorio, & Bolaños, 2008).



La cascarilla de café también llamada cisco es una envoltura cartilaginosa de color blanco amarillento de aproximadamente 100 micrómetros de espesor y que corresponde al endocarpio (pergamino) del fruto, la semilla se encuentra en una forma suelta dentro de esta (Palacios & Betancurt, 2005).

Esta se extrae mediante el proceso de trillado donde ocurre una separación, a continuación, se presentan las características físicas y químicas (Palacios & Betancurt, 2005).

Para aprovechar de manera eficiente este residuo y someter el mismo a un sinnúmero de tratamientos con la finalidad de obtener productos orgánicos, es necesario conocer las propiedades tanto químicas como físicas de la cascarilla del café, ya que dichas características determinan el tipo de combustible o subproducto energético que se puede generar (Palacios & Betancurt, 2005).

Según (Orozco, Cantarero, & Rodríguez M, 2015) la cascarilla de café tiene la siguiente composición química: contenido de humedad de 7,6%, materia seca 92,8%, extracto etéreo 0,6%, nitrógeno 0,39%, cenizas 0,5%, extracto libre de nitrógeno 18,9%, calcio y Magnesio 150 mg y fósforo 28 mg.

De acuerdo a estudios realizados por (Palacios & Betancurt, 2005), el cisco cascarilla del café presenta las siguientes propiedades:

- El poder calorífico es de aproximadamente 7458 Kcal/Kg.
- El porcentaje de cenizas es de aproximadamente 0.6%.
- Su humedad promedio es de 5.4 %.
- El Material volátil es de 87.7 %.
- Densidad aparente promedio 0.33 g / cm<sup>3</sup>.
- El tamaño de las partículas oscila entre 0.425 y 2.36 mm de diámetro.



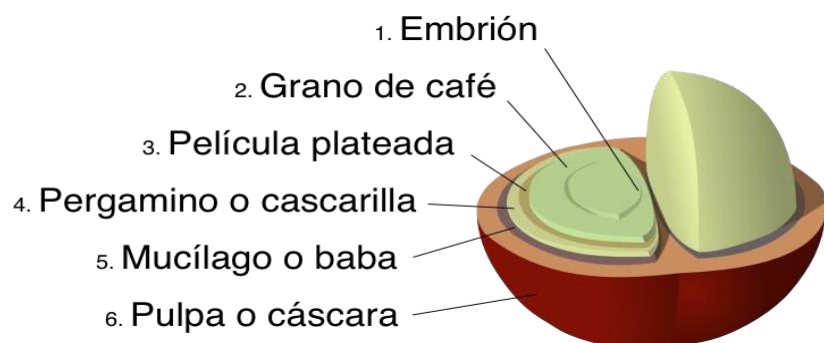
Los granos de café se obtienen del fruto de los cafetos “Coffea”. La época de floración es al comienzo de la temporada de lluvias, con flores blancas y perfumadas, que pasados ocho o nueve meses aparecen los frutos de café, que son bayas rojas, brillantes y carnosas muy parecidas a las cerezas (Vergara, 2020).

Los frutos son carnosos y rojos o púrpuras cuando están maduros y según la variedad de la planta pueden ser amarillos. Son bayas que se conocen como cerezas de café.

En el interior tienen dos núcleos, cada uno de ellos con un grano de café “semilla”. Las semillas están envueltas por una membrana semirrígida transparente, llamada pergamino, que es la pared del núcleo, y un mesocarpio rico en mucílago, que es una capa de pulpa azucarada. Una vez retirado, el grano de café verde queda rodeado de una piel plateada adherida (Vergara, 2020).

La estructura del fruto del café consta de seis partes, del interior al exterior (Vergara, 2020).

**Figura 1**  
**Estructura del fruto del café**



*Nota:* Adaptado de Livier García en Pexels Of A Coffee Bean.

**Embrión** – localizado en la superficie de la semilla.

**Grano de café (Endospermo)** — cada cereza de café está formada por dos semillas que suelen ser de consistencia dura y color verdoso o amarillento. El grano de café es la parte que se consume y se comercializa.

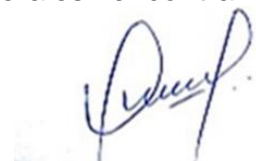
**Película plateada (Espermoderma)** – envuelve la semilla.

**Pergamino o cascarilla (Endocarpio)** — es una de las dos capas que recubre y protege el grano, es de color crema y de consistencia dura y frágil cuando se ha secado.

**Mucílago o baba (Mesocarpio)** — está formado por más de 20 capas de células que cubre los dos granos. Constituido por una capa gruesa de tejido esponjoso de 5 mm de espesor, rico en azúcares.

**Pulpa o cáscara (Epicarpio, epidermis)** – es la capa externa del fruto que protege y envuelve todo el fruto. El color depende de la madurez que tenga. Comienza con un tono verde que va pasando a ser amarillo, rojo o púrpuras. Y dependiendo de la variedad de la planta puede ser amarillo o rosado (Vergara, 2020).

La composición de un grano de café contiene: Agua: el grano de café verde está constituido de 6 a 13% de agua, el grano ya tostado no tiene más de 5% de humedad. El agua se evapora durante el tostado. Las materias grasas: un grano contiene de 15 a 20% de materia grasa. Proteínas: un grano encierra un promedio de 11% de proteínas, de esto una parte será destruida durante el tostado. Alcaloides: (sustancia orgánica que se encuentra en el azote) el principal alcaloide es la cafeína. Los cafés arábigos que contienen de 1 a 1.5%, los robusta entre 1.6 a 2.7%. El café robusto da un café más fuerte que la arábica. Materias minerales: encontramos en



pequeñas cantidades de potasio, calcio, magnesio y fósforo dentro del grano (Vanegas, 2017).

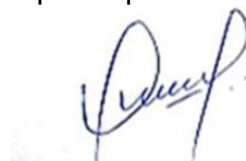
La cascarilla constituye una excelente fuente de celulosa, y lignina, pentosanos, sílice y cenizas, así como otros compuestos en menor proporción, la cáscara es la pulpa, la piel seca del fruto del café. Esta pulpa se recolecta en el beneficio húmedo, después que se despulpa el fruto maduro y luego se pone a secar. Después de seca, se prepara como deliciosa infusión caliente, helada, acompañada de muchos ingredientes. La cascarilla posee propiedades terapéuticas y medicinales, es abundante en magnesio, ácidos oleicos y linoleico, vitaminas y pectinas (Vanegas, 2017).

### **2.2.2 Conceptual**

En el mundo, el 95% del peso del fruto fresco del café es considerado como residuos orgánicos, entre ellos la cascarilla del café, la misma que se genera en el proceso de producción de trilla del café (Cenicafé, 2016).

Reutilizar la cascarilla como materia prima permitirá dinamizar el sector cafetalero del mundo hacia una industria eco-sostenible, ya que reducirá su impacto ambiental, la cual es una tendencia por la producción de café dirigida hacia una caficultura sostenible (Canet et al., 2016).

La cascarilla de café, con el transcurso del tiempo ha comenzado a ganar gran importancia para la creación de nuevos productos, sin embargo, un gran porcentaje de esta materia prima ha sido categorizada como residuo, lo que ha llevado a ser un residuo desaprovechada durante mucho tiempo. La base de la presente investigación es el diseñar el proceso para la elaboración de un prototipo de envase



biodegradable a base de cascarilla de café; y evaluar los parámetros de calidad, realizar pruebas experimentales con la tecnología establecida para encontrar el prototipo óptimo, la vida útil, el tiempo de degradación, y de esta manera sea más beneficioso para el medio ambiente. Este proceso consistirá el de determinar un modelo básico, ya que no se cuenta con un especialista en el proceso de la elaboración y las herramientas necesarias para elaborar un envase. Por ahora nos basamos en un modelo básico con la información encontrada en documentos, tesis, revistas, etc.

Desde el 2018 Perú aprobó el decreto supremo N° 013-2018-MINAM en donde tiene como finalidad fomentar el uso responsable del plástico, reemplazándolo por un envase biodegradable o reciclable cuya descomposición no genere contaminación ya sea por elementos peligrosos o microplásticos. (INACAL NTP 900.080., 2014).

El ministerio del ambiente a través de la Dirección General de Gestión y Residuos, como la Dirección General de Calidad ambiental brindara su apoyo para la aplicación del decreto supremo.

Estas evaluaciones de conformidad de biodegradabilidad de los envases de plástico se van a realizar de acuerdo a lo establecido en la NTP 900.080-2014 ya que debencumplir con el mínimo de criterios de evaluación y métodos de ensayos establecidos, el estado está velando por la integridad de los ciudadanos a largo como mediano plazo con el objetivo de asegurar a las presentes como futuras generaciones el derecho de gozar de un ambiente balanceado y apropiado para el desenvolvimiento de la vida.



Lo indicado, es uno de los factores motivadores para que se realicen investigaciones a nivel mundial con el objetivo de diseñar formulaciones para elaborar envases biodegradables con características organolépticas que le otorguen la aceptabilidad por parte del público consumidor. Los residuos orgánicos, son biodegradables, se componen naturalmente y tienen la propiedad de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otra materia orgánica. Los residuos orgánicos se componen de restos de comida y restos vegetales de origen doméstico (Consortio RSU, 2022).

### 2.3 Definición de términos básicos

- a. **Envase biodegradable:** se definen como aquellos fabricados con materia prima orgánica que se obtiene de fuentes renovables como el plátano, la estopa de coco, cascarilla de arroz, almidón de maíz, entre otros. Al convertirse en residuos se deshacen al ponerse en contacto con el medio ambiente convirtiéndose en biomasa y nutrientes, o por el metabolismo de los organismos. Es un proceso en el que no interviene la acción del hombre y tarda pocos años en realizar su degradación (BAQUÉ Café, 2019).
- b. **Envase compostable:** se descomponen por acción microbiológica en un periodo más breve, generalmente entre 8 a 12 semanas. Se definen como aquel en el que sus materiales desechados se convierten en compost, es decir abono orgánico (BAQUÉ Café, 2019).
- c. **Envases descartables plásticos:** Los envases descartables plásticos están conformados por distintos tipos de plásticos que en su mayoría requieren una extensa cantidad de tiempo para su descomposición, y por ende tienen un impacto negativo en el medio ambiente. La gran mayoría de las botellas plásticas de bebidas como aguas o gaseosas

son de PET (Polietileno Tereftalato). El PET está hecho de petróleo crudo, gas y aire. Un kilo de PET está compuesto por 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire (Reciclario, 2018).

- d. **El impacto ambiental:** Se conoce también como impacto antrópico o impacto antropogénico, es la alteración o modificación que causa una acción humana sobre el medio ambiente. Debido a que todas las acciones del hombre repercuten de alguna manera sobre el medio ambiente, un impacto ambiental se diferencia de un simple efecto en el medio ambiente mediante una valoración que permita determinar si la acción efectuada (por ejemplo, un proyecto) es capaz de cambiar la calidad ambiental y así justificar la denominación de impacto ambiental (en el cual se realizará un prototipo de envase, se considera algunos aspectos fundamentales los cuales están fuera del alcance, como la Certificaciones de calidad, ISO 9000, ISO 9001, ISO14001; que garantizan la calidad del proceso, mejora de procesos de producción, impacto ambiental, inocuidad del producto, control de riesgos, etc. Implementación de un sistema de calidad con la obtención del prototipo, que consiste en la mejora de procesos, optimizar labores internas del diseño, evaluar todas las ventajas y desventajas de los envases biodegradables (Gestión en Recursos Naturales 2016).
- e. **Cascarilla de café:** La cascarilla de café aporta, la cáscara de las cerezas de café además de azúcares, tiene altos contenidos de minerales, potasio, ácido clorogénico y cafeína. El ácido clorogénico y la cafeína tienen propiedades antioxidantes y anti inflamatorias (Restrepo 2020).
- f. **Envasado biodegradable:** Esto significa que pueden consumirse de forma segura, degradarse rápidamente y, a menudo, crearse a partir de productos de desecho (<https://www.desjardin.fr> › 2022).



- g. Aprovechamiento:** Es el proceso mediante el cual, a través de la recuperación de los materiales provenientes de los residuos de productos agrícolas y demás, se realiza su reincorporación al ciclo económico productivo en forma ambientalmente eficiente por medio de procesos como la reutilización y el reciclaje. (Real Academia Española,2020).
- h. Biodegradable:** Es el producto o sustancia que puede descomponerse en los elementos químicos que lo conforman, debido a la acción de agentes biológicos, como plantas, animales, microorganismos y hongos, bajo condiciones ambientales naturales. (Real Academia Española, 2020).
- i. Diseño:** Proceso o labor destinada a proyectar, coordinar, seleccionar y organizar un conjunto de elementos para producir y crear objetos visuales destinados a comunicar mensajes específicos a grupos determinados. (Real Academia Española, 2020).
- j. Eco-amigable:** La forma más simple de definir lo que significa ser amigables con el ecosistema, es decir que es el acto de vivir con intención. (Real Academia Española, 2020).
- k. Envase:** El envase es el envoltorio o contenedor que tiene contacto directo con el contenido de un producto. (Real Academia Española, 2020).
- l. Embalaje:** Caja o cubierta con que se resguardan los objetos que han de transportarse. (Real Academia Española, 2020).
- m. Empaque:** Conjunto de materiales que forman la envoltura y armazón de los paquetes, como papeles, telas, cuerdas, cintas. (Real Academia Española, 2020).
- n. Prototipo:** Ejemplar original o primer molde en que se fabrica una figura u otra cosa. (Real Academia Española, 2020).

- o. Residuo o Desecho:** Un residuo es todo elemento que está considerado como un desecho al cual hay que eliminar según los tipos de residuo. En este entendido, se supone, por lo tanto, que el residuo carece de valor económico (Dirección General de Salud Ambiental — DIGESA-2020).
- p. Tratamiento:** Es el conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante los cuales se modifican las características de los residuos o desechos peligrosos, teniendo en cuenta el riesgo y grado de peligrosidad de estos, para incrementar sus posibilidades de aprovechamiento y/o valorización o para minimizar los riesgos para la salud humana y el ambiente. (Emvarias grupo EPM, 2020).



### III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

#### 3.1 Hipótesis General

El presente trabajo, plantea la siguiente hipótesis.

El diseño del proceso de elaboración de un prototipo de envase biodegradable a base de cascarilla de café permitirá obtener un envase con mejores propiedades mecánicas.

#### Hipótesis específicas

- a. Los parámetros de elaboración de un prototipo de envase biodegradable a base de cascarilla de café son mejores que los envases tradicionales.
- b. El proceso de elaboración de un prototipo de envase biodegradable a base de cascarilla de café influye positivamente en la deflexión, dureza y fracturabilidad.

#### 3.2 Definición conceptual de las variables

##### Variable independiente:

- Proceso de elaboración de envase biodegradable a base de Cascarilla de café.

##### Variable dependiente:

- Prototipo de envase biodegradable.

**El Proceso de elaboración de envase biodegradable a base de Cascarilla de café:** Dicha variable es el de generar nuevas alternativas para la elaboración de un producto biodegradable el aplicar un método experimental dentro de esta investigación se fundamenta básicamente en lo científico, utilizando como proceso lógico el hipotético - deductivo (Jiménez, R., López, E., González, F., Curbelo, J., 2019).



Con la finalidad de desarrollar envases biodegradables a una escala de laboratorio, en el que se evaluarán los porcentajes de la cascarilla de café, para determinar los parámetros de calidad Cantidad de cascarilla de café y determinar la masa, peso, volumen y una tecnología en la obtención de un prototipo de envase biodegradable, lo que finalmente permita verificar un hecho concreto de la vida diaria.

**Prototipo del envase biodegradable:** Dicha variable en el determinar las características, propiedades y su ciclo de vida del envase que al ser desechado se desintegre en un corto plazo, controlando el tiempo de degradación que su elaboración y diseño busque los factores prácticos y de seguridad con la innovación y satisfacción al ser un producto amigable con el medio ambiente, que sirva como modelo para futuras investigaciones con metodologías compatibles que faciliten el análisis en conjunto; de las propiedades físico químicas, humedad, forma, color, temperatura, pH, densidad, propiedades mecánicas (resistencia, deflexión, dureza y fracturabilidad).

La información recolectada de las fuentes de información bibliográfica según las categorías expuestas anteriormente se da a partir de las diferentes fuentes documentales consultadas, se revisaron fuentes locales y externas para conocer como se ha desarrollado la tecnología y la posibilidad de aprovechar la cascarilla de café en el diseño del proceso para la elaboración de un prototipo de envase biodegradable a base de cascarilla de café, determinando modelos aplicados destacando que para la búsqueda de la información en las fuentes secundarias se emplearan como palabras claves: aprovechamiento de los residuos, exportación de productos derivados del café, utilización de residuos sólidos y residuos o cascarilla de café, se utilizara el buscador Google para encontrar informes y libros relacionados al tema.



Los procesos de biodegradación comprenden dos categorías: biodegradación primaria y biodegradación secundaria o mineralización. Durante la biodegradación primaria se producen discretas alteraciones estructurales en la molécula original, lo que hace que esta pierda sus propiedades físico-químicas. Durante la biodegradación secundaria o total, la sustancia química es metabolizada por los microorganismos como fuente de carbono y energía, siendo completamente transformada en compuestos inorgánicos. La descomposición puede llevarse a cabo en presencia de oxígeno, aeróbica y anaeróbica (Rodríguez, A., 2012).

### **3.3 Operacionalización de las variables**

#### **3.3.1 Definición operacional de las variables.**

En la tabla 1 se presenta la operacionalización de las variables independiente y dependiente.



**Tabla 1**

**Operacionalización de las variables en estudio**

INDICADOR	DIMENSIÓN	ÍNDICE	TÉCNICA ESTADÍSTICA	MÉTODO	TÉCNICA
<b>Variable Independiente:</b> - Proceso de elaboración de envase biodegradable a base de Cascarilla de café	- Cantidad de - cascarrilla de café (%). - Característica	- Evaluación de los Parámetros de calidad. - Determinación de la masa, Peso volumen Método general	- Experimental - Paramétricos - No paramétricos TS 6932 AOAC 75(6) 1016-1022	- Cuantitativo - Aplicada, Explicativo, - hipotético-deductivo.	Experimental
<b>Variabes Dependiente:</b> -Prototipo de envase biodegradable	- Característica fisicoquímica, humedad, forma, color y resistencia $Pc = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100$ - Tecnología de transformación - Análisis de extracción. - Tiempo de degradación (Capacidad de descomponerse de forma natural y ecológica).	Temperatura, $Q = K A \frac{\Delta T}{\Delta x}$ - pH - Densidad Propiedades mecánicas (resistencia, deflexión, dureza y fracturabilidad), tracción Contenido de ceniza, humedad Peso inicial –Peso final.	AOAC 75(6) 1016-1022  ASAE S352  Análisis de varianza  ANOVA	- Cuantitativa o (dimensión del envase) Método gravimétrico AENOR- 2001- ASTM D256-10 (2018) -Normas BN EN 13432 (2002), ASTM D6400 – 19 (2012) y D5338 – 98 (2003).	Experimental Modelo matemático

**Fuente: Elaboración propia**

## IV. DISEÑO METODOLÓGICO

### 4.1 Tipo y diseño de la investigación

El presente estudio es una investigación Cualitativa y Experimental, para diseñar el proceso para la elaboración de un prototipo de envase biodegradable a base de cascarilla de café.

La metodología a aplicarse en el presente trabajo de Investigación es el derealizar mediante un enfoque de diferentes tipos, de acuerdo con el nivel de investigación; dado que; el Brainstorming o lluvia de ideas, es una herramienta importante y creativa que permite generar ideas a través del trabajo en equipo, y así poder identificar las causas, aportar diferentes soluciones a un problema en específico y hacer más eficaz un proceso o actividad de una determinada empresa. Según Gen Words (2018), esta técnica otorga diferentes beneficios como, ofrecer un ambiente participativo, en donde los miembros del equipo manifiesten sus ideas con libertad y sin ninguna limitación; aumenta la innovación e incrementa la productividad. Esta herramienta se utilizó al inicio de este proyecto, donde los miembros del equipo dieron sus ideas para lograr saber cuál es la más factible.

El tipo de investigación según su orientación es aplicado, busca o tiene como fin la aplicación inmediata de los conocimientos obtenidos; por ende, la investigación fue de tipo aplicada, debido a que el propósito de la investigación fue resolver un problema de naturaleza práctica, con aplicación, utilización y consecuencias prácticas.

El nivel de investigación, según el alcance fue explicativo; “se centra fundamentalmente en determinar los orígenes y las causas del fenómeno u objeto sujeto a investigación, es decir, conocer porqué suceden o se presentan determinados hechos, en qué condiciones ocurren y qué los produce o provoca” (Rocha, C; 2018).

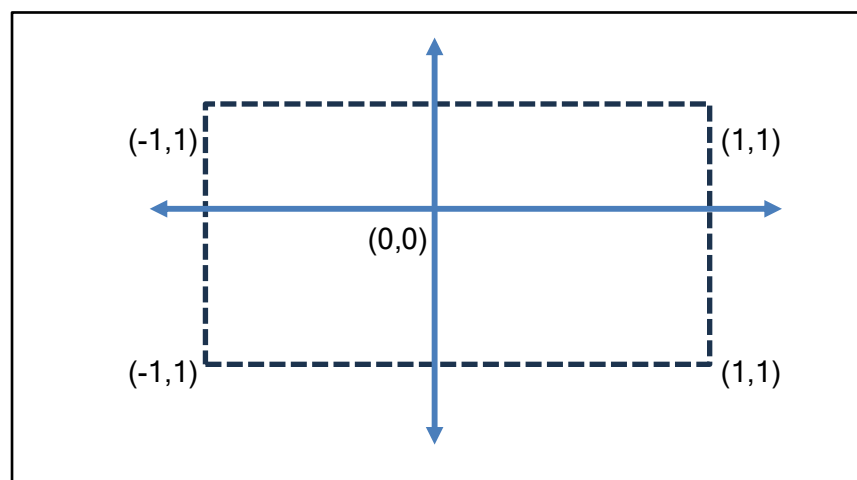


En consecuencia, el trabajo de investigación es de nivel explicativo, porque determina el origen o causas del fenómeno o comportamiento de una variable dependiente en función de la variable independiente; por ser estudios de causas-efecto, requiere control y debe cumplir otros criterios de causalidad.

Considerando las variables de estudio la investigación es de diseño experimental por tener como objeto de estudio la manipulación de variables experimentales en condiciones controladas. El cual resulta útil para evaluar qué modelo de predicción debería considerarse más preciso para esta investigación (Gutiérrez y Vara, 2018).

El diseño de investigación se desarrolló en base a un diseño factorial con un punto central y cuatro puntos factoriales, el cual estudia el efecto de dos factores/aditivos (glicerina t almidón) considerando dos niveles (nivel bajo (-) y nivel alto (+)) en cada uno. Para determinar las combinaciones o tratamientos de los aditivos se empleará la metodología de superficie de respuesta.

**Figura 2**  
**Diseño factorial**



**Tabla 2**

***Diseño de la investigación***

ENSAYOS	DISEÑO EXPERIMENTAL		PLAN DE EXPERIMENTACION	
	X1	X2	ANALISIS DEL PROBLEMA	ANALISIS DE VARIANZA
1	E1	E2	TIEMPO 1	MATERIALES
2	E2	E1	TIEMPO 2	TIEMPO
3	E3	E4	TIEMPO 3	ERROR
4	E4	E3	TIEMPO 4	ORIGEN

**Fuente:** Elaboración propia

Es importante mencionar que se controla el tiempo de degradación del material, para realizar un diseño de experimento, que nos muestre si hay diferencia en la descomposición, realizando un análisis de varianza (ANOVA), que se considere como la técnica central en el análisis de datos experimentales, se analizó el tiempo de degradación del envase, aparte de determinar los parámetros de calidad y la tecnología con la cual se desarrolla el prototipo final, que, al realizar el diseño experimental, nos muestre si hay diferencia en la descomposición, para cuál se usó el método gravimétrico (AENOR 2001).

De esta manera el prototipo final se elaboró con materiales responsables con el medio ambiente, no tóxicos ni nocivos para la salud de los usuarios y que permitió cerrar el ciclo de vida del producto por medio de un proceso de biodegradabilidad y compostaje.



## 4.2 Método de investigación

En el presente trabajo se utilizó el método cuantitativo donde se utilizó una data numérica de las observaciones realizadas; así mismo, es inductivo, pues se inicia con un estudio individual de los hechos y concluye con la formulación de conclusiones generales.

El trabajo se enmarcó en el método empírico experimental, pues su objetivo era el de utilizar diferentes porcentajes de cascarilla de café con la finalidad de verificar o no las hipótesis de estudio.

Según la tendencia la investigación se consideró Cuantitativa; según la orientación aplicada; según el alcance explicativo. El método de investigación hipotético- deductivo.

Para la elaboración del prototipo se utilizó el proceso experimental probatorio, el cual consistió en realizar varios experimentos midiendo y analizando parámetros, hasta obtener el prototipo final.

## 4.3 Población y muestra

La población de estudio está constituida por la cascarilla de café.

El tamaño de la muestra ( $n$ ) para una población finita, se realizó con la siguiente relación:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 (N - 1) + Z^2 \alpha * p * q}$$

Donde:

$n$  : Número de unidades de cada muestra

$N$  : Tamaño de población finita

$Z^2\alpha$  : Nivel de confianza (1.96<sup>2</sup>)

$p$  : Probabilidad que ocurra el evento

$q$  : Probabilidad que no ocurra el evento (1- $p$ )

$e$  : Error de estimación máximo aceptado (3%)



#### **4.4 Lugar del estudio**

El estudio de la presente investigación se realizó en las instalaciones del laboratorio de Ingeniería de Procesos y Operaciones Unitarias (LIPOU), de la Facultad de Ingeniería Pesquera y Alimentos de la Universidad Nacional del Callao.

#### **4.5 Técnicas e instrumentos de recolección de la información**

Considerando que plantear un proceso para el desarrollo de envases biodegradables a base de cascarilla de café, y siendo una investigación experimental, se realizaron los análisis en base a las normas técnicas establecidas, que fueron evaluadas cualitativa y cuantitativamente en función a las restricciones de bioseguridad. Cada uno de los ensayos fueron evaluados a fin de determinar los parámetros de calidad de los envases, la tecnología de transformación y los parámetros físico químicos, el porcentaje de humedad, de acuerdo a la Norma TAPPI T 412om-94, la absorción del agua, las características físicas, la densidad aparente, análisis de varianza, con pruebas paramétricas y no paramétricas. La técnica utilizada fue el del análisis documentado, recopilación de información, prueba de error.

Para la evaluación estadística, se utilizó el método LSD, el análisis de varianza ANOVA, con  $\alpha=0,05$ , así mismo el programa Excel para la evaluación gráfica de los datos obtenidos.

Se utilizó una amplia gama de análisis estadísticos, como las estadísticas descriptivas (por ejemplo, medias, frecuencias), las estadísticas bivariadas (por ejemplo, análisis de la varianza, prueba t student), regresión, el análisis de factores, y la representación gráfica de los datos, la determinación del contenido de la celulosa de la cascarilla de café por el método general TS 6932, el contenido de ceniza en seco ASAE S52, y el contenido de humedad AOAC 75(6) 1016-1022, los indicadores de control, etc.



Los materiales, la maquinaria y los instrumentos que se utilizaron para la elaboración del prototipo de envases biodegradables fueron:

**a. Materiales que se utilizaron en el experimento:**

- Vinagre
- Cascarilla de café.
- Glicerina
- Agua destilada
- Fécula de maíz

**b. Maquinaria:**

- Tanque de cocción: que permitió obtener la goma, el cual fue el aglutinante que le permitió dar consistencia inicial a los envases.
- Mezcladora: Aplico una fuerza centrípeta a los subproductos entrantes (polvillo de materias primas y la goma) obteniendo una mezcla homogenizada.
- Prensa: Comprimió la mezcla homogénea del molde, unopara cada tipo de producto, obteniendo la forma requerida.
- Horno industrial: Permitted calentar los moldes a una determinada temperatura (200°C) para que adquieran la dureza necesaria. Una vez que termino de hornearse los moldes, son retirados con sumo cuidado y con equipo protector en las manos.
- Lijadora: Instrumento que desbarbo los contornos y superficies, lo cual dio un acabado requerido para cada tipo de envase.
- Faja transportadora: Posibilito movilizar los distintos subproductos de una operación a otra.
- Tamizador: Mediante movimientos vibratorios permitió filtrar los residuos que se pudieran encontrar en la cascarilla de café.
- Etiquetadora: Coloco las etiquetas identificativas a cada envase producido.

**c. Instrumentos a bien considerados:**

- Licuadora: Hace el trabajo del molino.
- Colador: Nos permitió separa las partículas más pequeñas de la cascarilla de café.



- Moldes: Para darle forma al empaque.
- Cocina: Calentar la fibra de coco, el agua, la maicena.
- Cuchara: Utensilio utilizado para mover la fibra de coco durante la cocción.
- Rodillo: Extender la masa al grosor deseado.
- Balanza analítica: Pesar los insumos antes del proceso y el productofinal. Reactivos: Hidróxido de sodio en pellets, Hipoclorito de sodio, Agua destilada. Equipos de laboratorio:
- Horno: Que nos permitió determinar el % de ceniza.
- Estufa: Que nos permitió determinar el % de humedad.
- Balanza analítica: Que nos permitió pesar las muestras.
- pH digital: Que nos permitió la mayor precisión.
- Hidróxido de sodio, que nos permitió utilizar las relaciones de proporcionalidad 1:5 hasta 1:8 a escala industrial, con el fin de simular las condiciones industriales para la elaboración de este material y basados en estudios similares se utilizaron la proporcionalidad más alta ya que favorece la extracción de contenido celulósico de este tipo de componentes orgánicos.
- Termómetro: Que nos permitió determinar la medición de la temperatura de digestión ajustada en el rango de ebullición del hidróxido de sodio que se encontraba a  $90^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

**d. Indicadores de control:**

Humedad: Indicador para medir la cantidad de agua, vapor, o cualquier otro liquido presente en la superficie o interior del envase biodegradable elaborada.

**e. Pruebas**

Luego de realizar el prototipo se procedió a hacer las pruebas a fin de verificar los parámetros de calidad y biodegradabilidad del producto.



#### 4.6 Análisis y procedimientos de datos

Para el análisis y el procesamiento de datos se siguieron los siguientes pasos:

- a. Se realizó mediante la revisión crítica de la información recogida, es decir detectando datos o instrumentos defectuosos, contradictorios, incompletos, no pertinentes, etc.
- b. Se aplicaron técnicas adecuadas para la tabulación de cuadros según variables de la hipótesis.
- c. Se realizaron la representación gráfica de los resultados obtenidos.
- d. Se evaluaron, analizaron e interpretaron los resultados de acuerdo con el análisis estadístico que se utilizó fue el análisis inferencial de promedios de distribuciones normales con desviación desconocida de cuatro tratamientos con las repeticiones de acuerdo con lo establecido por Douglas C. Montgomery, aplicando la prueba de "t" de Student con un nivel de significancia del 5% (Montgomery Douglas, 2004) donde se establece, como pruebas de hipótesis y estadísticos de evaluación, lo que se indica:

$$\begin{aligned} H_0: X_1 &= X_2 \\ H_0: X_1 &\neq X_2 ; \text{ es decir,} \\ &\left[ \begin{array}{l} X_1 < X_2 \\ 0 \\ X_1 > X_2 \end{array} \right. \end{aligned}$$

Con estadísticos:

$$S_p^2 = (n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2 / n_1 + n_2 - 2$$
$$S_p = \sqrt{S_p^2}$$

y

$$t_0 = (X_1 - X_2) / S_p \sqrt{1/n_1 + 1/n_2}$$



## V: RESULTADOS

### 5.1 Resultados descriptivos

- **Resultados de las pruebas experimentales, de acuerdo a la propuesta metodológica en cuanto al diseño de un proceso para elaboración de un prototipo de envase biodegradable a base de cascarilla de café.**

La cascarilla a trabajar fue recolectada de la zona de Satipo y Chanchamayo, de una productora de café, Se obtuvieron 10 kg de cascarilla que fueron utilizados en el proceso de elaboración de un prototipo de envase biodegradable.

La cascarilla de café, de acuerdo a la metodología adoptada se acondicionó adecuadamente, que luego se pasó del acondicionamiento; a una etapa de elaboración de la biopelícula, para la obtención del envase biodegradable.

#### **Propiedades de la cascarilla del café**

Para aprovechar de manera eficiente este residuo y someter el mismo a un sinnúmero de tratamientos con la finalidad de obtener productos orgánicos, en este caso envases biodegradables.

**Tabla 3**

#### **Propiedades físicas y químicas de la cascarilla del café**

Propiedades Físicas	Propiedades Químicas
Densidad a 26°C 1,323 g/cm <sup>3</sup>	Humedad 11,45%
Densidad bruta 0,323 g/cm <sup>3</sup>	Lignina 41,86%
Calor de combustión 4500 cal/ °C g	Cenizas 0,95%
	Grasas 5,83%
	Pentosas 25,5%

**Fuente: Elaboración Propia**



**Tabla 4**

**Características del Material**

Características Químicas		Características Físicas	
Permeabilidad al vapor de agua	10 g/cm <sup>2</sup>	Gramaje	8 +- 5%g
Permeabilidad al oxígeno	8 cc/cm <sup>2</sup>	Espesor	0,35 mm
Disolventes residuales	2 g/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la tracción	1,2N/15mm
		Alargamiento en rotura	15%
		Color	Blanco
		Textura	Firme

**Fuente: Elaboración Propia**

**Características de la muestra**

- **Análisis de porcentaje de humedad**

El método para determinar la cantidad de agua presente en la muestra se basa en la pérdida de peso de la muestra por calentamiento en una estufa, refiriendo al total del peso de la muestra y expresada como porcentaje.

**Cálculos**

Determinar el contenido de humedad a partir de la pérdida de peso de la muestra.

$$\% \text{ humedad} = \frac{(M1 - M2) \times 100}{M}$$

Donde:

M1 = Peso del recipiente más muestra humedad

M2 = Peso del recipiente más muestra seca

M = Peso de la muestra

Se determinó la humedad de la cascarilla de café mediante el método 925,09 de la AOAC, colocando la muestra durante 60 minutos en un horno a una T° 110°C.



### **Porcentaje de rendimiento**

Se evaluó los procesos de extracción de las sustancias para la elaboración de envase biodegradable cuyo rendimiento está basado en pequeñas escalas.

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Salida}}{\text{Entrada}} * 100$$

Donde se determinó el 7% de rendimiento

### **porcentaje de cenizas**

Basado en la normativa NTE 0544. Se empleó recipientes de 200g para contener las muestras, el proceso consistió en incinerar la muestra del residuo en un horno a 220°C por un tiempo de 60 minutos empleando la siguiente ecuación:

$$\% C = \frac{CC - W}{CS - W} * 100$$

Donde:

%C : Porcentaje de ceniza

CC : Peso del recipiente más las cenizas (gramos)

W : Peso del vacío (gramos)

CS : Peso inicial de la porción de muestra (gramos)

### **Contenido de celulosa obtenido de la Cáscara de café y cascarilla del grano.**

Se aplicó el método TAPPI T17rn-55 donde a la muestra se le agregó de ácido acético conocido comercialmente como vinagre y 4ml de HNO<sub>3</sub>: (ácido nítrico), se agitó durando unos minutos y luego se filtra con etanol y se procedió a secar a una temperatura de 100°C por 120 minutos y luego medir su peso.



$$(\%) \text{Celulosa} = \frac{M_s - M_c}{P_m}$$

Donde:

Ms: Peso de la muestra Seca

Mc: Peso de muestra Calcinada

Pm: Peso inicial de la muestra

### **Análisis de elasticidad**

Prueba de resistencia a la tracción. Es la capacidad de un polímero a resistir a los esfuerzos de estiramiento, normalmente se mide aplicando un esfuerzo a una probeta.

Durante este análisis se utiliza una probeta de 5 x 10 cm.

La expresión que se utilizó para calcular este parámetro se presenta a continuación:

$$\text{Resistencia a la tracción} = \frac{\text{Fuerza necesaria para romper la muestra (N)}}{\text{Área de la sección transversal m}^2}$$

### **Tabla 5**

#### **Composición química de la cascarilla de café**

Composición	%
<b>Contenido de humedad</b>	11,45
<b>Lignina</b>	41,86
<b>Cenizas</b>	0,96
<b>Grasas</b>	5,83
<b>Pentosas</b>	25,5
<b>Furfural</b>	14,76

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 6**

**Composición física de la cascarilla de café**

Composición	%
Densidad a 26°	1,323 g/cm <sup>3</sup>
Densidad bruta	0,323 g/cm <sup>3</sup>
Calor de combustión	4,500 cal 1°C * g

**Fuente: Elaboración propia**

**Proceso productivo**

Para elaborar el diseño de un proceso; de un prototipo de envase biodegradable a base de cascarilla de café, se mezcla con los insumos correspondientes para el proceso de acuerdo al DOP, con los instrumentos respectivos se describe lo siguiente:

**Recepción**

Esta etapa consiste en la recepción de todos los materiales directos e indirectos utilizados en el proceso, la cascarilla en granel es pesada y analizada con la toma de muestras.

**Lavado**

Es una etapa muy importante debido a que, al estar en contacto directo con alimentos, necesita de un buen lavado para eliminar organismos extraños e impurezas, para esto se utiliza agua con HCL (ácido clorhídrico).

**Secado**

En este proceso se almacena la cascarilla es secado a temperatura ambiente proveniente de la etapa de lavado hasta que se encuentre seca.



### **Molienda**

La cascarilla se muele para empezar el proceso de molienda que consiste en la disminución del tamaño para obtener el polvo de cascarilla, el tamaño debe ser  $<0.3$  mm.

### **Mezclado**

Esta etapa consiste en mezclar los ingredientes o insumos como el polvo de la cascarilla de café, fécula de maíz, glicerina, agua y vinagre; a fin de obtener una mezcla uniforme.

### **Prensado.**

Después de obtener la masa uniforme se procede al prensado, el molde es comprimido obteniendo una masa con forma de envase.

### **Cocción.**

Después de haber obtenido la masa con forma de envase es colocado al horno a una temperatura aproximada de  $200^{\circ}\text{C}$  por un tiempo de 15 minutos para obtener la consistencia respectiva.

Los envases tienen una dimensión de 90 mm de diámetro superior, 62 mm de diámetro inferior y 65 mm de altura, con un borde de 0.5 mm. (Anexo 3).

El proceso de desintegración del material de los envases se acelera cuando éste entra en contacto con el suelo, por lo que se estimó según las observaciones alcanzadas en la experimentación que el material pierde su estructura física a los 15 días aproximadamente, no oponiendo resistencia al medio ambiente.

### **Acabado**

Después de obtener el envase se refina, para darle una presentación al producto final.



### Inspección

Se inspeccionan los envases producidos, se verifica la calidad del producto (olor, color, forma y dureza) los que no cumplan con estas condiciones son separados.

### Empaque

En esta etapa se procedió a embolsar y etiquetar los envases en paquetes de 25 unidades.

### Almacenamiento

Por último, el producto se almacena.

#### ▪ Tiempos del proceso de elaboración

**Tabla 7**

Tiempos estándar del proceso.

Procesos	Tiempo estándar
Molienda	2,25
Mezclado	6,00
Prensado	3,12
Cocción	7,50
Acabado	1,25
Empaquetado	5,00
<b>Tiempo total</b>	<b>33,67</b>

**Fuente: Elaboración propia.**

El análisis granulométrico permitió determinar la mayor retención de materia en los tamices, resultando, la cascarilla de café triturada quedó en mayores cantidades se muestra en la siguiente tabla 8.



**Tabla 8**  
**Análisis granulométrico**

Cantidades	Tamaño
<b>tamiz 20</b>	850 $\mu\text{m}$ , pulgadas 0,331
<b>tamiz 30</b>	600 $\mu\text{m}$ , pulgadas 0,234
<b>tamiz 50</b>	300 $\mu\text{m}$ , pulgadas 0,0117

**Fuente: Elaboración propia.**

La muestra de los tamices 20, 30 y 50 presentaron características adecuadas para la compactación y resistencia de los envases biodegradables lo que se comprobó con las siguientes pruebas.

**Pruebas de punto de quiebre**

Se procedió a elaborar láminas de diferente espesor utilizando la cascarilla procedente de los tamices 20, 30 y 50 con una mezcla estándar a partir de almidón de maíz (fécula) y agua. Estas láminas se secaron por completo para dar lugar a la realización de la prueba de punto de quiebre utilizando el instrumento penetrómetro dinámico, el cual determinó la resistencia ofrecida por la lámina hasta su punto de quiebre.

**Tabla 9**  
**Resultado de la prueba de punto de quiebre**

Nombre de la mezcla	Punto de quiebre
Lámina de cascarilla de café procedente del tamiz 20	1,4 $\text{kg}/\text{cm}^2$
Lámina de cascarilla de café procedente del tamiz 30	2,0 $\text{kg}/\text{cm}^2$
Lámina de cascarilla de café procedente del tamiz 50	2,1 $\text{kg}/\text{cm}^2$

**Fuente: Elaboración propia**



Con dichos resultados se puede comprobar la teoría que dicta que entre menor sea el tamaño de las partículas, mayor será la resistencia que el material tendrá, por lo tanto, la lámina elaborada de cascarilla de café procedente del tamiz 50 obtuvo los mejores resultados en punto de quiebre siendo esta la de mayor resistencia.

#### ▪ **Preparación de la mezcla**

Se procedió a realizar las pruebas con los envases biodegradables utilizando únicamente el almidón de maíz (fécula) como material y la glicerina como aditivo a la mezcla por las altas aceptaciones que han tenido en el proceso de elaboración del envase biodegradable, específicamente utilizando la cascarilla de café como materia prima.

Para la preparación se mezcló tres partes de agua con una parte de almidón (fécula de maíz o maicena), esta mezcla se batió rigurosamente con el propósito de evitar grumos o variabilidades en las concentraciones, luego se llevó a la cocción a fuego lento.

Se agregó la glicerina y el vinagre blanco, la cual se preparó disolviendo la misma en un recipiente con la proporción 40% agua y 30% de glicerina y 30% de vinagre blanco,

Para desarrollar el producto se utilizaron diferentes mezclas con diferentes tipos de granulometrías con el objetivo de establecer cuales presentaban los mejores resultados en el proceso de formación y compactado en el molde de los envases biodegradables.

Uno de los inconvenientes se manifestó al utilizar la cascarilla procedente del tamiz 20 ya que, por su tamaño de micra, se dificulta la compactación y agrupación de las partículas, por lo que al retirar el molde, la mezcla no mantuvo la forma deseada.



Utilizando la cascarilla procedente de los tamices 30 y 50, se obtuvieron mejores resultados en la mezcla y formación de los envases biodegradables, ya que entre menor sea el tamaño de partículas, mayor facilidad esta presentó al momento de compactarla y darle la forma deseada.

Es fundamental para mantener la forma deseada del prototipo, es el de utilizar los porcentajes adecuados, para que el agarre entre las partículas dependa mucho de la granulometría.

Se obtuvieron excelentes resultados en la mezcla de cascarilla de café procedente de los tamices 30 y 50 con una proporción de fécula de maíz cocido del 30% del total de la mezcla y una proporción de glicerina del 20% del total de la mezcla, ya que los envases no se disgregaron al momento de retirar los moldes, la extracción de las mismas fue más sencilla y mantuvieron la forma deseada.

En la mezcla conformada de cascarilla de café triturada procedente del tamiz 50 con una proporción de glicerina del 30% y una proporción de vinagre blanco del 20% del total de la mezcla, los resultados fueron aceptables ya que la mezcla mantuvo su forma y la extracción de los envases biodegradable del molde respectivo para la obtención del envase biodegradable fue de lo mejor.

Por lo consiguiente, se determinó que se utilizó en el secado los tratamientos siguientes: 50% cascarilla de café triturada, 30% glicerina y 20% vinagre blanco.

- **Cocción – secado**

Se obtuvieron los envases provenientes del proceso de moldeado y compactación en los moldes para dar paso al secado en el aire libre. Por lo que se pudo observar en este proceso, los envases elaborados



con glicerina no se secaron, porque la misma se cristaliza en temperaturas bajas, pero al entrar en contacto con el calor esta se vuelve maleable otra vez.

En cambio, los envases elaborados con fécula de maíz, se secaron en su totalidad en un lapso de dos días con un clima variado, pueden variar según las condiciones climáticas.

Determinando por lo consiguiente la utilización del tratamiento para las pruebas.

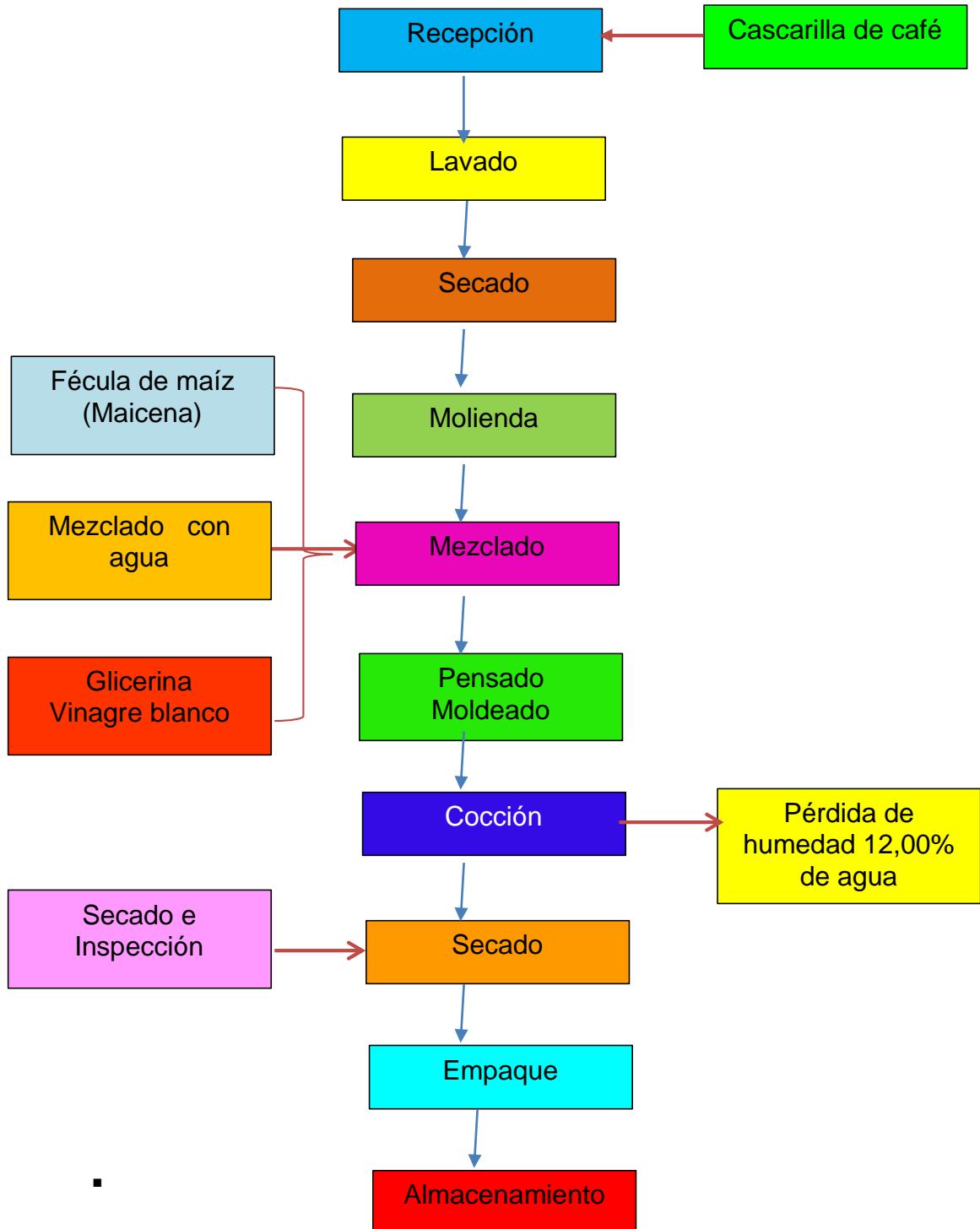
- **Flujo – del diseño del prototipo de envase**

Se estableció el proceso en el diseño de los envases biodegradables, tomando como referencia el tratamiento establecido de cascarilla de café al 50%, fécula de maíz (maicena) 30% y glicerina 20% para la mezcla.

Se tomaron los datos relevantes de las etapas, los tiempos de los procesos y el coeficiente técnico del proceso.



**Figura 3**  
**Flujo del Proceso**



Fuente: Elaboración propia

- **Pruebas críticas**

### **Humedad relativa**

Se realizó el experimento para el cálculo del valor de la humedad relativa en los envases biodegradables luego de su etapa de secado.

Al finalizar las 24 horas establecidas en las que los moldes se sometieron a una temperatura de 60°C constante, se tomó la medida de sus pesos a través de una balanza electrónica para comparar estos datos con los tomados antes de dar inicio al experimento, utilizando la siguiente fórmula para el cálculo del porcentaje de humedad.

### **Fórmula para el porcentaje de humedad**

$$\text{Porcentaje de humedad} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso final}} \times 100$$

Sustituyendo los datos en la ecuación, para cada una de las muestras, obtenemos los siguientes resultados:

$$\% \text{ humedad} = \frac{30.00 \text{ gr} - 26.50 \text{ gr}}{26.50 \text{ gr}} \times 100$$

$$\% \text{ humedad} = 11.67\%$$

A continuación, se calculó el porcentaje global partiendo de los porcentajes de cada muestra, obteniendo como resultado un 11,67% de humedad relativa en los envases biodegradables.

- **Resistencia de los envases biodegradables**

Se realizó la prueba de resistencia de los envases biodegradables,



**a. Muestra 1**

$$\% \text{ humedad} = \frac{28,50 \text{ g} - 25,50 \text{ g}}{25,50 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ humedad} = 10,53\%$$

**b. Muestra 2**

$$\% \text{ humedad} = \frac{29,00 \text{ g} - 25,50 \text{ g}}{25,50 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ humedad} = 12,07\%$$

**c. Muestra 3**

$$\% \text{ humedad} = \frac{29,00 \text{ g} - 26,00 \text{ g}}{26,00 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ humedad} = 10,34\%$$

**d. Muestra 4**

$$\% \text{ humedad} = \frac{30,00 \text{ g} - 26,50 \text{ g}}{26,50 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ humedad} = 11,67\%$$

En la realización de esta prueba, se pudo constatar que los envases biodegradables tienen una resistencia mecánica adecuada.

Se analizó cualitativamente el estado físico de cada muestra sometida a la prueba y los resultados se presentan en la siguiente tabla:



**Tabla 10**

**Resultados de prueba de vibración y contacto crítico**

Tratamiento	Muestra	Escala de Valoración				
		1	2	3	4	5
Cascarilla de café al 50%, Almidón de maíz al 30% y glicerina al 20%	1	X				
	2		X			
	3	X				
	4	X		X		

**Fuente: Elaboración propia**

A continuación, se detallan las asignaciones, cuantitativas del estado de los envases biodegradables después de las pruebas de vibración y contacto crítico y su descripción cualitativa de cada asignación.

**Tabla 11**

**Descripción del valor para la prueba de resistencia a la vibración y contacto crítico.**

Leyenda	
Porcentaje de valoración	Descripción cualitativa
100%	Representa ningún daño en la integridad física en los envases biodegradables.

**Fuente: Elaboración propia**



**Tabla 12**

**Descripción de la escala de valor (Resistencia a la vibración)**

85%	Representa desprendimiento leve de partículas pequeñas de material en los envases biodegradables.
55%	Representa desprendimiento moderado de partículas medianas de material y/o agrietamientos superficiales en los envases biodegradables.
35%	Representa desprendimiento leve de partículas grandes de material y/o agrietamientos profundizados en los envases biodegradables.
25%	Representa deterioro casi total y/o agrietamientos totales en a integridad física de los envases biodegradables.

**Fuente: Elaboración propia**

Tomando en cuenta estos porcentajes de valoración con los datos obtenidos en la prueba de vibración y resistencia, se puede interpretar los datos cualitativos en datos cuantitativos, obteniendo un promedio global de 85,00% de resistencia a las vibraciones y al contacto crítico.

Para la prueba de compilación máxima permitida, vale destacar que resisten el contacto directo de unas hacia otras, sin presentar daños perceptibles o quebraduras a pesar de las vibraciones a las que fueron sometidas.

▪ **Propiedades Físicas y Químicas**

Debido a las materias primas que contiene la mezcla del tratamiento de cascarilla de café al 50%, fécula de maíz al 30% y la glicerina al 20% los envases biodegradables, los componentes químicos presentes en su origen, tales como Nitrógeno y Carbonato de Calcio ( $\text{Ca CO}_3$ ) que este último estabilizará el pH, durante la descomposición del material biodegradable, el almidón de maíz (fécula o maicena) generará alimento orgánico para microorganismos.



Las propiedades físicas de los envases biodegradables tenemos un valor aceptable en resistencia de punto de quiebre de 2,1 kg/cm<sup>2</sup> según las pruebas realizadas, asimismo se concluyó que tiene una alta resistencia a las vibraciones.

El Espesor influye significativamente sobre las propiedades mecánicas influyendo sobre la permeabilidad al vapor de agua de los envases biodegradables. (Butler et al., 1996).

La Dureza, esta mide la resistencia que un material ofrece cuando intenta ser deformado cuanto más duro es el material, menor será deformado; la dificultad para deformar plásticamente al material se mide en función de la fuerza aplicada. Entre mayor tenga que ser la fuerza que se aplique para lograr la deformación plástica, más duro es el material. (Butler et al. 1996)

La Fracturabilidad; esta se da cuando el material se rompe debido a la aplicación de una fuerza externa, la fractura se asocia a la estricción y al esfuerzo de fractura de la curva esfuerzo-deformación unitaria. Pero es posible que un material se fracture a esfuerzos menores que su resistencia de tensión. o incluso a esfuerzos menores que el esfuerzo de fluencia. (Butler et al., 1996)

La Elasticidad; es la capacidad de los materiales para recuperar su forma y dimensiones iniciales cuando termina de actuar la fuerza que determina su deformación. (Butler et al., 1996)

La Extensibilidad; es la cualidad, condición o característica que tiene un material de ser extendible, es decir que se puede extender o tiene posibilidad de ser extendido, o puede aumentar de tamaño superficie. (Butler et al., 1996).



## 5.2 Resultados inferenciales

- **Del contenido de ceniza y humedad del diseño del prototipo de envase biodegradable.**

Para el aprovechamiento de este residuo orgánico en seco, es necesario saber el comportamiento de las propiedades físicas y químicas de la cascarilla de café, por lo que las características dadas determinan el subproducto que pueda generar en este caso el diseño del prototipo del envase biodegradable.

Se tomó 5g de muestra en seco en la cual se hizo por duplicado, se llevó a la mufla por dos horas a 500°C, para determinar el comportamiento de las dos muestras.

**Tabla 13**

### **Resultados del contenido de ceniza en seco**

Muestra	Muestra 1	Muestra 2	% de ceniza
<b>Peso Inicial</b>	5,7 g	5,18 g	5,8
<b>Peso Final</b>	3,00 g	2,24 g	4,3
<b>Promedio</b>		5,05%	
<b>Varianza</b>		1,13	
<b>Desviación estándar</b>		1,06	
<b>Coefficiente de varianza</b>		0,21	

**Fuente: Elaboración propia**

El valor promedio obtenido entre las dos muestras es de 5,05% ± (tabla 13), es debido a que el material estudiado sufrió cambios químicos que aumentaron la disponibilidad de los minerales presentes por el tiempo de almacenamiento; en cuyo estudio se observó un aumento en el contenido de cenizas, superando el límite permitido en el café oscuro (5.82%), todos estos cambios son derivados del proceso tostado artesanal.



En el contenido de humedad se determinó midiendo la pérdida de humedad en una estufa a 105°C hasta un peso constante y fueron expresados en porcentajes (%), como se observa en la tabla 13.

**Tabla 14**

**Resultados del contenido de humedad**

Muestra	% de ceniza
1	76%
2	71%
3	71%
<b>Promedio</b>	72%
<b>Varianza</b>	8,33
<b>Desviación estándar</b>	2,89
<b>Coefficiente de varianza</b>	0,04

**Fuente: Elaboración propia**

Fórmula % de humedad

$$W = 100 \times \frac{(mh - ms)}{(ms - mr)}$$

Donde:

W : Humedad (%)

mh : Masa del recipiente más la muestra húmeda (g)

ms : Masa del recipiente más la muestra seca (g)

mr : Masa del recipiente (g)

**Diseño del prototipo del envase biodegradable**

Se seleccionó y clasificó cascarilla de café para así llevarlo a la digestión en una T° 90°C a 1:30 hora, esto se hace para tener un material viscoso.



Luego la cascarilla de café se muele y se homogeniza, la masa se humedece, no debe escurrir líquidos y su textura es suave, blanda, olor un poco fermentado y su color es café, característico a la materia prima. Luego se realiza el proceso de digestión de la cascarilla de café, obteniéndose un material viscoso obtenido de la digestión, que luego se pasa por un prensado manual para eliminar el agua sobrenadante y tener un material más seco. Una vez terminado el prensado manual se mezcló y se llevó al molde para darle forma ejerciendo una presión manual. Luego se moldea el envase, para luego retirarlo del molde para ser secado a temperatura ambiente durante 5 días obteniendo el envase biodegradable, obtenido de la cascarilla de café.

### Perfil de la dureza TPA

El cual se establece medidas tendientes a la reducción gradual de la producción y consumo de ciertos productos plásticos de un solo uso, la aplicación se puede generar en este diseño. En la siguiente tabla, los ciclos corresponden a la fuerza máxima relacionado con la resistencia a la compresión.

**Tabla 15**

### Perfil de dureza TPA

Ensayo	Dureza (N)	
	Ciclo 1	Ciclo 2
1	5,3	6,37
2	7,253	3,50
3	4	4,02
<b>Varianza</b>		2,25300545
<b>Desviación estándar</b>		1,501004147
<b>Coefficiente de varianza</b>		0,294410542

**Fuente: Elaboración propia**

El diseño biodegradable se asoció a la norma ASTM D256-10 (2018) para determinar la resistencia al impacto, ya que todavía no se han determinado una norma para sensibilidad a la entalla a altas tasas de deformación en forma de energía por el espesor para diseños biodegradables.

A partir de este ensayo se pudo obtener información relacionada con la resistencia y rigidez que tiene este diseño biodegradable. En primer lugar, se obtuvo el esfuerzo del material lo cual se observó un cambio de comportamiento que no es sencillo de detectar por las dimensiones variadas de cada muestra, por ende, se realizó un análisis de varianzas nos indica una diferencia entre los valores del ensayo  $\pm 2,2$  que indica una longitud del intervalo alta por la variabilidad de los datos por desviación estándar obtenida.

**Tabla 16**

**Del Rendimiento de la cascarilla de café en la elaboración de un prototipo de envases biodegradables.**

Etapas	Peso en (g)	% Rendimiento
<b>Peso inicial</b>	500	100
<b>Peso después digestión</b>	320	64
<b>Peso antes de secado del envase biodegradable</b>	80	25
<b>Peso después del secado</b>	25,4	31

El prototipo obtenido muestra un rendimiento de 31% en la metodología planteada esto demuestra que se obtiene un rendimiento aceptable, a su vez la importancia en el análisis de los procesos para llegar a mejores porcentajes de rendimiento.



- **De la evaluación de las características del envase biodegradable**  
Con base a los residuos obtenidos del café: la cascarilla (endocarpio) se procedió a la obtención de la celulosa mediante procesamiento físico – químico por hidrólisis alcalina y ácida.  
Se planteó un diseño factorial AxB de bloques completos al azar los factores que intervienen en el estudio.

**Tabla 17**

**Factores de estudio**

Factores	Simbología	Descripción
Factor C	$C_0$	Cascara
Celulosa de los residuos de café	$C_1$	Cascarilla del grano
Facto H	Hidrolisis	Hidrolisis alcalino
Proceso de extracción de celosa.	alcalina	Hidrolisis ácido

**Fuente: Elaboración propia**

**Tabla 18**

**Obtención de celulosa de la cáscara de café**

N°	Simbología	Descripción
1	$C_0 - h_0$	Celulosa de la cáscara (exocarpio) mediante hidrólisis alcalina
2	$C_0 - h_1$	Celulosa de la cáscara (exocarpio) mediante hidrólisis acida.
3	$C_1 - h_0$	Celulosa de la cáscara (endocarpio) mediante hidrólisis alcalina
4	$C_1 - h_1$	Celulosa de cascarilla (endocarpio) mediante hidrólisis acida.

**Fuente: Elaboración propia**

Se siguió la metodología experimental de los métodos utilizados para la extracción de celulosa mediante hidrólisis alcalina empleando hidróxido (NaOH) de sodio e hidrólisis ácida con ácido sulfúrico H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

▪ **Del rendimiento del proceso de hidrólisis**

La extracción de celulosa se efectuó por duplicado como se indica en la metodología, en cada proceso de hidrólisis se obtuvo un porcentaje de recuperación o rendimiento. Se recuperó aproximadamente el 42% de celulosa.

$$\text{Recuperación (\%)} = \frac{\text{peso final}}{\text{peso inicial}} * 100$$

**Tabla 19**

**Rendimiento del proceso de hidrólisis**

Proceso	Hidrólisis alcalina		Hidrólisis ácida	
	Cáscara	Cascarilla	Cáscara	Cáscara
Residuo	C <sub>0</sub> h <sub>0</sub>	C <sub>1</sub> h <sub>0</sub>	C <sub>0</sub> h <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> h <sub>1</sub>
Tratamiento	C <sub>0</sub> h <sub>0</sub>	C <sub>1</sub> h <sub>0</sub>	C <sub>0</sub> h <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> h <sub>1</sub>
<b>Peso inicial en gramos</b>	770	770	770	770
<b>Peso final en gramos</b>	308 317	314 309	271 289	277 292
<b>Prom. Peso final</b>	312,00	311,50	280,00	284,50
<b>Recuperación (%)</b>	41%	40%	36%	37"

**Fuente: Elaboración propia**

▪ **De la determinación de Humedad de la celulosa**

Se determinó el porcentaje de humedad de los tratamientos por aplicación de calor y cálculo de pérdida de peso.

**Tabla 20****Determinación de humedad**

Tratamiento	Muestra	% Humedad	Medias
c <sub>0</sub> - h <sub>0</sub>	1	8,00%	9,25%
	2	10,50%	
c <sub>0</sub> - h <sub>1</sub>	1	8,50%	9,00%
	2	9,50%	
c <sub>1</sub> - h <sub>0</sub>	1	8,50%	7,50%
	2	6,50%	
c <sub>1</sub> - h <sub>1</sub>	1	5,50%	7,00%
	2	8,50%	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 21****Análisis de varianza**

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	3	0,000734	0,000245	0,92	0,48
Error	4	0,001013	0,000253		
Total	7	0,001747			

Fuente: Elaboración propia

El valor p (significancia) resultó 0,48 entonces no se cumple que  $p \leq 0.05$  por tanto se confirma que no hay diferencia entre las medias de tratamientos y se concluye que no existe diferencia significativa.

**Tabla 22****Comparación por método de Tukey 95% de confianza**

Tratamiento	N	Media	Agrupación
c <sub>0</sub> - h <sub>0</sub>	2	0,0925	A
c <sub>0</sub> - h <sub>1</sub>	2	0,09000	A
c <sub>1</sub> - h <sub>0</sub>	2	0,0750	A
c <sub>1</sub> - h <sub>1</sub>	2	0,0700	A

Fuente: Elaboración propia

La prueba de Tukey en comparación de pares determinó un solo grupo para todas las medias conforme al factor humedad, es decir no existen diferencias significativas entre los tratamientos

- **Prueba de textura de los envases biodegradables**

La textura de los envases fue determinada en función a la tensión superficial, las películas son quebradizas, frágiles y poco elásticas, lo que da origen a la aparición de grietas y agujeros en su superficie; las propiedades mecánicas y de barrera del bioplástico y el envase biodegradable depende de la humedad relativa (HR), la composición del bioplástico y otras condiciones ambientales.

- **Resultados de dureza**

Las pruebas de textura con diferentes concentraciones de os insumos que fueron obtenidos del análisis del perfil de textura.

- **Resultados de fracturabilidad**

La fuerza necesaria para el rompimiento de esta estructura de la elaboración de envases biodegradable, se requieren películas no muy duras, flexibles y para generar envases con esas características se desea una estructura que no tenga facilidad de quiebre puesto que se manipuló el envase sin que afecte a su estructura.

De acuerdo a lo establecido y explicado se busca un envase biodegradable, cuyas características sean la resistencia, dureza, no facturable y medianamente flexible para ser manipulado y no soporte de rompimientos con fuerzas bajas durante el almacenamiento. No es necesaria una alta dureza, debido a que el contenido no tiene una densidad alta.



- **Resultados de la deflexión**

La resistencia a la flexión se calculó según la Norma UNE EN-14411, donde la resistencia a la flexión, fue aplicada en el medio del envase biodegradable; la fuerza de rotura dividida por el cuadrado del grosor o sección mínima de rotura, la deflexión de los envases biodegradables e incrementa poco a poco siendo las pruebas con porcentajes menores a 30% de los menores valores de deflexión.

La dureza de los envases se ve favorecida con el incremento de la cascarilla de café, sin embargo, la fracturabilidad decrece, el uso de la cascarilla de café puede ser la alternativa para diferentes aplicaciones con propiedades mecánicas similares a otras materias primas renovable.



## VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados

- a. Sobre la primera hipótesis específica: Los parámetros de elaboración de un prototipo de envase biodegradable a base de cascarilla de café son mejores que los envases tradicionales.

La fuerte tendencia hacia un mundo más sostenible también ha llegado a la industria de los plásticos. De hecho, la fuerza de esta tendencia es tal que las estadísticas muestran que el 86% de los consumidores incluso pagarían más por envases sostenibles. Es por ello que a las grandes posibilidades de reciclaje de los envases tradicionales se ha unido la fabricación de nuevas soluciones como los envases biodegradables.

Se habla mucho sobre cuánto tiempo tarda un material en degradarse y que, cuanto menor sea dicho tiempo, menor impacto generará a nivel medioambiental. No obstante, y aunque esto no es del todo preciso, en pocos casos se habla de forma concreta sobre el impacto real que puede tener el que un material tarde más o menos en descomponerse.

Los envases biodegradables son aquellos que están fabricados con materias primas orgánicas que proceden de fuentes renovables como la celulosa, y que al ser eliminados como residuos se degradan al entrar en contacto con el medio ambiente, convirtiéndose en biomasa y nutrientes. Se trata de un proceso que puede tardar años y en el que no interviene la acción del hombre.

Un envase es compostable si los materiales desechados se pueden convertir en compost, es decir, en abono orgánico. Además, el proceso por el que se degrada por la acción microbológica es mucho más rápido, y en un corto periodo de tiempo se convertirá sin dejar residuos visibles ni tóxicos.



Para que un envase biodegradable sea compostable debe cumplir con los requisitos de la norma EN 13432, en la que destaca por ejemplo que el material debe degradarse como mínimo un 90% en 6 meses en un ambiente rico en dióxido de carbono.

Los envases fabricados a partir de materias primas orgánicas renovables aportan un ahorro de CO<sub>2</sub>, eliminan residuos y protegen al medio ambiente. Hacer un uso responsable de los plásticos, así como reducir las emisiones de gases de efecto invernadero es fundamental, y por ello también es importante analizar las ventajas y desventajas de los envases biodegradables.

Dentro de las ventajas del envase biodegradable a base de cascarilla de café, al estar formados por materiales naturales pueden ser consumidos por los microorganismos y contribuyen a que el ciclo vital siga su curso, no producen residuos y por tanto al descomponerse no liberan elementos químicos ni gases a la atmósfera, reduciendo así la huella de carbono, desaparecen rápidamente son reciclados para volver a ser usados.

Los envases biodegradables también pueden ser reciclados y elaborarse con ellos nuevos materiales y objetos, incentivando con ello una economía más circular.

Dentro de las desventajas, son muchas, que se pueden encontrar de los envases biodegradables, pero también las hay; como que muy pocos plásticos biodegradables son derivados de residuos agrícolas, por lo que un aumento de fabricación a gran escala podría tener un impacto negativo en la disponibilidad de alimentos y causar un aumento de precio de los mismos.



Los envases biodegradables a base de cascarilla de café, pueden reciclarse mediante procesos de compostaje que conllevan un gran gasto energético, su uso también estaría generando un impacto ambiental.

En cuanto a los sectores que más uso pueden hacer de este tipo de materiales, existen pocas limitaciones. Una de las industrias que más podría salir beneficiada de su uso es la alimentaria, pues como hemos visto, las demandas del consumidor en torno a la sostenibilidad se han incrementado de una manera muy significativa, no obstante, y como punto negativo, se debe tener en cuenta que los envases biodegradables para alimentos tienden a presentar peores características técnicas que las de los envases plásticos elaborados con materiales sostenibles.

- b. Sobre la segunda hipótesis específica: El proceso de elaboración de un prototipo de envase biodegradable a base de cascarilla de café influye positivamente en la deflexión, dureza y fracturabilidad.

Dado a que en la elaboración del prototipo de envase biodegradable; se realiza con la obtención de la celulosa a partir de la cascarilla de café y luego de su condensación a través de la vaporización, este residuo, que habitualmente es utilizado para abono, generando acidez en la tierra y contaminación en los afluentes, este material también sirve para la obtención de papel, cartulina y cartón, utilizados en la fabricación de artículos laminados y en aplicación de empaques primarios, secundarios y terciarios, con más empleo en el campo, beneficios ambientales y nuevos emprendimientos; 'por tal razón influye en la deflexión, dureza y fracturabilidad.



## 6.2 Contratación de los resultados con otros estudios similares

Bonilla C, et al (2021) en el estudio titulado “Propuesta de estrategias para el aprovechamiento de la pulpa de café residual en la finca cafetera los Monroy” formularon estrategias para el aprovechamiento de la pulpa de café en la finca, con el fin de disminuir el impacto ambiental generado por la incorrecta disposición de la biomasa, buscando impactar positivamente aspectos económicos y sociales en las partes interesadas del negocio generando conciencia de la producción sostenible, en donde se plantea el compostaje como posible uso de la pulpa de café ya que sus características físico químicas, en particular la concentración de azúcares lo que permite un gran rendimiento en abono orgánico.

Los envases elaborados a base de cascarilla de café, al 50%, almidón de maíz (fécula de maíz o maicena) al 30%, y glicerina al 20% presentaron mayores valores en resistencia a la flexión frente a las elaboradas con otros porcentajes, donde la dureza de los envases se ve favorecida con el incremento de fibra, sin embargo, la fracturabilidad decrece o no mejora la integridad de la matriz polimérica, siendo la cascarilla de café una alternativa para el desarrollo de envases biodegradables aplicaciones industriales (principalmente en alimentos) con propiedades mecánicas similares.

Las mezclas que utilizan cascarilla de café triturada proveniente de la muestra 50 fueron las que mejor se moldearon y compactaron en los moldes para hacer el prototipo de los envases biodegradables. El mejor coeficiente de resistencia por punto de quiebre en relación a las demás granulometrías experimentadas, resultando una resistencia de 2.1 Kg/cm<sup>2</sup>. Se estableció que las siguientes pruebas se realizaron con la mezcla de 50% cascarilla de café, 30% almidón de maíz, o fécula de maíz o maicena y 20% la que obtuvo los mejores



resultados. Se determinó la pérdida de peso por humedad en los envases biodegradables, realizando un experimento de humedad relativa resultando un 11.21% de pérdida de peso. En relación a la hipótesis planteada, los envases biodegradables son funcionales según los parámetros evaluados y su descomposición es de aproximadamente de seis meses convirtiéndose en un compostaje.

Actualmente, el proyecto titulado “Revalorización de fibras agroindustriales para la elaboración de biomateriales con capacidad antimicrobiana en el marco de una economía circular, se viene desarrollando en el laboratorio de la Dirección de Investigación y Transferencia Tecnológica, ubicado en el CITE pesquero Callao del Instituto de la Producción (ITP), y se encuentra en la etapa de obtención de formulaciones para los envases con características idóneas para productos de humedad intermedia y alimentos secos (Pandía, 2022).

La investigadora Silvia Pandía, quien también cuenta con una maestría en tecnología de alimentos, detalla que las cáscaras tienen la característica de ser muy duras y por tanto necesitan ser sometidas a una reducción de tamaño mediante la molienda (Pandía, 2022).

El equipo llamado molino de martillo se usa especialmente para disminuir el tamaño de la partícula, y una vez que se tiene el producto tipo harina ya se puede empezar a jugar con las formulaciones donde entran otros materiales y finalmente se evalúa las propiedades que tienen para la fabricación de los envases, indica Silvia Pandía, que cuenta con más de diez años de experiencia en revalorización de subproductos de la pesca y agroindustria (Pandía, 2022).



Un año es el plazo para entregar los primeros resultados del proyecto, es decir, se deben tener listos los envases biodegradables con propiedades antimicrobianas a partir de los residuos agroindustriales para luego ser transferidos eventualmente a la industria y ser usados de forma masiva (Pandía, 2022).

Vega Ramos, Jhonatan Edison, en su tesis: "Obtención de platos biodegradables a partir de cascarilla de arroz (*oryza sativa*) y bagazo de caña (*Saccharum officinarum*)". Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional Hermilio Valdizan, Huánuco-Perú. 2022.

El desarrollo industrial, asociado al consumo humano, ha generado el desarrollo de diversos utensilios (platos) los cuales son elaborados a base de derivados del petróleo con impactos desfavorables al medio ambiente, ante ello surge la necesidad de desarrollar platos biodegradables a base de fibras naturales. La investigación tiene como objetivo obtener platos que se biodegradan a partir de cascarilla de arroz y bagazo de caña. La investigación se desarrolló mediante la mezcla de diferentes proporciones de cascarilla de arroz con fibra de caña (T1= 50 % Cascarilla de Arroz + 10 % Bagazo de Caña + 40 % Almidón, T2= 40 % Cascarilla de Arroz + 20 % Bagazo de Caña + 40 % Almidón, T3= 30 % Cascarilla de Arroz + 30 % Bagazo de Caña + 40 % Almidón, T4= 20 % Cascarilla de Arroz + 40 % Bagazo de Caña + 40 % Almidón), utilizando como Maicena pregelatinizada y se evaluó la biodegradabilidad en el tiempo. De los diferentes tratamientos, el (T3= 30 % Cascarilla de Arroz + 30 % Bagazo de Caña + 40 % Almidón %) se obtuvo el mejor resultado, obteniendo un plato resistente y con una biodegradabilidad de 80 % en 60 días. Estos resultados ofrecen una alternativa para la disminución en la producción de platos sintéticos y así disminuir en parte la contaminación ambiental (Vega, 2022).



### 6.3 Responsabilidad ética

El presente estudio se desarrolló en concordancia a la normatividad para el desarrollo de trabajos de investigación vigentes en la Universidad Nacional del Callao y respetando con lo que establece el código de ética del docente universitario de la Universidad Nacional del Callao y al código de Conducta Responsable del investigador del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e innovación (CONCYTEC).

Esta competencia hace referencia a las concepciones éticas y deontológicas, y a las relacionadas con la integridad intelectual, interiorizando que nuestra práctica profesional ha de estar basada en sólidos principios éticos, en el compromiso y en la responsabilidad, de una manera autónoma y consecuente con los elementos esenciales de la profesión, incluyendo los principios éticos, el marco legal y el código deontológico que regula la práctica de la investigación, comprometidos con la profesión y los estándares de calidad, demostrando honestidad científica, y valorando la responsabilidad individual y colectiva de un futuro sostenible.

La información, los resultados y la data son reales y fueron obtenidos como resultado de las pruebas experimentales desarrollados en el Laboratorio de ingeniería de Procesos y Operaciones Unitarias LIPOU, con la infraestructura, equipos e instrumentos existentes.

El presente trabajo de investigación se desarrolló con materia primas desechables y obtener un prototipo de envases biodegradables elaborado a base de residuos de cascarilla de café logrando darle un valor agregado a los residuos a fin de reducir el uso del plástico que contamina el ecosistema debido a su lento tiempo de descomposición.

Por ende, como integrantes de la comunidad académica, es nuestra responsabilidad la de buscar nuevas alternativas con la utilización de materias primas desechables y que estén a nuestro alcance, para elaborar productos amigables con el medio ambiente.



## CONCLUSIONES

- Los envases elaborados a base de cascarilla de café, al 50%, almidón de maíz (fécula de maíz o maicena) al 30%, y glicerina al 20% presentaron mayores valores en resistencia a la flexión frente a las elaboradas con otros porcentajes, donde la dureza de los envases se ve favorecida con el incremento de fibra, sin embargo, la fracturabilidad decrece o no mejora la integridad de la matriz polimérica, siendo la cascarilla de café una alternativa para el desarrollo de envases biodegradables aplicaciones industriales (principalmente en alimentos) con propiedades mecánicas similares a las del poliestireno expandido.
- Las mezclas que utilizan cascarilla de café triturada proveniente de la muestra número 50 fueron las que mejor se moldearon y compactaron en los moldes para hacer el prototipo de los envases biodegradables.
- También obtuvo el mejor coeficiente de resistencia por punto de quiebre en relación a las demás granulometrías experimentadas, resultando una resistencia de 2.1 Kg/cm<sup>2</sup>
- En la etapa de secado se comprobó que las macetas elaboradas con melaza com. aglutinante no se solidificaban, ya que en temperaturas frías mostraban mayor rigidez estructural, pero en temperaturas cálidas estas perdían su rigidez convirtiéndose en maleables nuevamente.
- Se estableció que las siguientes pruebas se realizaron con la mezcla de 50% cascarilla de café, 30% almidón de maíz y 20% la que obtuvo los mejores resultados,
- se determinó la pérdida de peso por humedad en los envases biodegradables, realizando un experimento de humedad relativa resultando un 11.21% de pérdida de peso.
- La prueba de vibración y contacto crítico se determinó que los envases biodegradables resisten en transporte interpretando los datos cualitativos se obtuvo un promedio de 88% de integridad física de los envases biodegradables.
- En relación a la hipótesis planteada, los envases biodegradables son funcionales según los parámetros evaluados.



## RECOMENDACIONES

- Durante el desarrollo de las etapas para cumplir los objetivos propuestos en este trabajo se descubrieron nuevos aspectos que complementarían los envases biodegradables.
- Experimentar con otros residuos biodegradables como materias primas alternativas a la cascarilla de café.
- Estudiar la adición de fertilizantes foliares a la mezcla de las macetas biodegradables para mejorar el desarrollo de las plántulas.
- Realizar un estudio de pre factibilidad de los envases biodegradables utilizando la información técnica detallada en este trabajo.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'D. Cruz', is located in the bottom right corner of the page.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acevedo, M. A., Peñaloza, I., & Morales, D. (2021). Aprovechamiento de los polisacáridos de la pulpa de café residual para la obtención de bioetanol como estrategia hacia la bioeconomía. *Gestión y Ambiente*, 24(Supl3), 100-113.

Agencia Peruana de Noticias-Andina (2022). En entrevista con la agencia Andina, Silvia Elvira Pandia Estrada, sobre: El uso de cáscaras de café y nuez para fabricar envases biodegradables a partir de los residuos agroindustriales. CITE pesquero Callao del Instituto de la Producción (ITP), Perú.

Amaya A. & Bautista C. (2020) Alternativas de materiales de envases biodegradables para la disminución del plástico en una cadena de café premium. Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Bogotá.

Angueta Giraldo M. E. y L. J. Giraldo Tigua, (2019) «Elaboración de envases bioplásticos mediante el aprovechamiento de materias primas vegetales con fines industriales,» 12 diciembre 2019.

Avalos Mesones, A., & Torres Bazán, I. (2018). Modelo de negocio para la producción y comercialización de envases biodegradables a base de cascarilla de arroz. Tesis de licenciatura en Ingeniería Industrial y de Sistemas, Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. Programa académico de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Piura.

Benítez, R, (2022). Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe. En: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.



- Bonilla, L. & Castro, Y. (2021). Propuesta de estrategias para el aprovechamiento de la pulpa de café residual en la finca cafetera los Monroy.
- Canet et al., (2016). Huapaya Navarro, Cesar Ernesto Benjamín, Pitot Alvarado, Luz Medali, Rodríguez Villarroel, Ángela Carol, Rozas Pomalaza, Ana Beatriz. Muru café, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima- Perú.
- Cenicafé, (1997). Centro Nacional de Investigaciones del Café, Chinchiná- Caldas, Publicación N°3 del año 1997.
- Cenicafé (2012). Factores, procesos y controles en la fermentación del café.
- Cárdenas, D. (2011) Compuesto a base de almidón de yuca y cisco de café para la elaboración de recipientes desechables para alimentos. Universidad delos Andes.
- Chamocho, C., (2014). Seguridad e Higiene Industrial, Google Scholar. Repositorio Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Lima-Perú.
- Díaz, M., Prada, P., & Mondragón, M. (2010). Optimización del proceso de compostaje de productos post-cosecha (cereza) del café con la aplicación de microorganismos nativos. Nova, 8(14), 214-219.
- Espinoza, M. (2015). Elaborar un Manual de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) para " DRINK PACK" Elaboración de vasos desechables (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química.
- García, A. & Riaño, A.,(1999) Extracción de celulosa a partir de la borra de café. Cenicafé 50(3):205- 214. 1999.



Juárez, J. (2019). Desechos del café para crear bioplástico: un proyecto con aroma Tec.

Jiménez, R., López, E., González, F., Curbelo, J., (2019). Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA). Universidad de Cienfuegos. Carretera a Rodas km 3 ½, Cuatro Caminos, Cienfuegos, Cuba (2019). Publicación del Artículo: Evaluación preliminar del potencial energético de diferentes biomásas en la provincia de Cienfuegos (2019).

Ministerio del Ambiente. (2 de febrero de 2018). MINAM. Obtenido de MINAM. Montgomery, D. (2004). Control Estadístico de la Calidad. México: LIMUSA S.A. DE C.V.

Murillo, S., Otárola, A., Torres W., Rodríguez, J. & Buendía, H. (2018). Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de pulpa de café (*coffea arábica*) en el color, textura y contenido de minerales en galletas dulces. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Perú.

Navas, Osorio, & Bolaños, (2008). Cascarilla de café. Generalidades de la cadena agroproductivas del café.

ONU (2015). Objetivos de desarrollo sostenible. Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.

ONU (2021). Informe de la ONU sobre contaminación por plásticos advierte sobre soluciones falsas y confirma la necesidad de una acción mundial urgente.

Ortiz, A., Anaya, I., Vizcarra, M. & Pineda, S. (2000). Estudio de la deshidratación de pulpa de café en un equipo de lecho fluidizado.



- Parada, M., Caballero, L., & Rivera, M. (2018). Características fisicoquímicas de tres variedades de café tostado y molido cultivados en Norte de Santander. @ limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria, 15(1), 66-76.
- Puerta, G. & Echeverry, J. (2010). Fermentación controlada del café: Tecnología para agregar valor a la calidad.
- Postigo, M., (2019). Tesis “Análisis y uso de productos alternativos a base de maíz y cascara de arroz para el proceso de envases biodegradables”, Universidad Católica San Pablo, Perú.
- Ramírez, P., (2007). Evaluación de la cáscara de café, el bagazo de la caña de azúcar y residuos de palma para la obtención de la casa por medio del cultivo en estado sólido de la especie *Trametes pubescens*. (Tesis) Universidad de los Andes.
- Restrepo, L. & Villa, G., (2020). Estrategias para el aprovechamiento de la pulpa de café en las fincas cafeteras del municipio de Andes, Antioquia.
- Rodríguez, A., (2012). Biodegradabilidad de materiales bioplásticos. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia, Carretera al Guatao, km 3 ½, La Habana, C.P. 19 200, Cuba.
- Rodríguez, N. & Zambrano, D. (2010). Los subproductos del café: fuente de energía renovable.
- Rojas Barrera, E. A., & Hernández Ortiz, G. (2022). Aprovechamiento tecnológico de la pulpa de café en la obtención de un producto vaso biodegradable.



- Serna A., Torres L., Martínez K., & Hernández M. (2018). Aprovechamiento de la pulpa de café como alternativa de valorización de subproductos. *Revista Ion*, 31(1), 37-42.
- Suárez, J. (2012). Aprovechamiento de los residuos sólidos provenientes del beneficio del café, en el municipio de Betania Antioquia: usos y aplicaciones (Doctoral dissertation).
- Torres, D. et al (2019). Secado de pulpa de café: condiciones de proceso, modelación matemática y efecto sobre propiedades fisicoquímicas. *Revista Información Tecnológica*.
- Vanegas, F., (2007). Estructura del fruto del café, Composición de un grano de café.
- Vargas A & Garzón G (2018). Experiencias internacionales del aprovechamiento sostenible del vaso desechable de papel. *REVISTA PRODUCCIÓN + LIMPIA*–Vol. 13.
- Vergara, S., (2020). Partes del fruto de Café-Estructura del fruto del café. What is The Anatomy of a Coffee Bean.



## ANEXOS

### Anexo 1 Matriz de Consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES Y DIMENSIONES	METODOLOGÍA
GENERAL	GENERAL	GENERAL		
¿De qué manera el diseño del proceso de elaboración de un prototipo de envase biodegradable a base de cascarilla de café influye en algunas propiedades mecánicas del prototipo obtenido?	Diseñar el proceso para la elaboración de un prototipo de envase biodegradable a base de cascarilla de café.	El diseño del proceso de elaboración de un prototipo de envase biodegradable a base de cascarilla de café permitirá obtener un envase con mejores propiedades mecánicas.	V. Independiente: - Proceso de elaboración de envase biodegradable a base de Cascarilla de café - Dimensiones: - Cantidad de cascarilla de café - Indicadores: masa, peso, volumen	Diseño metodológico: experimental Según la tendencia Cuantitativa Según la orientación Aplicada Según el alcance explicativo.
ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS		
a. ¿Es posible determinar los parámetros del proceso de elaboración del envase biodegradables a base de cascarilla de café? b. ¿De qué manera el proceso de elaboración de un prototipo de envase biodegradable a base de cascarilla de café influye en la deflexión, dureza y fracturabilidad?	a. Evaluar los parámetros del proceso de elaboración del envases biodegradables a base de cascarilla de café. b. Evaluar las propiedades mecánicas de deflexión, dureza y fracturabilidad, del prototipo del envase biodegradable obtenidos.	a. Los parámetros de elaboración de un prototipo de envase biodegradable a base de cascarilla de café son mejores que los envases tradicionales. b. El proceso de elaboración de un prototipo de envase biodegradable a base de cascarilla de café influye positivamente en la deflexión, dureza y fracturabilidad.	V. Dependiente: - Prototipo de envase biodegradable - Dimensión a: Propiedades físico químicas: humedad, forma, color. Indicadores: - Temperatura, - pH - Densidad Propiedades mecánicas (resistencia, deflexión, dureza y fracturabilidad). $Pc = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100$	Método de investigación: hipotético-deductivo. Población y muestra: El universo de estudio lo constituyen tres <del>tratamientos</del> cada uno; cada prueba será de 25 g, para cada uno de los tratamientos, con un total de 75 g por cada tratamiento, con un <del>total</del> de 1 875 g. $n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$

## **Anexo 2**

### **Normas sanitarias y de seguridad**

En el ámbito de los productos descartables se debe tener diferentes normas sanitarias y de seguridad, pues el producto final estará en contacto con el cliente para después ser utilizado como contenedor de alimentos.

### **Normas sanitarias para superficies en contacto con alimentos.**

En el Perú, la Dirección General de Salud Ambiental (*DIGESA*) del Ministerio de Salud es el órgano técnico normativo que junto con el congreso promulga normas en aspectos relacionados al saneamiento básico, salud ocupacional, higiene alimentaria, zoonosis<sup>5</sup> y protección del ambiente.

Mediante Resolución Ministerial N° 410-2006/MINSA del 2 de mayo de 2006 dispuso que la Oficina General de Comunicaciones publique en el portal de internet del Ministerio de Salud, hasta por un periodo de treinta días (30) naturales, el proyecto de la Guía Técnica sobre Criterios y Procedimientos para el Examen Microbiológico de Superficies en relación con Alimentos y Bebidas para recepcionar las sugerencias o recomendaciones que pudieran contribuir a su perfeccionamiento (Ministerio de Salud, 2006).

De conformidad con lo previsto con el Artículo 8° de la Ley N° 27657, Ley del Ministerio de Salud;

Se resuelve:

Artículo 1°. - Aprobar la “Guía Técnica para el Análisis Microbiológico de Superficies en contacto con Alimentos y Bebidas”, que consta catorce (14) y que forma parte integrante de la presente resolución.

Artículo 2°. - La Oficina General de Comunicaciones publicará la mencionada Guía Técnica en el portal de internet del Ministerio de Salud (Ministerio de Salud, 2006).



La Guía Técnica establece los criterios microbiológicos y los procedimientos para evaluar las condiciones higiénicas sanitarias de las superficies que están en contacto o en relación con los alimentos y bebidas destinados al consumo humano (Ministerio de Salud, 2006).

Finalmente, la presente Guía Técnica es de obligatorio cumplimiento en todo el territorio nacional, para efectos de vigilancia y control sanitario por parte de la Autoridad Sanitaria, que evalúa la efectividad de los programas de higiene y saneamiento (PHS) y de las prácticas de higiene en la manipulación de los alimentos, según el ámbito de su competencia y referencial para las personas naturales y jurídicas en las operaciones de control sanitario que realizan (Ministerio de Salud, 2006).

### **Normas básicas de seguridad e higiene industrial**

**Seguridad Industrial:** Es la prevención de accidentes a causa de actos o errores de las personas o de condiciones inseguras existentes en la planta o en el centro de trabajo (Chamochumbi Barrueto, 2014).

**Higiene industrial:** Es la prevención de condiciones ambientales que pueden atentar contra la salud de los trabajadores o de la comunidad, así hace uso de la medicina del trabajo, cuya principal función es la de vigilar la salud de los trabajadores (Chamochumbi Barrueto, 2014).

Las normas básicas de seguridad son el conjunto de medidas técnicas, económicas, psicológicas, etc.; que tienen como meta ayudar a la empresa y a sus trabajadores a prevenir los accidentes industriales, controlando los riesgos propios de la ocupación, conservando los locales, la infraestructura industrial y sobre todo los ambientes naturales (Chamochumbi Barrueto, 2014).

Las personas lesionadas traen como consecuencia pérdidas. La seguridad e higiene industrial tienen como objetivos:



- Dar a conocer a los trabajadores los principios básicos para prevenir los accidentes. Capacitar, educar y entrenar en materia de seguridad, higiene y control ambiental al trabajador de la industria y comercio.
- Controlar los riesgos propios de las ocupaciones. Es decir, se debe diseñar un buen programa de prevención de accidentes, de tal manera que la alta dirección y los trabajadores estén completamente de acuerdo con su aplicación y responsabilidades.
- Conservar la infraestructura industrial (locales, materiales, maquinarias, equipos, etc.) en condiciones normales y óptimas (Chamochumbi Barrueto, 2014).

## Tabla

### ***Normas básicas de seguridad e higiene industrial***

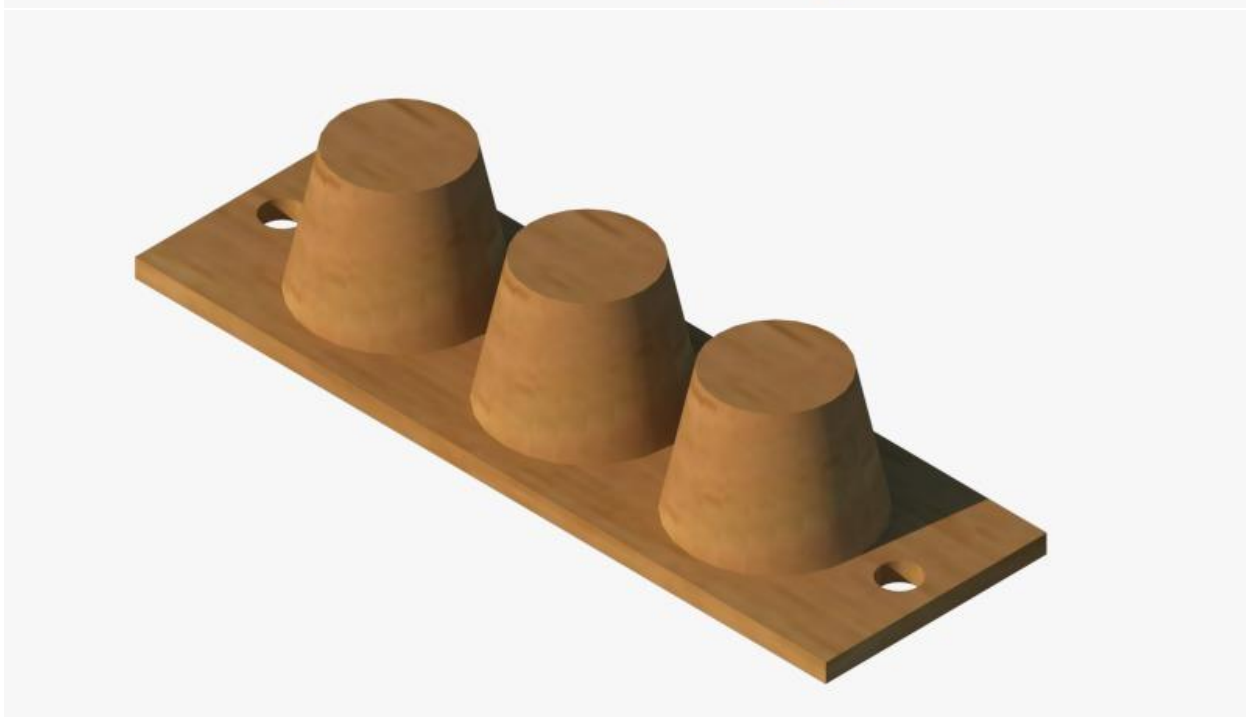
<p>Normas básicas de seguridad industrial</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corregir y dar aviso de las condiciones peligrosas e inseguras.</li> <li>✓ No usar maquinaria o vehículos sin autorización.</li> <li>✓ Usar en cada paso, las prendas de protección establecidas (EPPs)</li> <li>✓ No quitar sin autorización ninguna protección de seguridad o señal de peligro.</li> <li>✓ No obstruir los pasillos, escaleras, puertas o salidas de emergencia.</li> </ul>
<p>Normas básicas de higiene industrial</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mantener limpio y ordenado el puesto de trabajo</li> <li>✓ No dejar materiales alrededor de las máquinas. Colocaren lugar seguro y donde no estorben el paso.</li> <li>✓ Guardar ordenadamente los materiales y herramientas. No dejar en lugares inseguros.</li> </ul>

Fuente: (Salud Empresarial IPS S.A.S.)

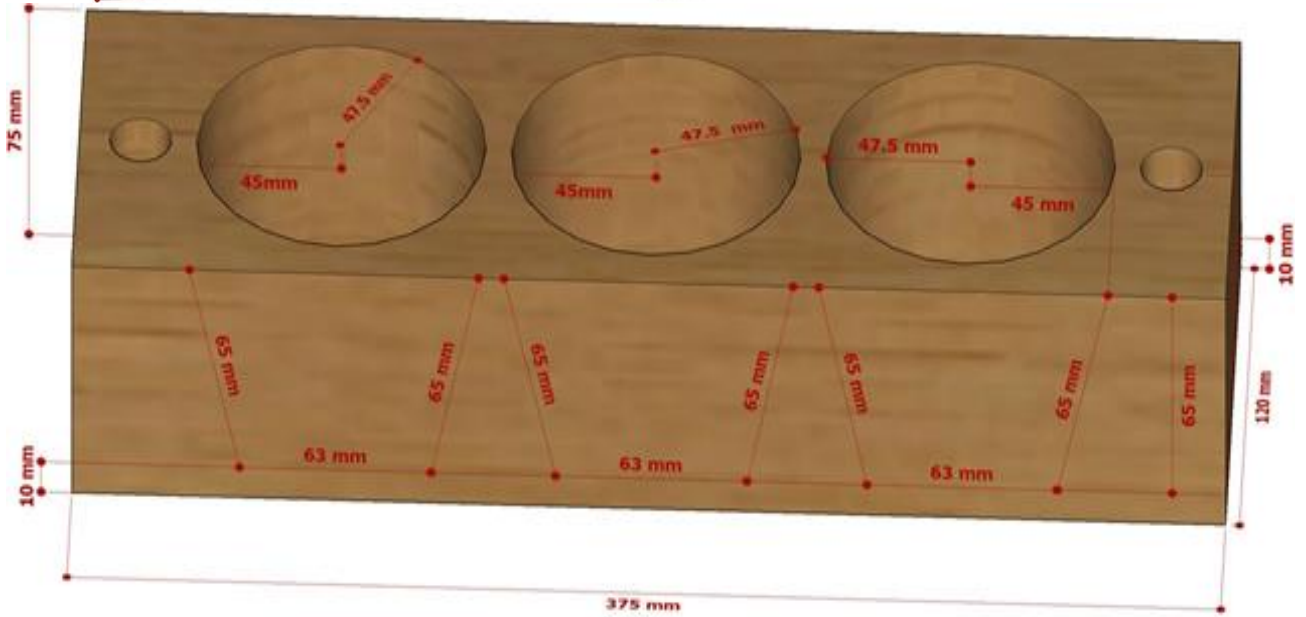
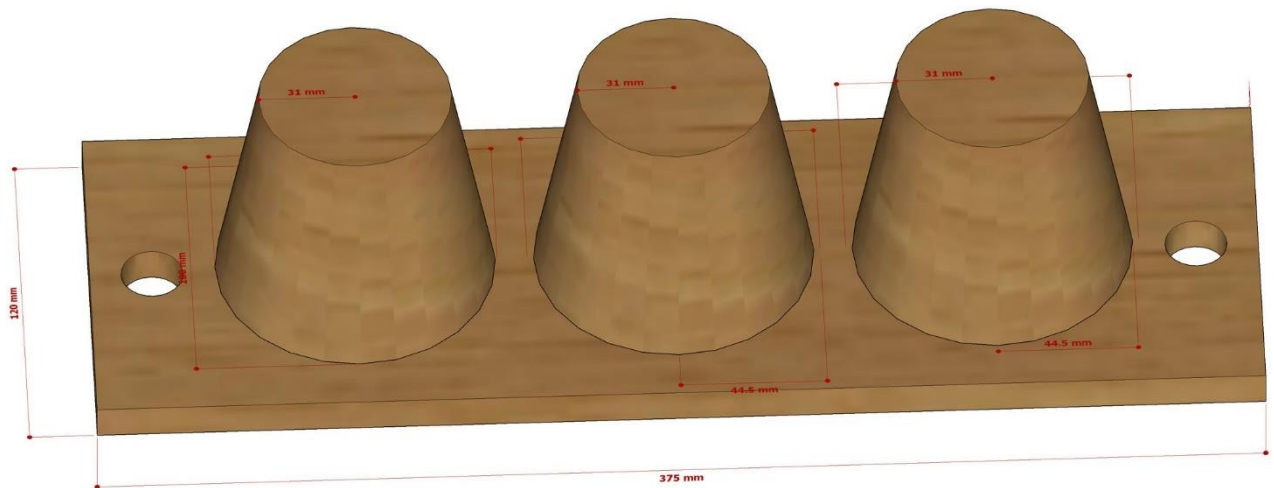
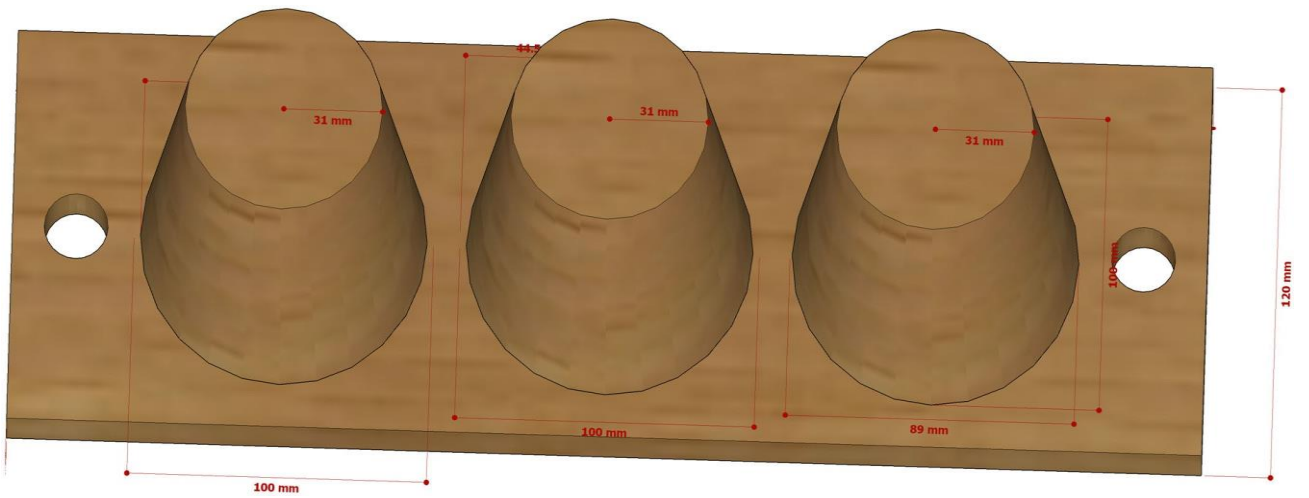


### Anexo 3

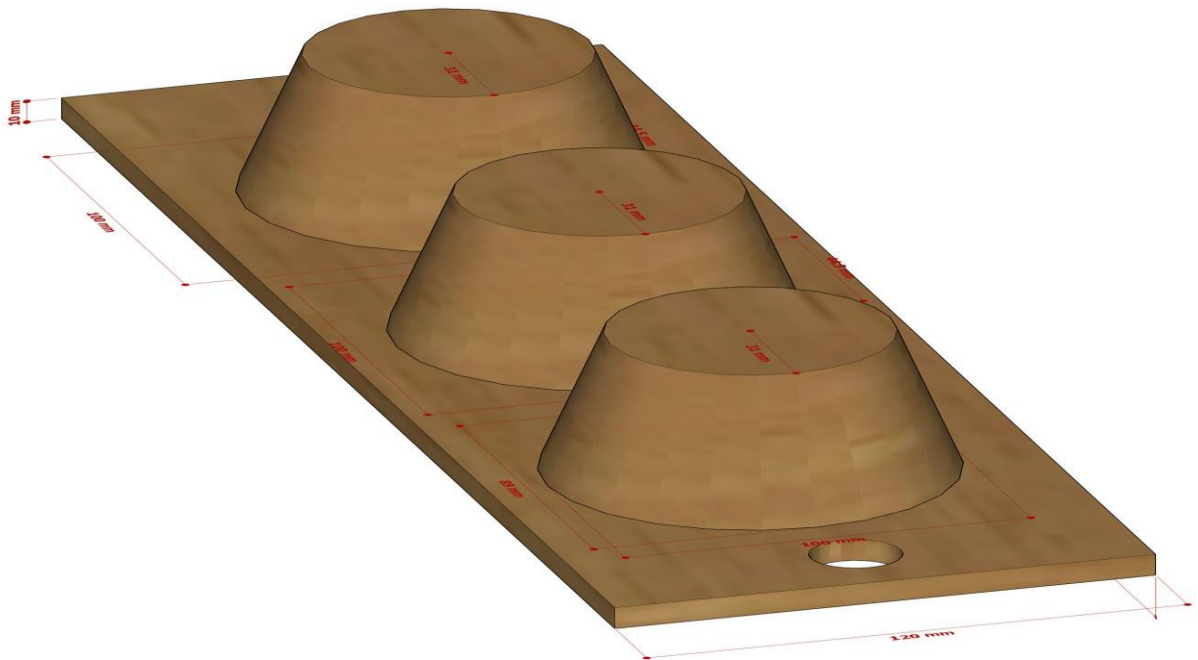
### Molde del diseño del prototipo del envase biodegradable



A handwritten signature in blue ink, appearing to read "D. Cruz". The signature is written in a cursive style and is located in the bottom right corner of the page.



*Handwritten signature*



A handwritten signature in blue ink, appearing to read "D. D. D."

## Anexo 4 INSTRUMENTO DE OPINIÓN DE EXPERTOS

### DATOS GENERALES

Apellidos y Nombres del Informante	Cargo e Institución donde labora	Nombre del Instrumento	Autor (es) del Instrumento
		Validación de instrumentos	
Título de la Investigación: "DISEÑO DE UN PROCESO PARA ELABORACIÓN DE UN PROTOTIPO DE ENVASE BIODEGRADABLE A BASE DE CASCARILLA DE CAFÉ"			

### ASPECTOS DE VALIDACIÓN Coloque X el porcentaje, según intervalo

INDICADORES	CRITERIOS	DEFICIENTE 00-20%				REGULAR 21-40%				BUENA 41-60%				MUY BUENA 61-80%				EXCELENTE 81-100%				SUBTOTAL
		0	6	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	81	86	91	96	
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
A. VARIABLE INDEPENDIENTE: -Proceso de elaboración de envase biodegradable a base de Cascarilla de café	Cantidad de cascarrilla de café (%). Para el uso de las muestras (4) y Características en cuanto a color y textura para el proceso en si.																					
1. Evaluación de los Parámetros de calidad. 2. Determinación de la masa, Peso volumen 3. Método general	Está expresado en los métodos usados de las actividades, observables del proceso. Peso inicial – Peso final																					
B. VARIABLE DEPENDIENTE Prototipo de envase biodegradable	Comprende un adecuado avance de la ciencia y la tecnología en el uso de recursos renovables.																					
1. Característica fisicoquímica, humedad, forma, color y resistencia 2. Tecnología de transformación 3. Análisis de extracción. 4. Tiempo de degradación Capacidad de descomponerse de forma natural y ecológica).	Comprende los aspectos de Temperatura, pH, Densidad, propiedades mecánicas de resistencia, deflexión, dureza y fracturabilidad, tracción contenida de ceniza, humedad. Capacidad de descomposición de forma natural seis meses.																					
C. INTENCIONALIDAD	Adecuado para valorar la influencia de la VI en la VD o la relación entre ambas, con determinados sujetos y contexto																					
D. CONSISTENCIA	Basado en aspectos teórico – científicos																					
E. COHERENCIA	Entre los índices, indicadores y las dimensiones																					
F. METODOLOGÍA	La estrategia responde al propósito del diagnóstico																					
<b>PROMEDIO</b>																						

**OPINIÓN DE  
APLICABILIDAD:**

Procede su Aplicación	
Procede su aplicación previa a la descomposición del envase	
No procede su aplicación	

<b>Lugar y Fecha</b>	<b>DNI N°</b>	<b>Firma del experto</b>	<b>Teléfono</b>

**OBSERVACIONES**

1. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
5. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**FECHA:**

\_\_\_\_\_  
*Firma del experto*



**FIRMA DEL RESPONSABLE DEL PROYECTO**

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Juvencio H. Brios Avendaño", written over a horizontal line.

.....  
**Dr. Ing. JUVENCIO H. BRIOS AVENDAÑO**  
**DOCENTE RESPONSABLE**

A small, handwritten signature in black ink, possibly reading "Brios", written over a horizontal line.