



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

**MAESTRIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
RECURSOS NATURALES**

**“DESARROLLO DE POPOTES ECOLÓGICOS MEDIANTE  
EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CÁSCARA DE  
NARANJA (*Citrus sinensis*)”.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN  
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**PRESENTA:**

**Lic. en Geografía. Verónica Leticia Sámano Corrales**

**El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, octubre 2023.**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**  
**MAESTRIA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**RECURSOS NATURALES**

**“DESARROLLO DE POPOTES ECOLÓGICOS MEDIANTE EL  
APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE CÁSCARA DE  
NARANJA (*Citrus sinensis*)”.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS  
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**PRESENTA:**

**Lic. en Geografía. Verónica Leticia Sámano Corrales**

**COMITÉ TUTORIAL**

**Tutor Académico (a): Dr. Martín Rubí Arriaga**

**Tutores Adjuntos: Dra. Ma. Dolores Mariezcurrena Berasain**

**Dra. Dora Luz Pinzón Martínez**

**El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. Octubre 2023.**

## RESUMEN

El uso de popotes de plástico se ha convertido en un problema, al ser un utensilio cuya vida útil oscila entre los 15 a 30 min, comparado con el tiempo que tarda en degradarse el cual supera los 100 años, lo que genera residuos contaminantes que afectan los diferentes ecosistemas. Ante esta problemática se ha puesto vital atención en el uso y aprovechamiento de residuos provenientes de sectores agrícola y agroindustrial, los cuales generan un amplio número de residuos con calidad no comercial que pueden ser aprovechados para la creación de alternativas sustentables. La presente investigación tuvo como objetivo desarrollar popotes ecológicos a partir del aprovechamiento de residuos de cáscara de naranja (*Citrus x sinensis* (L) Osbeck). Estos popotes biodegradables que con una durabilidad de uso óptimo de 30 min presentaron un índice de absorción de  $56.46 \pm 1.98$ , menor que un popote de papel, pero un índice de solubilidad de  $29.29 \pm 1.22$  mayor al popote de comparación, las pruebas mecánicas reflejaron una dureza de  $41.18 \pm 0.04$  N y una elasticidad de  $0.90 \pm 1.34$ .mm El análisis microbiológico mostró un crecimiento de  $22 \times 10^{-2}$  por mL, colonias de hongos en 24 h, la prueba hedónica derivó en un 80 % de aceptación por parte de los panelistas. El producto generado es una alternativa ecológica a los popotes de plástico.

**Palabras clave:** Popotes ecológicos, Residuo agroindustrial, bioplástico, Nivel de aceptación, Vida de anaquel.

## ABSTRACT

The use of plastic straws has become a problem, because it is a utensil whose useful life ranges are from 15 to 30 min. Then compared to the time it takes to degrade it that is, exceeding 100 years, it generated polluting waste that affects the different ecosystems. Given this problem, vital attention has been paid to the use and exploitation of waste from agricultural and agroindustrial sectors, which can be used for the creation of sustainable alternatives. Presents the objective was to develop ecological straws from the use of orange peel waste (*Citrus x sinensis* (L) Osbeck). which allows the production of a straw as a final product. The research presentation developed biodegradable straws from this waste which had an optimal durability of use of 30 min, showed an absorption index ( $56.46 \pm 1.98$ ) lower than a paper straw, but a solubility index of ( $29.29 \pm 1.22$ ) mostly to the comparison, the mechanical tests reflected a hardness of  $41.18 \pm 0.04$  N and an elasticity of  $0.90 \pm 1.34$ .mm The microbiological analysis showed a growth of  $22 \times 10^{(-2)}$  for mL, fungal colonies in 24 hours, while the hedonic test resulted in 80 % acceptance by the panelists, which suggests that it could be another ecological alternative to straws plastic.

**Keywords:** Ecological straws, Agroindustrial waste, Bioplastic, Acceptance level, Shelf life.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	3
ABSTRACT .....	4
ÍNDICE DE FIGURAS .....	8
ÍNDICE DE CUADROS.....	8
I. INTRODUCCIÓN .....	9
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	12
2.1 Generalidades de los bioplásticos .....	12
2.2 Contaminación.....	14
2.3 El popote .....	15
2.4 Residuos derivados del sector agroindustrial .....	17
2.4.1 Residuos Agroindustriales de cáscara de naranja ( <i>C. sinensis</i> ).....	20
2.4.2 La naranja ( <i>C. sinensis</i> ).....	21
2.4.3 Características .....	21
2.4.4 Composición fisicoquímica de la cáscara de naranja ( <i>C. sinensis</i> ).....	22
2.5 POLÍMEROS.....	23
2.5.1 Polímeros naturales .....	25
2.5.2 Tipos de polímeros.....	25
2.6 BIOPLÁSTICOS .....	27
2.6.1 Ventajas de los Bioplásticos .....	27
2.6.2 Usos de los Bioplásticos .....	31
2.6.3 Bioplásticos en México .....	31
2.6.4 Aprovechamiento de residuos para elaboración de bioplásticos .....	32
2.7 POPOTES ECOLÓGICOS. ....	34
2.7.1 Propiedades Mecánicas .....	37
2.7.2 Propiedades fisicoquímicas .....	38
2.7.3 Vida de Anaquel.....	39
2.7.4 Importancia de la Vida de Anaquel.....	40
2.7.5 Factores que intervienen en la vida de anaquel.....	40

2.8 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DRANTE LA VIDA DE ANAQUEL .....	41
2.8.1 Importancia de los Análisis Microbiológicos .....	42
2.8.2 Diluciones seriadas 1/10.....	43
2.9 EVALUACIÓN SENSORIAL.....	44
2.9.1 Escala Hedónica.....	45
2.9.2 Aplicación de las escalas hedónicas .....	47
III. JUSTIFICACIÓN .....	48
IV. HIPÓTESIS .....	49
V. OBJETIVOS .....	50
VI. MATERIALES Y MÉTODOS.....	51
6.1 Lugar de estudio.....	51
6.2 Diagrama de desarrollo .....	51
6.3 Diseño Experimental.....	52
6.4 Materiales de laboratorio.....	53
6.5 Métodos Empleados.....	54
6.6 Materias Primas .....	54
6.6.1 Residuo de cáscara de naranja ( <i>C. sinensis</i> ) .....	54
6.6.2 Almidón de maíz.....	55
6.6.3 Ácido acético (CH <sub>3</sub> COOH) .....	55
6.6.4 Glicerina.....	55
6.6.5 Grenetina .....	56
6.7 Elaboración del bioplástico .....	56
6.7.1 Diseño de popotes a partir del bioplástico desarrollado.....	58
6.8 Propiedades de textura o mecánicas.....	59
6.8.1 Dureza (N).....	59
6.8.2 Elasticidad (mm) .....	59
6.9 Variables fisicoquímicas .....	60
6.9.1 Índice de absorción de agua (IAA).....	60
6.9.2 Índice de solubilidad en agua (ISA) .....	60

6.10 Vida de anaquel .....	61
6.11 Análisis microbiológico .....	63
6.11.1 Técnica de vaciado por dilución y vaciado en placa.....	63
6.11.2 Diluciones decimales .....	64
6.11.3 Siembra por inmersión .....	65
6.12 Evaluación sensorial.....	66
6.12.1 Condiciones de la prueba.....	67
6.12.2 Encuesta.....	68
6.12.3 Primera parte de la prueba (preguntas de exploración).....	69
6.12.4 Prueba hedónica de siete puntos (Escala de aceptación) .....	69
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	71
7.1 Envío .....	71
7.2 Acuse de Recibido por parte de la Revista.....	71
7.3 Artículo Científico.....	72
VIII. CONCLUSIONES.....	104
IX. SUGERENCIAS .....	106
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	107
Anexo 1. Cuestionario aplicado para evaluación sensorial y prueba hedónica. .....	119

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Tipos de popotes.....	15
<b>Figura 2.</b> Desarrollo de popotes ecológicos mediante un bioplástico a partir de cáscara de naranja ( <i>C. sinensis</i> ). .....	52
<b>Figura 3.</b> Diluciones seriadas.....	65
<b>Figura 4.</b> Siembra por inmersión. ....	66
<b>Figura 5.</b> Escala Hedónica de siete puntos .....	67
<b>Figura 6.</b> Código QR para prueba hedónica. ....	68

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Composición fisicoquímica de la cáscara de naranja ( <i>C. sinensis</i> ). .....	22
<b>Cuadro 2.</b> Empresas Mexicanas creadoras de popotes ecológicos. ....	35
<b>Cuadro 3.</b> Matriz de tratamientos.....	57

## I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI), durante el 2019 se generaron 93 mil toneladas de residuos, y de estos, los popotes representan el 0.5 %.

En México el 60 % de los popotes de plástico provienen de un mercado informal del cual no se sabe con exactitud si durante los procesos de elaboración cumplen las normas o las condiciones de sanidad (LA JORNADA, 2019). Un ejemplo de esta norma es la Norma Estatal NAE-SEMADET-010/2019, que establece los criterios y las especificaciones técnicas ambientales para la producción de bolsas de plástico para acarreo y popotes de un solo uso que vallan a ser distribuidas y/o comercializadas para el estado de Jalisco. Por otro lado, la industria establecida produce alrededor de 20 mil toneladas de popotes al año, los cuales son repartidos a hospitales, restaurantes y comercio establecido y deja a un lado el porcentaje de popotes utilizados por el mercado informal, siendo aquel que se vende a granel y no se tiene la estimación de cuanto se produce (Gibson, 2017).

Ante el uso excesivo de plásticos de un solo uso que se desechan, no se reciclan, y por la cantidad de animales marinos atrapados en bolsas de este material o con popotes incrustados en el cuerpo, se han generado estrategias que limitan el uso de estos utensilios (Hernández, 2013; López, 2020).

En 2018 en México se inició una campaña para regular la utilización de popotes, de la mano de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, con el lema **#SinPopoteEstáBien**, con la cual se busca concientizar a la población sobre el impacto que producen los popotes, se hace hincapié que este utensilio tarda en degradarse hasta cien años, mientras que su uso lleva apenas unos minutos en los que se consume una bebida (Báez *et al.*, 2015; Olavarrieta, 2017).

Derivado de estas medidas los fabricantes de popotes resintieron las consecuencias, disminuyendo sus ventas un 20 %, sin embargo, el sector se ha defendido con el argumento de que existe una mala percepción al sólo representar 0.5 % del total de la basura generada en el país (López, 2020).

Por lo que surge la necesidad de realizar investigaciones que ayuden a crear alternativas de estos utensilios, que promuevan el uso de materias primas de origen natural obtenidas de diferentes sectores, que al ser empleadas no generen residuos que contaminen el medio ambiente, surgen así los bioplásticos, convirtiéndose en una importante innovación así como alternativa de uso para la industria del plástico (Vázquez *et al.*, 2016).

Claro es el caso de la agroindustria mexicana, que genera una abundante cantidad de residuos con calidad no comercial que pueden ser aprovechados para el desarrollo de alternativas renovables. Estos residuos, se obtienen de fuentes

naturales biodegradables como: almidón, celulosa, aceites vegetales, algas marinas, bagazos, proteínas y lípidos, entre otros (Mejías *et al.*, 2016; Tello, 2017).

Bajo este contexto la agroindustria se ha interesado en desarrollar una amplia variedad de utensilios (platos, cubiertos, vasos, popotes, recipientes), mediante el uso de polímeros biodegradables, con el objetivo de disminuir la cantidad y presencia de plásticos en el medio. De tal manera que es necesario, crear alternativas de productos biodegradables de los cuales se obtengan los mismos beneficios para el consumidor, pero con la ventaja de que estos se integran al medio ambiente sin generar residuos contaminantes, como los produce un popote de plástico (Ojeda, 2015; Hernández, 2017).

Por lo anterior se planteó la presente investigación con el objetivo de desarrollar popotes ecológicos a partir de un bioplástico a base del aprovechamiento de cáscara de naranja, para crear una alternativa más sustentable.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Generalidades de los bioplásticos

Los bioplásticos, son compuestos de origen natural provenientes de fuentes renovables como hidrocoloides y con carácter biodegradable (AIMPLAS, 2020). Estos son considerados como una solución para disminuir la contaminación al medio ambiente, se pueden elaborar a partir de almidón o celulosa debido a su alta disponibilidad, bajo costo, son renovables, biodegradables y económicamente competitivos ante los que son elaborados con plásticos derivados del petróleo (Chariguamán *et al.*, 2015).

En la actualidad se realizan estudios en bioplásticos a partir de almidón, glicerol y fibra donde el contenido de fibra, así como el glicerol afecta la apariencia final del producto. Un incremento en el contenido de glicerol mejora las propiedades del producto en términos de flexibilidad y un aumento en el contenido de fibra resulta en un producto más rígido (Hazrol *et al.*, 2021).

Ponce *et al.* en 2021, reportó el efecto de la adición de subproductos de mango (*Mangifera indica*), Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) y café (*Coffea*) a una formulación de almidón-gelatina para elaborar un bioplástico en forma de cuchara. Se encontró que la adición de los subproductos mejoró las propiedades mecánicas del bioplástico (la dureza aumentó de 190 hasta 290 N). Así mismo, las propiedades

físicas e índices de solubilidad y absorción en agua se modificaron por la adición de subproductos de origen agroindustrial.

Melendrez, en 2021, caracterizó una película biodegradable donde empleó polvo de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*), con una humedad de 7.19 %, un contenido de fibra cruda de 16.92 %, un índice de solubilidad de 14.90 %, y un índice de absorción de agua de 15.02. Se determinó que una proporción de 5.31 % de almidón de maíz, 1.51 % de cáscara de naranja, 87.76 % de agua, 5.36 % de glicerol y 0.09 % de sorbato de potasio, optimizan el grosor, perforación, elongación, fuerza de tensión, solubilidad, color y permeabilidad a vapor de agua y concluyeron que se podría utilizar para elaborar empaques de diferentes productos alimenticios sólidos.

Domínguez *et al.* 2022, utilizaron cáscaras de naranja para crear biopolímeros, mediante el uso de agua, glicerol, cáscara de naranja (*Citrus sinensis*), almidón de maíz (*Zea mays*) y papa (*Solanum tuberosum*). Mostraron la forma de eliminar el agua de la mezcla colocándola: al sol, en horno y mediante deshidratación, para evaluar las mejores condiciones de obtención, donde se evaluó: flexibilidad, porosidad, absorción de agua, fuerza de fractura y biodegradabilidad. Los mejores resultados se obtuvieron al utilizar polvo de cáscara de naranja con un tamaño de 250  $\mu\text{m}$ . El almidón de papa y de maíz, fueron analizados en distintas proporciones, se identificó que no existieron diferencias entre proporciones, sin

embargo, se sugiere utilizar el almidón de maíz únicamente porque es un componente con un menor costo. El biopolímero formado con 100 % de almidón de maíz y secado al sol presentó los mejores valores de flexibilidad, así como mínima porosidad y por ende menor absorción de agua; obtuvo una biodegradabilidad de un 63 % en 21 días.

## **2.2 Contaminación**

Uno de los principales problemas en el mundo es la contaminación, debido a la cantidad de basura que se genera diariamente, de acuerdo con datos del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI), se generaran 93 mil toneladas de residuos, y de estos los popotes representan el 0.5 % (Carrasco & Rodríguez, 2019).

La generación de basura por producción y consumo de bienes y servicios generan algún tipo de residuos, estos pueden ser sólidos, líquidos y en forma de gases, en algunos casos sus efectos pueden ser graves, sobre todo cuando se manejan o desechan de manera inadecuada, lo que afecta directamente a la fauna principalmente marina (Secretaria del Medio Ambiente, 2012; Contreras, 2017) .

El 80 % de la contaminación marina es por plásticos incluidos los popotes, por lo que se estima que una persona utiliza alrededor de 38 mil popotes durante toda su vida. En su estudio “La economía del plástico”, el Foro Económico Mundial advirtió que, de continuar con este mal hábito, en 2050 habrá más plástico que

peces en el mar, además de que actualmente es uno de los derivados de plástico con más presencia en las islas de basura que flotan en el mar (Martínez, 2017).

### 2.3 El popote

En México durante el 2018 el 60 % de los popotes de plástico provenían de un mercado informal que no se sabe con certeza si cumplen con las normas y las condiciones de sanidad durante los procesos de elaboración (aquel que se vende a granel) de los cuales no se tiene un estimado de cuanto es su producción anual, en el país la industria establecida produce alrededor de 20 mil toneladas de popotes al año, los cuales son distribuidos en hospitales, restaurantes y comercio establecido (Gibson, 2017).

De acuerdo con la empresa REYMA (s.f.) se elaboran popotes (Figura 1) que clasifica de acuerdo con la forma de este.



**Figura 1.** Tipos de popotes  
Fuente (REYMA, s.f.).

Algunas de los tipos y formas de popotes que podemos encontrar en el mercado, de acuerdo con las necesidades y propiedades que nos brindan se presentan a continuación:

**Popote recto:** Son los más usados, pueden fabricarse de diferentes colores. (26.5 – 30 cm de largo por 0.5 mm de diámetro)

**Popote periscópico:** En uno de sus extremos tiene una coyuntura en forma de acordeón que sirve para darle dirección al líquido. Una variante de este tipo son los popotes cuya estructura termina en forma de cuchara.

**Popote espiral:** Como su nombre lo indica tiene curvas por donde pasa el líquido con mayor velocidad.

**Popote miniatura:** Son los que generalmente vienen unidos a envases de bebidas tales, como jugos o bebidas lácteas saborizadas (16 cm de largo por 0.4 mm de diámetro).

**Popote agitador:** Tiene un hueco muy estrecho y generalmente se utiliza para agitar café o bebidas alcohólicas preparadas o no alcohólicas calientes o frías (19 -21 cm de largo por 0.3 mm de diámetro).

**Popote con doblez flexible:** Tiene una parte corrugada la cual le permite doblarse en diferentes direcciones.

Estos utensilios al ser de un solo uso se desechan y no se reciclan, generan efectos en el ambiente a diferentes niveles, por ejemplo, los plásticos favorecen la formación de manchas o islas de basura, debido al transporte de plástico por las corrientes marinas, donde se observan animales marinos atrapados en bolsas de este material o con popotes incrustados en el cuerpo, lo que ha dado paso a la

aplicación de estrategias que limitan el uso de los mismos (Hernández, 2013; López, 2014).

En México, en 2018 se inició una campaña para regular la utilización de popotes, de la mano de la Secretaría del Medio Ambiente y de Recursos Naturales (SEMARNAT), con el lema **#SinPopoteEstáBien**, con la cual se busca concientizar a la población sobre el impacto que producen los popotes. Se hace hincapié que este utensilio tarda en degradarse hasta cien años, mientras que su uso lleva apenas unos minutos o en los que se termina la bebida (Báez *et al.*, 2015; Mejías *et al.*, 2016).

Derivado de estas medidas, los fabricantes de popotes presentaron pérdidas en sus ventas de un 20 %, derivado de la campaña para evitar su uso, sin embargo, el sector se defiende con el argumento de que existe una mala percepción al sólo representar 0.5 % del total de la basura generada en el país (López, 2020).

## **2.4 Residuos derivados del sector agroindustrial**

Los residuos agroindustriales son generados por las diferentes industrias alimentarias y agrícolas, y de forma general no son de interés en el proceso que los genera. En los últimos años diversos problemas ambientales se han ligado a su generación, por lo que hay un creciente interés en implementar procesos que permitan un uso eficiente e integral de los residuos. Estos pueden ser utilizados

para la recuperación y producción de un amplio rango de productos de alto valor agregado, por medio de técnicas biotecnológicas (CIATEJ, 2021).

En México se generan anualmente cerca de 76 millones de toneladas de residuos agroindustriales orgánicos, estos residuos se pueden dividir en siete grupos: cereales, raíces y tubérculos, plantas oleaginosas, frutas y verduras, productos cárnicos, pescados y mariscos y productos lácteos.

En México el estado de Jalisco ocupa el primer lugar a nivel nacional en cuanto a la aportación por volumen al sector agrícola y el segundo en cuanto al valor de su producción, es el principal productor a nivel nacional de agave tequilero (*Agave tequilana*), arándano (*Vaccinium corymbosum*), cártamo (*Carthamus tinctorius*), frambuesa (*Rubus idaeus*) y maíz forrajero (*Rubus idaeus*). El estado ocupa el segundo lugar en cuanto a producción de aguacate (*Persea americana*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), maíz grano (*Zea Mays*), sandía (*Citrullus lanatus*) y zarzamora (*Rubus ulmifolius*), y el tercer lugar en la producción de tomate verde (*Physalis philadelphica*). Otros cultivos que se generan en el estado son jitomate (*Solanum lycopersicum*), chile verde (*Capsicum annuum*), plátano (*Musa × paradisiaca*), sorgo forrajero (*Sorghum bicolor*), papa (*Solanum tuberosum*), limón (*Citrus limon*), trigo (*Triticum*), mango (*Mangifera indica*), garbanzo (*Cicer arietinum*), arroz (*Oryza sativa*), avena (*Avena sativa*), guayaba (*Psidium guajava*), melón (*Cucumis melo*), nopal (*Opuntia ficus-indica*), naranja (*Citrus sinensis*),

papaya (*Carica papaya*), pepino (*Cucumis sativus*) y piña (*Ananas comosus*) (CIATEJ, 2021).

Durante las etapas de postcosecha y transformación se llegan a generar pérdidas de los productos alimenticios y residuos que pueden representar hasta el 40 % del volumen procesado. Estos residuos representan una fuente disponible y renovable de billones de toneladas de biomasa al año. Estos residuos, provenientes de la industria de alimentos, así como del sector agroindustrial y doméstico, que aún no han sido aprovechados eficientemente por la falta de conocimiento sobre los métodos apropiados para la preparación y caracterización de nuevos productos dándole así mayor valor agregado a nuevas fuentes de materias primas (Mejías *et al.*, 2016).

La disposición inadecuada de los residuos ocasiona alteraciones en los diferentes medios abióticos, bióticos y socioeconómicos, siendo el aprovechamiento de los residuos agroindustriales una solución a diferentes problemáticas ambientales originadas tanto por la generación y disposición de estos residuos lo que ayuda a disminuir el uso de recursos naturales renovables y no renovables como materia prima de ciertos productos, por lo que se ha sugerido mediante el uso de herramientas biotecnológicas que podrían ser aprovechados y a su vez éstos presentarían un potencial de valorización en la industria como aditivos en los

procesos de producción incluso en el desarrollo e innovación de nuevos productos ( González *et al.*, 2015; Martínez *et al.*, 2017).

Guerra *et al.* (2012) resalta que el aprovechamiento de residuos es una alternativa que impulsa el desarrollo de tecnologías orientadas hacia una transformación sustentable de los recursos naturales mediante el aprovechamiento de residuos.

#### **2.4.1 Residuos Agroindustriales de cáscara de naranja (*C. sinensis*)**

México, es el quinto productor mundial de naranja, con un volumen promedio de 4.2 millones de toneladas, las cuales se comercializaron tanto en el mercado interno como en destinos internacionales. Son los estados de Veracruz (44.5 %), Tamaulipas (14.6 %) y San Luis Potosí (8.8 %) las principales entidades productoras de este fruto (SADER, 2022).

Derivado de esta actividad la industria del jugo genera entre 50 y 60 % de la cáscara y bagazo, es la cáscara el principal residuo aprovechable, ya que es un desecho rico en aceites esenciales, azúcares y pigmentos lo que favorece su aprovechamiento biotecnológico (Zegada, 2015; Carrillo *et al.*, 2014).

El mal manejo de los residuos ocasiona diversos problemas ambientales como la contaminación de suelo lo que permite la proliferación de insectos, hongos, bacterias y olores por descomposición, los cuales pueden convertirse en fuente de contaminación, ya que tiene un tiempo de degradación aproximado de 6 meses.

Para mitigar dicho problema, se han realizado diversas investigaciones para dar valor agregado a este residuo agroindustrial (Bátori *et al.*, 2017; Ramos *et al.*, 2020).

#### **2.4.2 La naranja (*C. sinensis*)**

El nombre científico de la naranja es *Citrus x sinensis* (L.) Osbeck de la familia de las rutáceas, la planta es originaria del sudeste asiático, es el cítrico con mayor cantidad de hectáreas Plantadas en México (Zambrano, 2016; Carrillo *et al.*, 2014).

De acuerdo con la secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), al mes de abril de 2022, la producción de este cítrico fue de 2,398,878 ton, el mayor incremento en términos absolutos en la superficie cosechada lo reporta Veracruz con 38 mil 730 hectáreas (34.5%), el país se consolida como el quinto productor de naranja a nivel mundial, con un volumen promedio de 4.2 millones de toneladas anuales, de las cuales 67.53 % se destina al suministro en fresco, empleado en la obtención de jugo recién exprimido, en hogares y restaurantes. El 32 % es destinado a la industria procesadora de jugos, por lo que se estima que 0.5 millones de toneladas son residuos, es decir cáscara (semillas, membranas capilares) (Tovar, 2017, SADER, 2022).

#### **2.4.3 Características**

<b>Forma</b>	Fruto de forma esférica achatado por los polos
--------------	--

<b>Tamaño y peso</b>	Tiene un diámetro de 6 a 10 cm, su peso oscila entre los 150 y 200 g.
<b>Color</b>	El epicarpio es de color amarillo, liso o rugoso de acuerdo con la variedad, provista de vesículas oleosas, debajo una segunda piel blanca que envuelve el fruto denominado albedo y finalmente el endocarpio constituido por la pulpa color naranja del fruto (Moncayo <i>et al.</i> , 2018).

#### 2.4.4 Composición fisicoquímica de la cáscara de naranja (*C. sinensis*)

Las características físicas y químicas de cada fruto cítrico están determinadas por las diferentes variedades y por diversos factores externos, tales como: suelo, temperatura, uso de fertilizantes y el factor climático. La composición química de los residuos de cítricos dependen de muchos factores como por ejemplo: la especie de cítrico, la fracción de la fruta, el estado de madurez, la procedencia geográfica (López, 2014) (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Composición fisicoquímica de la cáscara de naranja (*C. sinensis*).

Componentes principales (%)	Materia seca	90.00
	Proteína	6.00
	Carbohidratos	62.70
	Grasas	3.40
	Fibras	13.00
	Cenizas	6.90
Minerales (%)	Calcio	2.00

Vitaminas (mg/kg)	Magnesio	0.16
	Fósforo	0.10
	Potasio	0.62
	Azufre	0.06
	Colina	770.00
	Niacina	22.00
	Ac. Pantoténico	14.96
Aminoácidos	Riboflavina	22.20
	Arginina	0.28
	Cisteína	0.11
	Lisina	0.20
	Metionina	0.11
	Triptófano	0.06

Fuente: Ramos *et al.*, 2020.

La cáscara de naranja tiene un alto contenido de materia orgánica (aprox. 95 % de sólidos totales), agua (aprox. 80–90 %) y un pH de 3-4, los residuos de naranja también contienen pectina, azúcares solubles, hemicelulosa, celulosa, proteína, lignina, almidón, cenizas y flavonoides, este residuo por su alto contenido de pectina y celulosa es apropiado para obtener bioplásticos (Ramos *et al.*, 2020).

## 2.5 POLÍMEROS

Macromoléculas que se forman a partir de la unión de pequeñas moléculas llamadas monómeros. Los monómeros son unidades de repetición que mediante

el proceso denominado polimerización forman una estructura con características y propiedades propias como son los polímeros (Granados, 2021).

Los polímeros se clasifican de acuerdo con su origen y pueden ser: polímeros naturales, biodegradables, sintéticos, semisintéticos, orgánicos, orgánicos vinílicos, no vinílicos, inorgánicos, elastómeros, termoestables, termoplásticos.

**Polímeros biodegradables:** se degradan en biomasa, agua y dióxido de carbono, como resultado de la acción de enzimas u organismos vivos. En condiciones favorables, pueden degradarse en unas pocas semanas (González, 2017).

Las propiedades de los polímeros biodegradables pueden depender de las siguientes fuentes:

- Renovables de origen vegetal, como celulosa, maíz y caña de azúcar;
- Sintetizado por bacterias;
- Fuentes fósiles, como el petróleo,
- Derivados de origen animal, como proteínas, quitina y quitosano.

La aplicación de estos compuestos se realiza en la producción de bolsas, envases de alimentos, productos de consumo y opciones para la agricultura. Debido al proceso de biodegradación, estos polímeros ayudan a prevenir la acumulación de residuos y, en consecuencia, la contaminación (Polyexcel, 2020).

### 2.5.1 Polímeros naturales

Los polímeros biodegradables o biopolímeros reciben esta denominación al producir menos impacto en el medio ambiente, los cuales son capaces de descomponerse en elementos químicos más simples y naturales como es el CO<sup>2</sup>, NH<sup>4</sup>, agua, compuestos orgánicos o biomasa. El proceso que más predomina en su descomposición es la acción enzimática que se da en un periodo de tiempo determinado. El bioplástico está dentro de esta categoría ya que la materia prima con la que es elaborado provienen de la biomasa, ejemplo de ello es el almidón de papa (*Solanum tuberosum*), trigo (*Triticum*), yuca (*Manihot esculenta*) o maíz (*Zea mays*), de azúcares como es la remolacha (*Beta vulgaris*) y la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) (Lama, 2018).

### 2.5.2 Tipos de polímeros

- Termoplásticos

Son materiales que a temperatura ambiente se mantienen rígidos, pero al aumentar la temperatura pueden ser blandos y moldeables sin alterar sus propiedades químicas, estos materiales pueden reciclarse (Granados, 2021).

- Termoestables

También denominados termorrígidos, son materiales que no pueden ser reprocesados después de haber sido conformados, es decir, son polímeros que al

ser moldeados ya no permiten cambiar su forma, al ser calentados ya no permiten deformación no son reciclables. Además, son rígidos, frágiles y presentan resistencia térmica, ejemplo de estos materiales son el poliestireno y el polietileno (Polyexcel, 2020).

- Elastómeros

Son polímeros amorfos que pueden sufrir deformaciones elásticas fácilmente les permite deformarse hasta el doble de su tamaño y volver a su forma original sin que se modifique su estructura, no se puede termo conformar ni soldar. El ejemplo más común es el hule natural (Spallana *et al.*, 2021).

- Biopolímeros

Son macromoléculas cuya fuente no proviene del petróleo sino de recursos renovables y degradables. Son considerados como una alternativa más interesante en la industria de los plásticos pues su degradación es mucho más veloz (Granados, 2021).

Estos biopolímeros de acuerdo con Valero *et al.* (2013), clasifica los biopolímeros de acuerdo con su fuente de la siguiente manera:

- Biopolímeros extraídos de la biomasa (basados en almidón o celulosa).
- Biopolímeros obtenidos de monómeros bio-derivados (Aceites vegetales, ácido poli láctico (PLA), hidroxialcanoatos (PHA)).

## **2.6 BIOPLÁSTICOS**

Se define como bioplástico si es de base biológica, biodegradable o presenta ambas propiedades, el término base biológica indica que sus componentes se derivan principalmente de la biomasa. Mientras que la biodegradación es un proceso químico mediante el cual un material se convierte en agua, dióxido de carbono y composta por la acción de microorganismos disponibles de forma natural en condiciones ambientales normales (Ortega *et al.*, 2021).

En la actualidad existen polímeros plásticos que pueden ser biodegradables, compostables y dependen de las propiedades químicas de sus componentes. Las cuales, pueden elaborarse a través de carbohidratos (almidón, celulosa y azúcar de caña, entre otros), proteínas (gelatina, caseína, seda y lana) y lípidos (aceites vegetales) (Salgado, 2014).

### **2.6.1 Ventajas de los Bioplásticos**

Para las empresas que hablan de biodegradabilidad en sus productos, indican que ayudan a reducir la huella de carbono, indicando además que facilitan a reducir los residuos que contaminan el medio ambiente, porque en comparación de los plásticos, estos al estar elaborados de fuentes renovables la descomposición es mayor por acción natural en un tiempo más corto, además que ayudan a mejorar el impacto ambiental reduciendo las emisiones de gases que genera el efecto invernadero, no se desarrollan con materias primas no renovables y reducen los

residuos provenientes de fuentes naturales, reducen el riesgo de afectar animales y plantas, un envase bioplástico no modifica el olor y sabor del alimento o bebida, ofreciendo un valor agregado al final de la vida útil del producto (Posada, 2022). Los recursos renovables se utilizan para producir productos, biodegradables que pueden ser reciclados orgánicamente al final del ciclo de vida de un producto y crear valiosa biomasa (humus) al ser desechado el producto sin generar residuos contaminantes. Además, los plásticos biodegradables y compostables pueden ayudar a desviar residuos biológicos de vertederos y aumentar la eficiencia de la gestión de residuos como en Europa se ha citado y en todo el mundo (Bioplastics European, 2017).

De acuerdo con Arrieta *et al.*, (2018) para que un polímero se clasifique como bioplástico biodegradable, también debe cumplir con los siguientes criterios:

**Características químicas:** al menos el 50 % de su composición final debe ser necesariamente materia orgánica.

**Biodegradación:** debe degradarse en un mínimo de 90 % de su peso/volumen en 6 meses bajo condiciones de compostaje estimuladas.

**Ecotoxicidad:** los residuos no degradables después de la biodegradación durante 6 meses no deberían ser una amenaza potencial para el crecimiento de las plantas.

**Desintegración:** los fragmentos microscópicos de los componentes deben ser indetectables (<2 mm) al menos en 2 meses en condiciones de compostaje controladas.

Los bioplásticos pueden ser fabricados a partir de materias primas naturales renovables como: caña de azúcar, almidón, celulosa, papas, cereales, melaza, aceite de soya, maíz, entre otros. Éstos forman parte de una alternativa para disminuir la contaminación ocasionada por los plásticos sintéticos, al ser biodegradados por microorganismos como bacterias, hongos y algas; y además, pueden ofrecer una reducción en la dependencia de combustibles fósiles y sus impactos sobre el ambiente, pues se reduce en gran medida la contaminación en su producción (CONADESUCA, 2016).

Aunque los plásticos biodegradables se han presentado como una posible solución a la acumulación de residuos plásticos en México, se requieren leyes y certificaciones que garanticen su identificación y proceso de biodegradación (Domínguez, 2019).

México carece de normas oficiales relacionadas con la biodegradabilidad de plásticos; sin embargo, la industria desarrolló dos normas.

Una de ellas es NMX-E-260-CNCP-2014, la cual está vigente y define a un bioplástico como aquel que se obtiene de recursos naturales renovables, que es biodegradable, o que cumple con ambas condiciones. Esta fue la primera en

introducir el concepto de biodegradabilidad de plásticos en una norma mexicana (DOF, 2014). La segunda es, NMX-E-273-CNCP-2017 misma que fue aprobada por el Comité Técnico de Normalización Nacional de la Industria del Plástico el 17 de mayo de 2018 y se encuentra en proceso de publicación por parte de la Dirección General de Normas, en la que menciona las especificaciones que establece los requerimientos de los productos plásticos para ser catalogados como compostables, biodegradación, desintegración y efectos negativos.

En México no existe un mecanismo de certificación de la biodegradabilidad, es decir, que los plásticos biodegradables no se distinguen de los convencionales por su apariencia, por lo que no habrá forma de garantizar que aquellos que se autodenominan de esa forma, realmente lo sean. De acuerdo con esta norma mexicana PROY-NMX-E-260-CNCP-2013 Industria del plástico, Materiales bioplásticos Terminología, establece lo siguiente:

De acuerdo con Colusi, L. & Hedrera, M. (2019), un **Bioplástico**, es un plástico de origen natural producido por un organismo vivo, sintetizado a partir de fuentes de energía renovables y con carácter biodegradable, en su mayoría compuesto de:

- a) Materias primas de origen renovable y es biodegradable
- b) Materias primas de origen renovable y no es biodegradable
- c) Materias primas de origen petroquímico y es biodegradable

Entre los beneficios de los bioplásticos se encuentran los siguientes:

- Ofrecen nuevo potencial para la agricultura al utilizar cultivos como materia prima.
- La materia prima para su elaboración es renovable al provenir de cultivos agrícolas.
- Reducen la generación de residuos plásticos tradicionales que necesitan ser incinerados para su eliminación o reciclados para su posterior uso.

### **2.6.2 Usos de los Bioplásticos**

Los bioplásticos como alternativa que ofrece lo mismo o en algunos casos incluso mejor propiedades y funcionalidades. Hoy en día, los bioplásticos se utilizan principalmente en los siguientes segmentos de mercado:

- ⊙ Embalaje (incluidos los envases flexibles y rígidos)
- ⊙ Bienes de consumo y aplicaciones domésticas
- ⊙ Automotriz y transporte
- ⊙ Construcción de edificio
- ⊙ Textiles
- ⊙ Agricultura y horticultura
- ⊙ Electrónica y electricidad (Bioplastics European, 2017).

### **2.6.3 Bioplásticos en México**

De acuerdo con (CONADESUCA, 2016). Los bioplásticos representan el 1 % de los plásticos que se consumen hoy en día y están hechos total o parcialmente de

la biomasa de origen vegetal; aunado a esto, permiten una menor dependencia de los combustibles fósiles. Sus homólogos de origen petroquímico, por el contrario, contribuyen a un aumento neto de las emisiones de gases de efecto invernadero. La tecnología de bioplásticos existe hace unos 10 o 15 años y, usa principalmente fuentes potenciales de alimentos para México como maíz y papas. Actualmente, se produce con la semilla de aguacate (*Persea americana*) la cual, es perfecta para el país, ya que es uno de los mayores productores de éste (Báez *et al.*, 2015).

Se espera que, en los próximos cinco años, el uso de bioplásticos aumente un 20 % a escala mundial, según proyecciones de la Asociación de la Industria Plástica de Estados Unidos (PLASTICS). A lo cual se ha citado “Esto implica nuevas capacidades y plantas de producción, a cargo de proveedores existentes y nuevos, así mismo, se prevén nuevas fuentes y polímeros de segunda y tercera generación” por Ortega, (2019).

#### **2.6.4 Aprovechamiento de residuos para elaboración de bioplásticos**

La agroindustria representa un sector de participación importante para la economía, su funcionamiento genera residuos que, dada su composición y posibilidad de procesamiento, se convierte en un material de interés para ser aprovechado como materia prima en la elaboración de bioplásticos. México es un país con gran actividad agrícola, en este sentido es de vital interés estudiar el aprovechamiento de desechos agrícolas como materia prima para la obtención de

bioplásticos, son una oportunidad importante para la búsqueda de alternativas sustentables amigables con el ambiente (Riera & Palma, 2018).

Bajo este contexto, la agroindustria mexicana, sus cadenas de producción y servicios generan un gran número de residuos con calidad no comercial que pueden ser aprovechados para la generación de alternativas renovables como los bioenergéticos: biocombustibles y biolubricantes líquidos gaseosos y sólidos. En la agroindustria mexicana los productos que se industrializan son: frutas, verduras, tubérculos y vainas, semillas, raíces, hojas; algunos comercializados en fresco y otros son transformados en harinas, aceites, néctares, jugos, vinos, mermeladas, ensaladas, concentrados en polvo, entre otros, por lo que es notable la generación de residuos, desde la cosecha misma, pasa por los centros de concentración, distribución y finaliza en la industrialización, comercialización y consumo (Nilda-Mejías *et al.*, 2016).

En el sector agrícola, es decir, en la cosecha de cultivos se generan como residuos primarios: hojas y tallos del maíz, tallos y vaina de sorgo, puntas y hojas de caña de azúcar, paja de trigo, paja de cebada y de frijol, así como cáscara de algodón.

De la postcosecha se generan residuos: secundarios obtenidos del procesamiento entre los que están: bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), mazorcas y olotes, bagazo de maguey (*Agave salmiana*) o agave (*Agave tequilana*), así como pulpa de café (*Coffea*) (Valdez *et al.*, 2010).

## 2.7 POPOTES ECOLÓGICOS.

Según la Asociación Nacional de la Industria del Plástico (ANIPAC, 2017) en promedio una persona consume 73 piezas de popotes anualmente, lo que significa que usa un popote cada cinco días, esto corresponde principalmente a las zonas turísticas o urbanas, que son desechados incorrectamente, generan contaminación y daños a los ecosistemas. Por tal razón los popotes ecológicos son una opción natural para reemplazar el plástico, uno de los materiales más contaminantes para el medio ambiente. Estos productos están fabricados con materiales biodegradables que se reintegran a la tierra una vez que dejan de utilizarse, por lo cual no producen efectos colaterales para el ecosistema, como lo hacen los elementos plásticos, que pueden tardar más de 100 años en degradarse.

Actualmente existen popotes ecológicos o al menos, fabricados para ser más amigables con la naturaleza, y cumplen su función, se elaboran a partir de materiales que se descomponen rápidamente, son comestibles o reutilizables.

De acuerdo a Infanzón *et al.* ( 2017), los bioplásticos con los que se realizan los popotes u otros envases proporcionan las siguientes ventajas.

- Son biodegradables.
- No contaminan el medio ambiente.
- No son tóxicos. HASTA AQUÍ TIENE CORRECCIONES
- La mayoría son reutilizables.

- Reducen la huella de carbono.
- No consumen materias primas no renovables.
- No modifican el sabor y el aroma de los alimentos.

Bajo este contexto la agroindustria se ha interesado en desarrollar una gran variedad de utensilios (platos, cubiertos, vasos, popotes, recipientes), mediante el uso de polímeros biodegradables, con el objetivo de disminuir la cantidad y presencia de plásticos (Ojeda, 2015).

Aparecen así los popotes ecológicos y son una opción pertinente para reemplazar el plástico, esta alternativa “verde” es una oportunidad para aquellos residuos industriales para ser aprovechados y convertirse en nuevos productos disminuyendo la cantidad de desechos de este sector. (Vazquez, *et al.*, 2016; Tello, 2017).

En el mercado se encuentra diferentes alternativas sustentables fabricados con materiales biodegradables que se reintegran a la tierra una vez que dejan de utilizarse, por lo cual no producen efectos colaterales para el ecosistema y reemplazan el popote plástico, entre los que se encuentra (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Empresas Mexicanas creadoras de popotes ecológicos.

<b>Materia Prima</b>	<b>Empresa desarrolladora</b>
Bagazo de agave	PENKA, Renovapack
Semilla de aguacate	Biofase

Bambú	Ocelotl, Denda
Fécula de maíz	Ecoshell
Comestibles	SORBOS, LILOWARE
Papel	REYMA
Algas	Popotepetl

---

Fuente: Elaboración propia.

Por lo que es necesario, seguir en la búsqueda de alternativas de productos biodegradables de los cuales se obtengan los mismos beneficios para el consumidor, pero con la ventaja de que estos se integraran al medio ambiente sin generar residuos contaminantes (Martínez *et al.*, 2017).

De acuerdo con Detzel *et al.*, (2013), en el Estudio de Impactos Ambientales de Envases fabricados con plásticos biodegradables, los bioplásticos con los que se realizan los popotes u otros embaces proporcionan las siguientes desventajas.

- Se elaboran principalmente con almidón de papa, maíz u otros granos, lo que implica la fabricación a grande escala y seguramente tendrá un impacto negativo por la disponibilidad de alimento y aumento en los precios del pan o pastas.
- Muy pocos se derivan de residuos agrícolas.
- La gente no dispone del bioplástico de manera adecuada ya que, aunque son biodegradables, no terminan en los sistemas adecuados de compostaje porque son arrojados en los basureros y se mantienen en lugares secos que impiden la biodegradación, no tienen las condiciones para que se descompongan.

### 2.7.1 Propiedades Mecánicas

Los ensayos mecánicos permiten obtener valores numéricos de las propiedades de un material, lo cual ayuda a los diseñadores, establecer las condiciones de servicio en las que puede ser usado el material y cuál puede ser la carga máxima que pueden soportar (Lefevre, 2014).

En los bioplásticos es indispensable medir los esfuerzos a los que estarán sometidos los popotes y la capacidad a la que pueden responder a la deformación, o comportamiento de los mismos ante las fuerzas externas que alteren su equilibrio (González, 2017).

Es por eso por lo que para saber el comportamiento de los popotes es importante el cálculo de los siguientes parámetros.

**Dureza:** Se denomina dureza a la resistencia a la deformación plástica de un material durante la penetración (o indentación), la medición de dureza, debido a la rapidez y sencillez del ensayo y a la posibilidad de juzgar las propiedades de la pieza sin necesidad de su destrucción, tiene amplia aplicación para el control de calidad de los metales ya que existe una relación entre la dureza y la resistencia a la rotura. Los principales métodos para determinar la dureza se basan en la aplicación de una carga determinada (mediante un penetrador de material y dimensiones normalizados) y la lectura, después que la carga deja de actuar, de la huella resultante (NOM-093-SSA1-1994).

**Elasticidad:** Se produce cuando una pieza se somete a una fuerza de tensión uniaxial, se produce una deformación del material, si el material vuelve a sus dimensiones originales cuando la fuerza cesa se dice que el material ha sufrido una deformación elástica. El número de deformaciones elásticas en un material es limitado ya que aquí los átomos del material son desplazados de su posición original, pero no hasta el extremo de que tomen nuevas posiciones fijas. Así cuando la fuerza cesa, los átomos vuelven a sus posiciones originales y el material adquiere su forma original. Si el material es deformado hasta el punto que los átomos no pueden recuperar sus posiciones originales, se dice que ha experimentado una deformación plástica (Roth, 2019).

### **2.7.2 Propiedades fisicoquímicas**

Por otra parte, estas propiedades medirán los aspectos relacionados con la capacidad de respuesta de la composición de los popotes ante factores que alteren sus propiedades, al identificar si existe deformación, reblandecimiento u otro comportamiento ante el contacto con sustancias, lo cual se determinó:

**Índice de Absorción de agua (IAA):** son métodos de medición estándar para la absorción de agua por inmersión. La absorción de líquidos en polímeros se sigue mediante mediciones de absorción de masa (o gravimétricas). Los aumentos de masa del orden de un pequeño porcentaje de la masa original del polímero son típicos en sistemas con afinidad por el líquido. El contacto directo con un líquido

en lugar de su vapor normalmente conduce a mayores niveles de absorción (mayores concentraciones de saturación) y, por lo tanto, la condensación de vapor en la superficie afectará los resultados en las exposiciones a la humedad. (ASTM D - 570).

**Índice de Solubilidad (ISA):** El índice de solubilidad en agua es una medida de la cantidad de material que es liberada cuando el mismo comienza a perder su estructura por efecto de la absorción de agua (Rodríguez *et al.*, 2012; Ponce *et al.*, 2021).

### **2.7.3 Vida de Anaquel**

El término vida de anaquel se ha definido como el “tiempo durante el cual un producto, envasado, permanecerá en buenas condiciones para ser vendido y consumido”. Se le ha definido también como el período de tiempo en el que un alimento, almacenado bajo condiciones óptimas preestablecidas, mantiene sus características organolépticas y nutricionales aceptables para el consumidor (Vito, 2019; Carrillo & Munguía, 2014).

El término “vida de anaquel” es un período de tiempo, mientras que “fecha de caducidad” es una fecha específica; es decir, la vida de anaquel de un producto en general determinará la fecha de caducidad de una muestra específica de ese producto (Estrada *et al.*, 2015).

#### **2.7.4 Importancia de la Vida de Anaquel**

El conocer la vida de anaquel de un producto es de suma importancia tanto para el fabricante como para el consumidor ya que garantiza el gusto y la satisfacción del consumidor respecto a su producto.

Al consumidor, la vida de anaquel le garantiza un nivel aceptable en la calidad del producto ya sea en el momento de su compra o de su consumo. Además, le indica el momento a partir del cual el producto puede presentar un deterioro de su calidad (Giraldo, 2018).

#### **2.7.5 Factores que intervienen en la vida de anaquel**

La calidad de los productos alimenticios es afectada por una diversidad de factores que determinarán su vida útil; esto se debe a que los alimentos sufren un proceso de degradación natural que puede ser física, biológica o química o una combinación de estas. Esta degradación no solamente acorta la vida de anaquel, sino que en muchos casos afectará su valor nutritivo (Carrillo & Munguía, 2014).

Los principales factores que afectan la calidad de un producto alimenticio, así como su vida de anaquel, son: temperatura, humedad, concentración de oxígeno y luz. También existen factores de procesamiento y de empaque. Todos estos factores interactúan y pueden acelerar o disminuir los procesos de degradación, las reacciones fisicoquímicas, el crecimiento y la actividad microbiana, la actividad enzimática, la rancidez (oxidación lipídica), la degradación de

vitaminas y los cambios en características organolépticas (Vito, 2019; Santiago, 2015).

## **2.8 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DRANTE LA VIDA DE ANAQUEL**

Las estadísticas de los brotes de enfermedades transmitidas por alimentos y superficies incrementan centrándose en restaurantes e instituciones educativas siendo uno de los mayores problemas de salud pública (Caro & Tobar, 2019).

De acuerdo con la Guía Técnica para Análisis Microbiológico en Superficies en contacto con Alimentos y Bebidas (2007), este análisis se define como el procedimiento que se sigue para determinar la presencia, identificación y cantidad de microorganismos patógenos e indicadores de contaminación en una muestra, con la finalidad de contribuir a asegurar la calidad sanitaria, indispensable en la elaboración y expendio de alimentos y bebidas destinados al consumo humano.

Al considerar la calidad microbiológica de los popotes se disminuye el riesgo toxicológico, precedido por la alteración de las características organolépticas, por lo que la putrefacción biológica limitaría su uso al ser un indicador para evitar su uso lo que puede representar un riesgo para la salud del consumidor (Rodríguez, 2022).

### **2.8.1 Importancia de los Análisis Microbiológicos**

El objetivo de estos análisis es identificar los límites microbiológicos para evaluar las condiciones higiénicas y sanitarias de la superficie del popote que va a estar en contacto con la bebida. Algunas definiciones operativas que maneja esta Guía Técnica para Análisis Microbiológico en Superficies en contacto con Alimentos y Bebidas (2007), son:

Calidad sanitaria: Es el conjunto de requisitos microbiológicos, fisicoquímicos y organolépticos que debe cumplir un alimento para ser considerado inocuo y apto para el consumo humano.

Límites microbiológicos: Son los valores permisibles de microorganismos presentes en una muestra, que indican la aceptabilidad higiénico-sanitaria de una superficie.

Peligro: Agente biológico, químico o físico presente en un alimento o superficie que está en contacto con los alimentos y que pueden ocasionar un efecto nocivo para la salud.

Riesgo: Probabilidad de que ocurra un efecto nocivo para la salud y la gravedad de dicho efecto, como consecuencia de un peligro o peligros en los alimentos, ocasionado por el contacto con superficies vivas (manipulación) o inertes contaminadas.

Superficies inertes: Son todas las partes externas y/o internas de los utensilios que están en contacto con los alimentos, por ejemplo: vajilla, cubiertos, utensilios, tabla de picar, entre otros.

Superficies vivas: Las partes externas del cuerpo humano que entran en contacto con el equipo, utensilios y alimentos durante su preparación y consumo.

Vigilancia sanitaria: Conjunto de actividades de observación y evaluación que realiza la Autoridad Sanitaria sobre las condiciones sanitarias de las superficies que están en contacto con los alimentos y bebidas, en protección de la salud de los consumidores.

Es importante recalcar que la atmósfera en que se encuentre el producto (popotes) puede favorecer el crecimiento de microorganismos patógenos anaerobios por esto, debe enfatizarse la importancia del control térmico del empaque para la preservación de los popotes en vida de anaquel (Giraldo, 2018).

### **2.8.2 Diluciones seriadas 1/10**

Dilución es un procedimiento cuya finalidad es disminuir la cantidad de soluto por unidad de volumen de dilución, este procedimiento se logra mediante la adición de una cantidad específica de diluyente en una cantidad determinada de soluto para generar una mezcla homogénea entre dos o más sustancias.

Factor de dilución: El factor de dilución (FD) es el número de veces que debe diluirse una solución para obtener una de menor concentración. Este factor

permite determinar qué tan diluido se encuentra el último volumen con respecto al primero, Un factor de dilución se puede presentar de distintas formas cómo: 1:10, 1/10 o 10-1 (Lomonte, 2007).

Diluciones 1/10, significan que, si la cantidad de (mL) de volumen total de un tubo es de 10 mL = 9 mL agua destilada + 1 mL solución madre; mientras que, el factor de dilución es de 10, permitiendo que la serie de diluciones sea de: 1/10, 1/100, 1/1000, 1/10000, entre otras. Del mismo modo, la cantidad total de cada tubo dependerá del volumen que se necesite, siempre que se mantenga la relación 1/10 en cada tubo respecto al anterior (Sánchez, 2018).

## **2.9 EVALUACIÓN SENSORIAL.**

El análisis o evaluación sensorial es una disciplina científica, que se consolidó en base a las normas desarrolladas en el marco de la Organización Internacional de Normalización (ISO), de aplicación práctica a la industria (Marful, 2019).

El Instituto de Tecnólogos de Alimentos de EEUU (IFT) define la evaluación sensorial como: “la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto y oído” (Vera, 2018).

El análisis sensorial es una técnica que emplea personas para evaluar la aceptación o rechazo de productos de acuerdo con las sensaciones que ha

obtenido a través de los sentidos como la vista, tacto, olfato o el gusto, estas sensaciones llevan a rechazar un producto. Llegados a este punto, se puede definir el análisis sensorial como la técnica de obtención de factores organolépticas de un producto mediante los sentidos y se obtienen datos que se puedan cuantificar (Rocha, 2019).

Otros consideran a la evaluación sensorial como, el análisis de alimentos u otros materiales por medio de los sentidos, es una técnica de medición y análisis tan importante como los métodos químicos, físicos y microbiológicos, se considera una actividad clave en el desarrollo de productos que permite conocer las expectativas y necesidades de los consumidores (Vera, 2018; Osorio, 2019).

Sirve como punto de control de calidad y como técnica para el desarrollo e introducción de nuevos productos, es una herramienta útil para conocer la opinión de los consumidores, la cual es de suma importancia en los mercados actuales. Con esto se puede ver el grado de aceptabilidad de estos con herramientas simples y bien utilizadas a que definirán si un producto en el mercado tendrá aceptación o no (Díaz, 2016).

### **2.9.1 Escala Hedónica**

Para poder cuantificar las percepciones y medir las respuestas de los consumidores se utilizan las escalas que son fundamentales dentro del análisis

sensorial, una escala es un sistema que envuelve la asignación de valores numéricos y/o verbales a percepciones sensoriales. La escala hedónica sirve para determinar la aceptabilidad de productos o las preferencias entre dos o más productos por parte de los consumidores, los métodos son efectivos para saber si existe una preferencia perceptible (diferencia en el nivel de agrado) o si no existe una preferencia perceptible (Duneska, 2013; Rocha, 2019).

De acuerdo con la Norma ISO-11136 incluye una guía general para realización de pruebas hedónicas con consumidores en un área controlada, describe los enfoques para medir, el nivel de agrado que a los consumidores les gustan o disgustan los productos. Mediante el uso de pruebas basadas en la recopilación de respuestas de los consumidores a preguntas, sobre las características de los productos.

Las pruebas hedónicas tratadas en esta norma se pueden utilizar como contribución a lo siguiente:

- Comparar un producto con productos de la competencia.
- Optimizar un producto para que sea del agrado de un gran número de consumidores.
- Ayudar a definir una fecha de consumo preferente.

- Evaluar el impacto de un cambio en la formulación de un producto en el placer proporcionado por el producto.

### **2.9.2 Aplicación de las escalas hedónicas**

De acuerdo con Vera (2018), la evaluación de la calidad sensorial de los productos cada día cobra más importancia en la industria, dado las exigencias del mercado competitivo actual y su repercusión en el desarrollo de cualquier empresa o entidad productora ya que sirve de base para:

- El control de calidad de materias primas y establecimiento de normas y especificaciones y ayudar a definir una fecha de consumo preferente.
- Desarrollo y lanzamiento de nuevos productos y preferencias del consumidor
- Optimizar un producto de modo que obtiene una puntuación hedónica alta o que gusta a un gran número de consumidores
- Investigación de factores que influyen en el olor, color, sabor, aroma y textura de los productos.
- Evaluar el impacto de un cambio en la formulación de un producto sobre el placer proporcionado por el producto.
- Estudiar el efecto de una presentación variable o comercial, como el embalaje.

### III. JUSTIFICACIÓN

El uso de popotes de plástico, mismos que se usan por cortos periodos de tiempo (30 min) y permanecen hasta 100 años en el medio antes de fragmentarse, genera problemas de contaminación y salud. Sin embargo, la necesidad de estos utensilios dentro del sector gastronómico y hospitalario (pacientes geriátricos, entre otros) origina el interés de desarrollar alternativas sustentables, a partir del aprovechamiento de residuos provenientes de fuentes naturales como las cáscaras de naranja (*C. sinensis*).

Las cuales son un residuo que se puede potenciar y generar nuevas alternativas que lo revaloricen. Así con la elaboración de un bioplástico a partir de cáscara de naranja (*C. sinensis*), se pretendería desarrollar popotes ecológicos, con los que se permitiría ofrecer una alternativa amigable con el ambiente, para uso convencional y para en los sectores restaurantero y hospitalario que demandan o requieren el uso de estos, sin contribuir con el deterioro ambiental. Así para garantizar la calidad de los popotes se sometieron a pruebas mecánicas, fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales (pruebas de aceptación) para evaluar su desempeño y brindar un producto de calidad, al momento de ser usado por los consumidores.

#### **IV. HIPÓTESIS**

Mediante el aprovechamiento de residuos de cáscara de naranja (*C. sinensis*), se desarrollará un bioplástico para el diseño de popotes ecológicos, que sean funcionales y aceptados por los consumidores.

## V. OBJETIVOS

### 5.1 Objetivo General

Desarrollar popotes ecológicos a partir del aprovechamiento de residuos de cáscara de naranja (*C. sinensis*).

### 5.2 Objetivos específicos

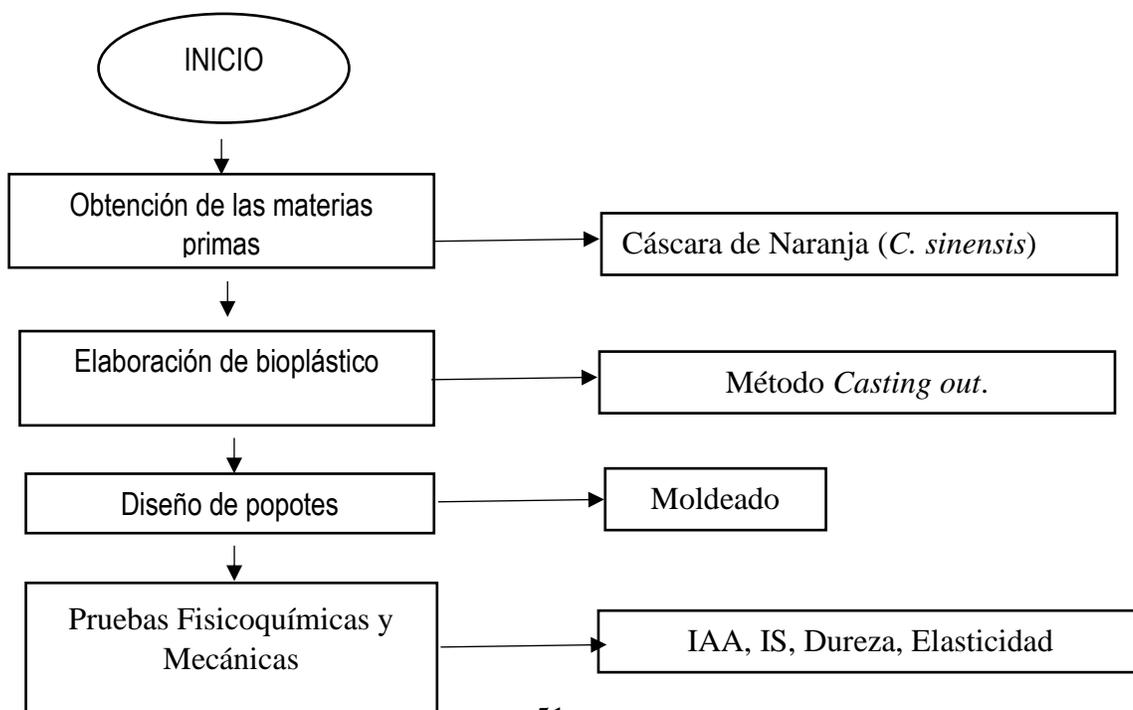
- Elaborar popotes amigables con el medio ambiente mediante el desarrollo de un bioplástico a través del aprovechamiento residuos de cáscaras de naranja (*C. sinensis*).
- Determinar la calidad de los popotes ecológicos desarrollados mediante pruebas microbiológicas (hongos, levaduras y coliformes totales) y mecánicas (Dureza y Elasticidad), durante vida de anaquel de 45 días.
- Identificar el nivel de aceptación de los popotes durante su uso a través de una evaluación sensorial con la aplicación de una prueba hedónica de siete puntos.

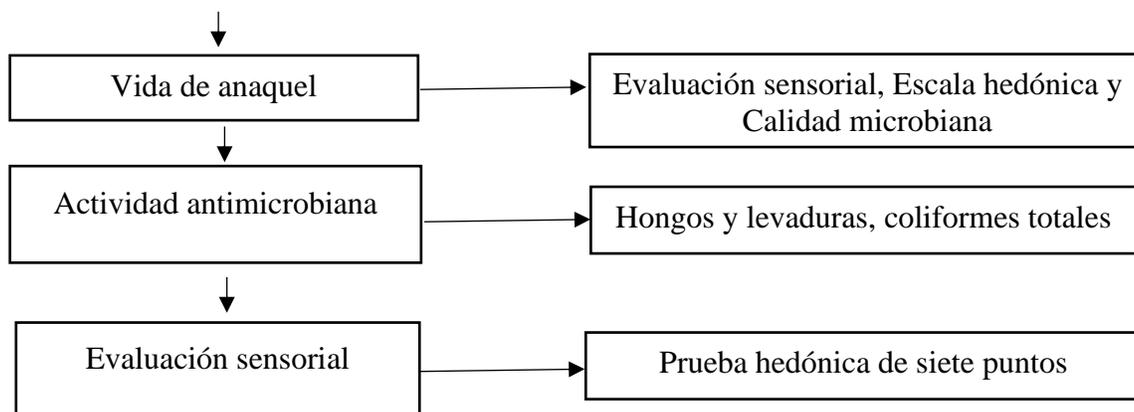
## VI. MATERIALES Y MÉTODOS.

### 6.1 Lugar de estudio

La presente investigación se realizó en el laboratorio de “Calidad de los Productos Agropecuarios”, dentro de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México, Campus Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, y se complementó con el análisis de textura, pruebas microbiológicas y evaluación sensorial que se llevaron a cabo en los laboratorios de “Textura de los Alimentos” y “Microbiología de alimentos” dentro de la Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos (UNIDA) del Instituto Tecnológico de Veracruz, Veracruz, México. A continuación, se presenta en la Figura 2 el esquema de desarrollo del proyecto de investigación.

### 6.2 Diagrama de desarrollo





**Figura 2.** Desarrollo de popotes ecológicos mediante un bioplástico a partir de cáscara de naranja (*C. sinensis*).

### 6.3 Diseño Experimental

Para el desarrollo de la biopelícula se estableció un diseño experimental factorial simple, mediante tres tratamientos donde se modificó la concentración de grenetina como variable de estudio. Los tratamientos fueron T1 (5 g), T2 (7 g), T3 (9 g), como variable respuesta se determinó el índice de Absorción de Agua (%) e Índice de Solubilidad (%) en cuatro tiempos (15, 30, 60 y 120 min) para cada uno de los tratamientos mencionados.

Los análisis estadísticos se realizaron mediante la plataforma Statgraphics, por el cual mediante un Análisis de Varianza Simple (ANDEVA) al 95 %, al encontrar se encontraron diferencias estadísticamente significativas se realizó una prueba de comparación de medias, diferencia mínima significativa (DMS) ( $P \leq 0.05$ ). Esto con la finalidad de encontrar la mejor formulación con las mejores características para el desarrollo del utensilio.

Una vez identificado el mejor tratamiento, el cual fue T2 con 7 g de grenetina, los popotes elaborados con esta concentración fueron analizados en términos de textura, midiendo las variables de dureza (N) y elasticidad, (mm) que permitieron conocer las propiedades de este durante su uso, contra dos popotes comerciales (popote de papel y semilla de aguacate), siendo este último descartado ya que no presentó cambios estructurales debido a que en su formulación contiene ácido poliláctico, lo que no permitió ser comparado.

Para caracterizar los popotes resultantes se comparó su comportamiento mediante los índices de Absorción de Agua e Índice de Solubilidad en Agua durante 15, 30, 60 y 120 min, se les realizaron análisis microbiológicos (hongos, levaduras y coliformes totales por mL), análisis sensorial (aceptación/rechazo) y vida de anaquel, la cual se propuso para un periodo de 45 días, se tomó 15 muestras cada 15 días de tres cajas diferentes para cada tratamiento (Ortiz, 2019), para al finalizar analizar las diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) mediante una prueba de comparación de medias de DMS al 5 %.

#### **6.4 Materiales de laboratorio**

Para la elaboración del bioplástico se requirió de los siguientes insumos y aditivos en las siguientes cantidades:

Vinagre 8 mL

Báscula analítica

Glicerina 8 mL	Vaso de precipitados
Almidón 20 g	Agitadores de vidrio
Cáscara de naranja 80 mL	Guantes de protección
Grenetina 7 g	Espátulas
Agua 200 mL	Probeta de 100 mL
Popotes de semilla de aguacate (usados)	Charolas para pesar
Procesador de alimentos	Tamiz 300 $\mu$ m

## 6.5 Métodos Empleados

- Para el desarrollo del bioplástico se empleó la metodología propuesta por: López & Paniagua, (2019) con modificaciones, con el que se diseñaron popotes ecológicos.
- Para el diseño de los popotes se empleó el principio para la elaboración de banderillas de tamarindo, de manera artesanal (Pereyra, 2019).

## 6.6 Materias Primas

### 6.6.1 Residuo de cáscara de naranja (*C. sinensis*)

La cáscara de naranja (*C. sinensis*), se recolectó al azar de varios puntos de venta de jugos en el Altiplano Central Mexicano, se eligieron aquellas cáscaras que no presentaron golpes, hongos, abolladuras o cambios de color.

### **6.6.2 Almidón de maíz**

Como almidón se utilizó harina de maíz comercial (Maizena®) considerada un recurso de bajo costo y de fácil producción, es más económico que algunos polímeros sintéticos, brinda a los bioplásticos propiedades mecánicas como elasticidad, dureza y resistencia para asegurar una mejor funcionalidad (Reichenbach *et al.*, 2019).

### **6.6.3 Ácido acético (CH<sub>3</sub>COOH)**

Se empleó vinagre blanco al 5 %, debido a su bajo costo, es un reactivo ampliamente utilizado para el desarrollo de películas, ya que permite que la estructura del bioplástico se estabilice, al neutralizar los polímeros irregulares que se encuentran presentes en el almidón, en condiciones herméticas evita el desarrollo de hongos y bacterias que puedan afectar la calidad del producto (Sierra *et al.*, 2016).

### **6.6.4 Glicerina**

Se usó glicerina pura marca Botica la Moderna® como agente plastificante ya que es muy efectivo, se usa en la elaboración de biopolímeros, debido a sus propiedades humectantes (Arrieta *et al.*, 2018).

### 6.6.5 Grenetina

Fue utilizada grenetina sin sabor marca K'Nox®, cuyo principal componente es una proteína llamada colágeno que, si se disuelve en agua, adquiere una peculiar consistencia, conocida como coloidal. Se emplea en la elaboración de películas debido a su abundancia, su bajo costo y sus excelentes propiedades, proporciona elasticidad, flexibilidad y buena resistencia a la tracción (Andreuccetti *et al.*, 2011).

### 6.7 Elaboración del bioplástico

La biopelícula se elaboró mediante el método vaciado en placa (*casting out*) (López & Paniagua, 2019) con modificaciones. La formulación fue la siguiente: almidón (13 %), agua (19 %), glicerina (5 %), ácido acético (5 %) y cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) (52 %).

- Las cáscaras se limpiaron mediante la eliminación del albedo (capa blanca que se encuentra debajo de la cáscara exterior la cual recubre la pulpa del fruto), se desinfectaron mediante inmersión de estas en hipoclorito de sodio al 1 % 15 min.
- Las cuales se molieron en un procesador de alimentos (marca Oster, modelo 6878013000) 5 min, la pasta obtenida se pasó por un tamiz de 300  $\mu\text{m}$  (Moncayo *et al.*, 2018; Shafqat *et al.*, 2021) y se guardó en refrigeración hasta su uso.

- En un vaso de precipitado de 250 mL se mezcló 20 g de almidón y 30 mL de agua, la cual se colocó en la estufa a fuego medio, con agitación constantemente para evitar la formación de grumos, hasta que tenga una consistencia pastosa.
- Ya con esta consistencia adicionar el vinagre y glicerina, hasta integrar de manera uniforme, agregar la grenetina y mover para que se integre hasta obtener una pasta.
- Para finalizar a esta pasta se agregó la cáscara de naranja y se siguió con agitación hasta integrar completamente

Todos los ingredientes fueron mezclados en un vaso de precipitado, en agitación constante a fuego medio hasta obtener una pasta homogénea, se formularon tres tratamientos (Cuadro 3) (Antonio *et al.*, 2020).

**Cuadro 3.** Matriz de tratamientos

<b>Formulación</b>	Almidón (g)	Agua (mL)	Glicerina (mL)	Ácido Acético (mL)	Cáscara de naranja (g)	Grenetina (g)
<b>T1</b>	20	40	8	8	80	5
<b>T2</b>	20	40	8	8	80	7
<b>T3</b>	20	40	8	8	80	9

**Nota:** Todas las formulaciones del cuadro 3 fueron comparadas con un testigo (popote de papel).

### **6.7.1 Diseño de popotes a partir del bioplástico desarrollado**

Se comenzó por lavar y desinfectar los popotes que se recolectaron en juguerías y restaurantes en una solución de hipoclorito de sodio al 1 % se dejaron secar para posteriormente ser utilizados como molde de los popotes.

Los popotes fueron troquelados mediante la metodología descrita por Pereyra (2019) con modificaciones. En la presente investigación el último paso se realizó por inmersión del popote (molde) en el bioplástico líquido a diferencia de lo que establece el autor, ya que lo recubre de una pasta seca.

- Verter el bioplástico en la probeta de 100 mL y sumergir cada uno de los popotes de plástico para impregnar de una capa de bioplástico.
- Retirar y dejar secar por 12 h y repetir el mismo procedimiento en 4 ocasiones.
- Al finalizar el proceso de colocación de las cuatro capas, se dejaron secar a temperatura ambiente por 24 h para finalmente desmoldar.
- Obtenidos los popotes se colocaron en un deshidratador marca Ríos Rocha modelo HCF-62D, a 50 °C por cinco horas para eliminar el exceso de agua, microorganismos que se hayan generado durante el proceso de elaboración y obtener una consistencia más firme.
- Al finalizar este proceso los popotes se colocaron en cajas de cartón de 15 x 7 cm, marca LONGBOXES, con 25 piezas, hasta su análisis.

## **6.8 Propiedades de textura o mecánicas**

Se realizaron mediante el uso de un analizador de textura TA.XT2 plus (Stable Micro Systems, modelo Reino Unido), donde se evaluó dureza (N) y elasticidad (mm). Las muestras utilizadas (popote de papel y biodegradable) para ambas pruebas fueron secciones de popotes de 10 cm de largo por un centímetro de ancho y las paredes de estos contaban con un espesor de un milímetro de grosor.

### **6.8.1 Dureza (N)**

Se colocó sobre la base del texturómetro una muestra del producto final, el cual fue sometido a compresión por el brazo mecánico a un porcentaje de compresión del 50 % que expresa en newtons (N). Esta propiedad permite medir la resistencia del popote a la deformación, provocada por la acción de esfuerzos de contacto originados por el brazo del texturómetro o externos en el popote (Talens, 2017).

### **6.8.2 Elasticidad (mm)**

Se colocó sobre la base del texturómetro una muestra del producto final (popote biodegradable), el cual fue sometido a compresión por el brazo mecánico a un porcentaje de compresión del 50 %, con una velocidad de brazo de 1 mm/s, este proceso midió el grado de recuperación del material al final de la compresión para evitar la fracturabilidad, este parámetro se expresa en milímetros (mm) (Palma - Rodríguez *et al.*, 2017).

## 6.9 Variables fisicoquímicas

### 6.9.1 Índice de absorción de agua (IAA)

La metodología fue en base al método estándar establecido en la norma ASTM D 570-98. Se realizó al colocar 2.5 cm<sup>2</sup> de cada muestra sumergidas en 50 mL de agua a 100 rpm durante 15, 30 y 60 min para determinar la cantidad de agua absorbida por las muestras. Concluidos los tiempos se extrajeron las muestras eliminando el exceso de agua superficial con ayuda de servilletas absorbentes para finalmente dejar secar a temperatura ambiente hasta obtener un peso constante, el índice mediante la siguiente fórmula:

$$IAA = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

### 6.9.2 Índice de solubilidad en agua (ISA)

Se determinó mediante la metodología propuesta por Ponce *et al.* (2021), donde se pesaron muestras de 2.5 x 2.5 cm<sup>2</sup> para determinar la materia seca inicial. Se sumergieron en 50 mL de agua destilada con agitación constante a 100 rpm durante 15, 30, 60 min para estimar la cantidad de material solubilizado. Al finalizar los tiempos se extrajeron las muestras y residuos por medio de filtración y se colocaron a temperatura ambiente hasta obtener un peso constante, se calculó el índice por medio de la siguiente fórmula.

$$ISA = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

## 6. 10 Vida de anaquel

Esta etapa de la investigación se realizó dentro del laboratorio de Físicoquímica de la Unidad de Investigación y Desarrollo de Alimentos (UNIDA), Veracruz, México.

Se entiende como la durabilidad o bien el periodo de tiempo durante el cual el producto se conserva apto para el consumo desde el punto de vista sanitario, características físicas, sensoriales y funcionales, por encima del grado límite de calidad (Giraldo, 2018). Debido a que no existe mucha información sobre la determinación de vida de anaquel de popotes ecológicos a partir de un residuo se optó por seguir la metodología establecida por Salinas *et al.*, (2010), con modificaciones, quienes determinaron los cambios fisicoquímicos y sensoriales limitantes de la vida de anaquel.

Se realizó con el objetivo de identificar puntos de deterioro y el comportamiento de las muestras durante un tiempo determinado, se procedió a colocar los popotes en cajas de cartón con 25 piezas cada una, para replicar el empaque en el que pudieran ser distribuidos y así identificar las interacciones y cambios estructurales (textura, color, olor, desarrollo microbiano) de las piezas a lo largo de la prueba. Estas cajas estuvieron cerradas y colocadas a temperatura ambiente durante 45 días, divididos en tres tiempos (T1, T2 y T3) de 15 días cada uno en donde se extrajeron muestras de los popotes en cada tiempo a los que se les

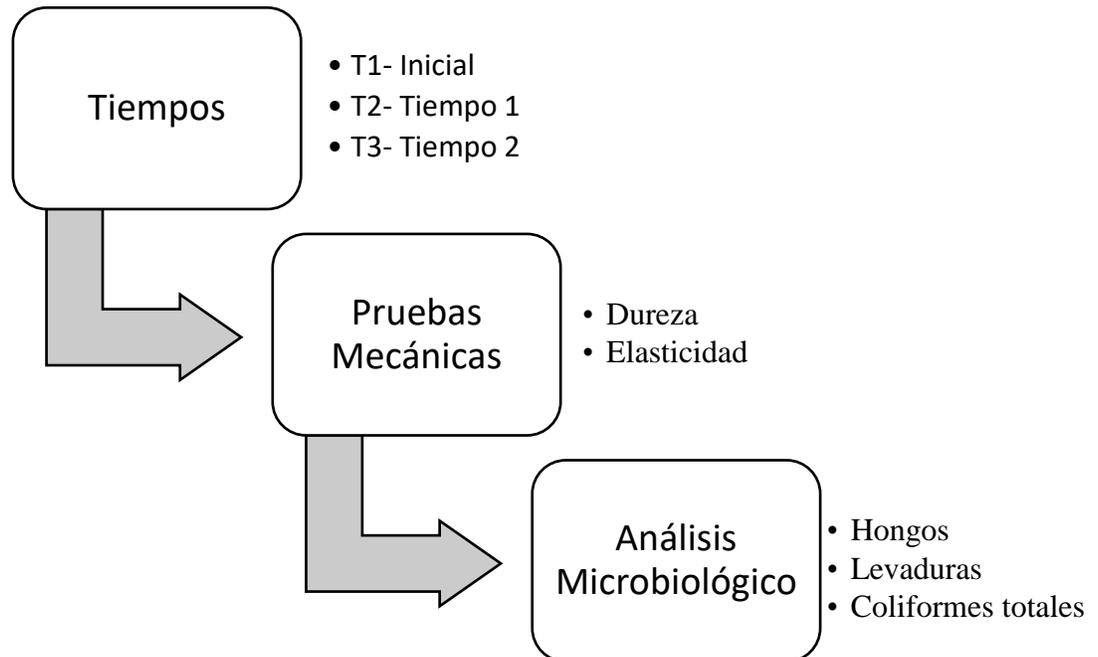
realizaron pruebas mecánicas y microbiológicas para analizar el estado del popote al transcurrir el tiempo.

Las cajas que contenían los popotes como muestra estuvieron cerradas y colocadas a temperatura ambiente durante 45 días, en los que se les realizaron:

1. Pruebas de dureza y elasticidad
2. Pruebas microbiológicas para identificar presencia y desarrollo microbiológico (hongos, levaduras y coliformes totales).

Para las tomas de la muestra se procedió a dividir la vida de anaquel en tres tiempos, como se indica en el siguiente esquema.

### Vida de Anaquel



## **6.11 Análisis microbiológico**

Estas pruebas fueron realizadas y analizadas en el laboratorio de Microbiología de los alimentos dentro de la Unidad de Investigación y Desarrollo de Alimentos (UNIDA), Instituto Tecnológico de Veracruz Veracruz, México.

### **6.11.1 Técnica de vaciado por dilución y vaciado en placa**

La preparación y disolución de las muestras para el análisis microbiológico se realizaron en base a la metodología establecida por la NOM-110-SSA1-1994, el conteo de hongos y levadura se utilizó la NOM-111-SSA1-1994, para determinación de bacterias coliformes NOM-112-SSA1-1994 y cuenta de microorganismos coliformes en placa NOM-113-SSA1-1994. Los valores microbiológicos fueron estimados de acuerdo con los límites que establece la NOM-093-SSA1-1994 para superficies que están en contacto con alimentos en México (<100 UFC).

#### **Materiales y reactivos**

Agar dextrosa papa	Mechero
Agar bilis rojo violeta	10 cajas petri
Muestra (popote)	Incubadora
Solución salina	Espátula
Balanza analítica	Matraces 100 mL
Procesador de alimentos	Mechero

Tubos de ensayo con tapa

Puntas

Pipeta

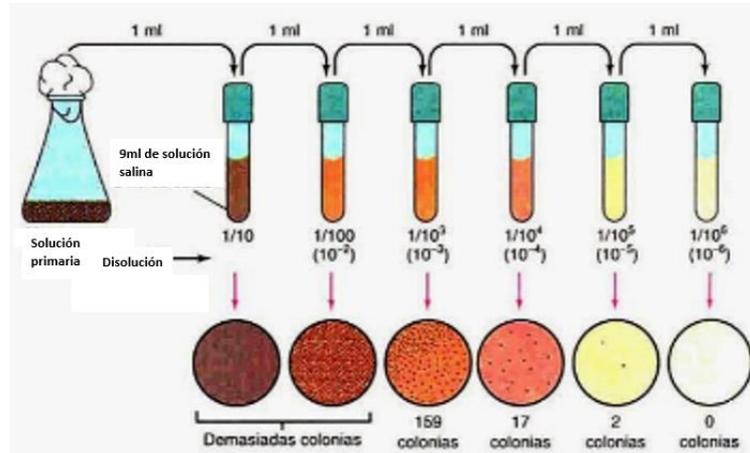
Procedimiento:

1. Con una balanza pesar 10 g de la muestra (popote)
2. Moler la muestra en 90 mL de agua peptonada previamente esterilizada, en un procesador de alimentos de 1 a 2 min hasta obtener una suspensión homogénea.
3. Dejar sedimentar las partículas de mayor tamaño de la solución y posteriormente con ayuda de una pipeta, transferir la cantidad deseada, con cuidado tomar las capas superficiales de la solución y colocarlo en un tubo con tapa previamente esterilizado y esta será nuestra dilución primaria.

#### **6.11.2 Diluciones decimales**

1. Se transfirió 1 mL de la dilución primaria en un tubo que contiene previamente 9 mL de solución salina estéril, indispensable evitar el contacto entre pipeta y diluyente, homogeneizando la muestra de cada dilución, siendo nuestra dilución 1/10.
2. Se tomó 1 mL de nuestra dilución 1/10 y colocó la en otro tubo con solución salina estéril, homogeneizar correctamente, convirtiéndose ésta la disolución 1/100 o bien  $10^{-2}$ , así sucesivamente hasta la dilución deseada,

en el caso del proyecto se realizaron diluciones hasta  $10^{-4}$ , como se muestra en la figura 3.

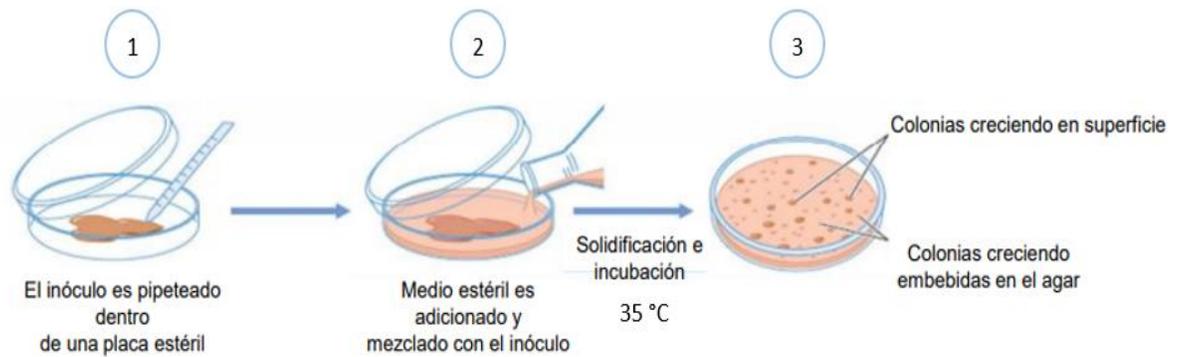


**Figura 3.** Diluciones seriadas.  
Fuente: Sánchez *et al.*, (2017).

### 6.11.3 Siembra por inmersión

Para la siembra de la muestra se realizó en un ambiente estéril y con ayuda de un mechero, se tomó 1 mL de nuestra última dilución  $10^{-4}$  y se colocó dentro de la caja petri previamente esterilizada, se agregan 15 mL de medio de cultivo y con movimientos circulares de derecha a izquierda se homogeneizó la mezcla para distribuir correctamente la muestra y se colocó en incubación ( $35^{\circ}\text{C}$ ) o temperatura ambiente según sea el caso y las condiciones de la muestra. Este procedimiento se realizó por triplicado (Figura 4).

Se dejaron por un lapso de 24 h o 48 h, de acuerdo con el crecimiento, se hace el conteo e identificación de las colonias, hongos, levaduras o coliformes totales



**Figura 4.** Siembra por inmersión.  
Fuente: Sánchez *et al.*, (2017).

### 6.12 Evaluación sensorial

Se aplicó a estudiantes y docentes de la Universidad del Valle de México, Campus Veracruz, Universidad Cristóbal Colón y la Unidad de Investigación y Desarrollo de Alimentos, Veracruz).

Se realizó mediante las directrices de UNE-EN ISO 11136:2017. Se aplicó una prueba de aceptación/rechazo y una prueba hedónica de siete puntos (Figura 5) a 120 estudiantes, donde el panelista evaluó color, olor y textura del popote, con la opción de indicar al final alguna mejora al producto en caso de existir. La escala hedónica evaluó desde: Me disgusta extremadamente (1), Me disgusta bastante (2), Me disgusta moderadamente (3), Ni me gusta, ni me disgusta (4), Me gusta un poco (5), Me gusta bastante (6), Me gusta extremadamente (7), (Duneska, 2013). Para realizar la evaluación sensorial, a los estudiantes se les proporcionó un vaso con 250 mL de agua natural y un popote biodegradable, con el cual

bebieron el líquido como normalmente lo hacen. Posterior a esto se les aplicó el cuestionario en donde midieron el nivel de agrado y evaluó el desempeño, así como las características del producto.

1	2	3	4	5	6	7
Me disgusta extremadamente	Me disgusta bastante	Me disgusta moderadamente	Ni me gusta, ni me disgusta	Me gusta un poco	Me gusta bastante	Me gusta extremadamente

**Figura 5.** Escala Hedónica de siete puntos  
Fuente: Lutz *et al.*, (2018).

### 6.12.1 Condiciones de la prueba

Panelista:

- No consumir licor o fumar con un mínimo de 1 hora antes de la prueba.
- No consumir un alimento 30 min antes de la prueba (café, chicles).
- No ser alérgico a algún componente presente en el popote biodegradable (almidón, cáscara de naranja, grenetina).

Presentación del producto y cantidad de la muestra.

- Se proporcionó una pieza (popote) y servilleta a cada panelista.
- Se proporcionó un vaso de agua natural (simple) de 250 mL.

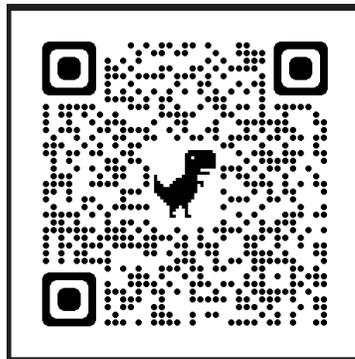
Área de aplicación de la prueba.

Debido a que la aplicación de la prueba fue realizada en diferentes instituciones educativas las cuales no contaban con las instalaciones adecuadas para la

aplicación de la prueba, se procuró aplicarse en áreas como laboratorios en los cuales se controlaban las distancias entre personas, así como evitar la comunicación o compartir parte de su experiencia durante la realización de la prueba entre panelistas.

### **6.12.2 Encuesta**

La encuesta es un procedimiento dentro de los diseños de investigación descriptivos no experimental, en el que se busca recopilar datos por medio de un cuestionario. La prueba se aplicó de manera digital por medio de código QR (Anexos), la cual se dividió en dos partes: la primera consistió en un conjunto de preguntas a los consumidores sobre preferencias, usos, alternativas y consecuencia del uso de los popotes, la segunda, mediante una prueba hedónica de siete puntos se recopiló información sobre la experiencia que tuvieron al hacer uso del popote durante la prueba y cuál es el nivel de agrado ante el producto y se calificó algunos aspectos de este.



**Figura 6.** Código QR para prueba hedónica.  
Fuente: Elaboración propia.

### **6.12.3 Primera parte de la prueba (preguntas de exploración)**

Esta sección consistió en siete preguntas exploratorias sobre el uso, preferencias y creencias ante el uso de popotes de plástico y así como sus consecuencias, las preguntas planteadas fueron las siguientes:

1. ¿Te gusta utilizar popotes de plástico de un solo uso para ingerir alguna bebida?
2. ¿Con que frecuencia utilizas popotes de plástico?
3. ¿Qué tipo de popote usas frecuentemente?
4. ¿Conoces los popotes biodegradables?
5. ¿Sabes las consecuencias que ocasionan los popotes de plástico de un solo uso en el medio ambiente?
6. ¿Sabes cuánto tiempo tarda en degradarse un popote de plástico?
7. ¿Tienes interés por utilizar popotes ecológicos o amigables con el medio ambiente?

### **6.12.4 Prueba hedónica de siete puntos (Escala de aceptación)**

La prueba evaluó el nivel de aceptación de los popotes por parte de los panelistas de acuerdo con su funcionalidad, color, olor y textura, por medio de los sentidos vista, olfato, tacto y gusto; sentidos que interactúan para emitir un juicio sobre el producto, mediante la escala hedónica de siete puntos.

1. Me disgusta al extremo

2. Me gusta bastante
3. Me gusta moderadamente
4. No me gusta, ni me disgusta
5. Me gusta un poco
6. Me gusta bastante
7. Me gusta extremadamente

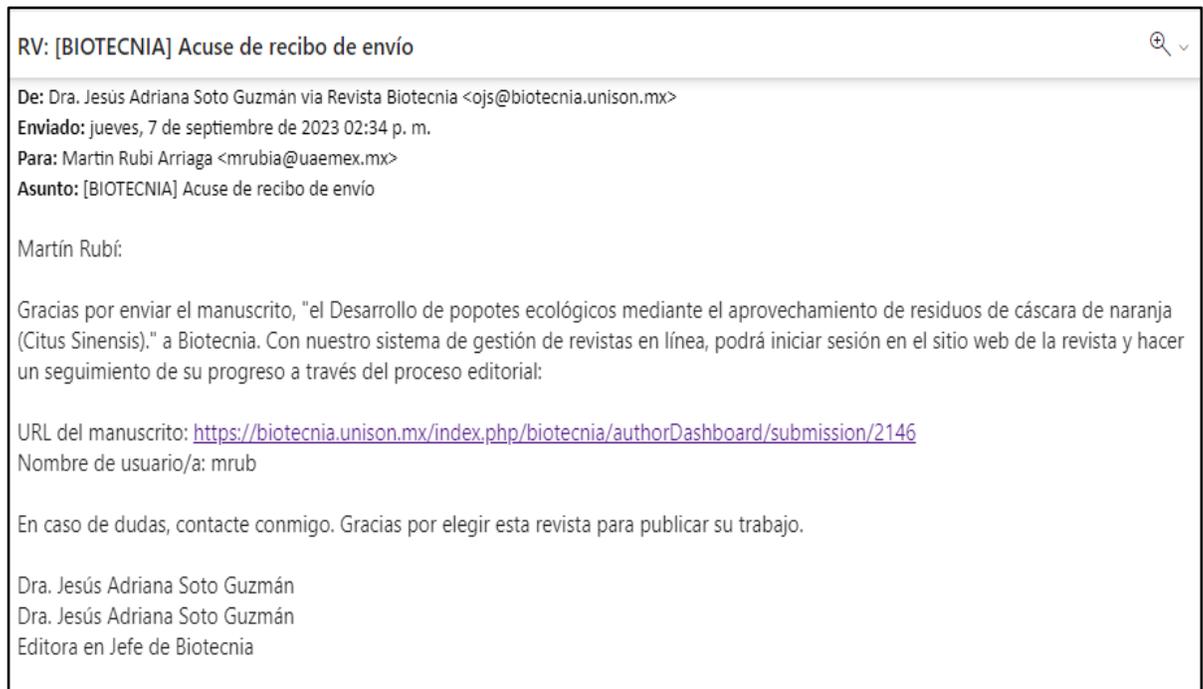
## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 Envío



The screenshot displays a web interface for managing journal submissions. At the top, there are four tabs: 'Envío' (selected), 'Revisión', 'Editorial', and 'Producción'. Below the tabs is a section titled 'Archivos de envío' (Submitted files) with a search icon and the text 'Buscar'. A single submission is listed with a document icon, the ID '10777-1', the author 'mrub', and the title 'Desarrollo de popotes ecológicos mediante el aprovechamiento de residuos de cáscara de naranja (Citrus Sinensis),.docx'. To the right of the title, the date 'September 7, 2023' and the text 'Texto del artículo' are visible. At the bottom right of the list, there is a button labeled 'Descargar todos los archivos'.

### 7.2 Acuse de Recibido por parte de la Revista.



The screenshot shows an email interface. The subject line is 'RV: [BIOTECNIA] Acuse de recibo de envío'. The sender is 'De: Dra. Jesús Adriana Soto Guzmán via Revista Biotecnia <ojs@biotecnia.unison.mx>'. The email was sent on 'Enviado: jueves, 7 de septiembre de 2023 02:34 p. m.'. The recipient is 'Para: Martin Rubi Arriaga <mrubia@uaemex.mx>'. The subject is 'Asunto: [BIOTECNIA] Acuse de recibo de envío'. The body of the email starts with 'Martín Rubi:' followed by a message of gratitude: 'Gracias por enviar el manuscrito, "el Desarrollo de popotes ecológicos mediante el aprovechamiento de residuos de cáscara de naranja (Citrus Sinensis)." a Biotecnia. Con nuestro sistema de gestión de revistas en línea, podrá iniciar sesión en el sitio web de la revista y hacer un seguimiento de su progreso a través del proceso editorial:'. A URL is provided: 'URL del manuscrito: <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/authorDashboard/submission/2146>'. The user name is listed as 'Nombre de usuario/a: mrub'. The email concludes with 'En caso de dudas, contacte conmigo. Gracias por elegir esta revista para publicar su trabajo.' and the signature of 'Dra. Jesús Adriana Soto Guzmán', 'Dra. Jesús Adriana Soto Guzmán', and 'Editora en Jefe de Biotecnia'.

### 7.3 Artículo Científico



#### **Desarrollo de popotes ecológicos mediante el aprovechamiento de residuos de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*)**

Development of ecological straws through the use of orange peel residues (*Citrus  
sinensis*)

Verónica Leticia Sámano Corrales. Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México. Campus Universitario “El Cerrillo”, El Cerrillo, Piedras Blancas. Toluca, Estado de México. Carretera Federal: Toluca-Ixtlahuaca km 14.5. CP.50200. Tel. 7229097702. E-mail: vsamanoc407@alumno.uaemex.mx <https://orcid.org/0009-0000-9924-3544>.

\*Martín Rubi Arriaga. Profesor-Investigador de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México. Campus Universitario “El Cerrillo”, El Cerrillo, Piedras Blancas. Toluca, Estado de México. Carretera Federal: Toluca-Ixtlahuaca km 14.5. CP.50200. Tel.7226475514. E-mail: mrubia@uaemex.mx <http://orcid.org/0000-0001-7547-5017>.

María Dolores Mariezcurrena Berasaín. Doctor-Investigador de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México. Campus Universitario “El Cerrillo”, El Cerrillo, Piedras Blancas. Toluca, Estado de México. Carretera Federal: Toluca-Ixtlahuaca km 14.5. CP.50200. Tel.7222642874. E-mail: mdmariezcurrenab@uaemex.mx <http://orcid.org/0000-0003-1569-1783>.

Dora Luz Pinzón Martínez. Doctor de la Facultad de Nutrición y Ciencia de los Alimentos. Universidad Cristóbal Colón. Carretera la Boticaria km. 1.5. Veracruz, México. CP.91930. Tel.2291447500. E-mail: [mdmariezcurrenab@uaemex.mx](mailto:mdmariezcurrenab@uaemex.mx)  
<http://orcid.org/0000-0002-3869-4250>.

Patricia G, Mendoza García. Doctor-Investigador de la 3Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos (UNIDA) del Instituto Tecnológico de Veracruz. Av. Miguel Ángel de Quevedo 2779, Formando Hogar, Veracruz, México. CP. 91897 Tel.7222642874. E-mail: [pmendoza@itver.edu.mx](mailto:pmendoza@itver.edu.mx) <https://orcid.org/0000-0001-6838-0861>.

## RESUMEN

Los residuos de origen natural, con calidad no comercial pueden ser utilizados para el desarrollo de alternativas sustentables, el objetivo de esta investigación fue generar un bioplástico para el desarrollo de popotes ecológicos mediante el aprovechamiento de residuos de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*), el cual permita diseñar un popote como producto final, al que se le evaluaron las propiedades fisicoquímicas, mecánicas, microbiológicas y sensoriales. Mediante una prueba hedónica de siete puntos, se determinó el nivel de aceptación de los popotes ante el público consumidor. Los popotes obtenidos tuvieron una durabilidad de uso óptimo de 30 min, presentaron un índice de absorción ( $56.46 \pm 1.98$ ) menor que un popote de papel, el análisis microbiológico mostró un crecimiento de  $22 \times 10^{-2}$  colonias de hongos en 24 h, mientras la prueba hedónica derivó en un 80 % de aceptación por parte de los panelistas. Se deduce que puede ser otra alternativa ecológica a los popotes de plástico

**Palabras clave:** Popotes ecológicos, cáscara de naranja, bioplástico, prueba hedónica.

## INTRODUCCIÓN

Un estilo de vida práctico y consumista ha traído consigo el empleo de productos de un solo uso, un caso claro es el uso de popotes de plástico, mismos que se usan por cortos periodos de tiempo (30 min) pero, permanecen hasta 100 años en el medio antes de desintegrarse (Mejías *et al.*, 2016). De acuerdo con datos de la Asociación Nacional de la Industria del Plástico (ANIPAC, 2017). En promedio una persona consume 73 piezas de popotes anualmente, o bien un popote cada cinco días, mismos que son desechados y dañan al medio ambiente. Ante esta problemática, surge la necesidad de crear alternativas sustentables, derivadas del aprovechamiento de residuos provenientes de fuentes naturales, como son los subproductos agrícolas o industriales que se puede potenciar y generar nuevas alternativas de uso (Ponce *et al.*, 2021). Así surgen los bioplásticos, definidos como material de base biológica y biodegradable, ya que sus componentes se derivan de biomasa, su biodegradación se genera mediante un proceso químico el cual un material se convierte en agua, dióxido de carbono y composta por la acción de microorganismos disponibles de forma natural en condiciones ambientales normales (Ortega *et al.*, 2021). De acuerdo con la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Social (SADER, 2017), México se consolida como el quinto productor de naranja a nivel mundial, con un volumen promedio de 4.2 millones de toneladas anuales, de las cuales 67.53 % se destina al suministro en fresco, empleado en la obtención de jugo recién exprimido, en hogares y restaurantes. El 32 % es destinado a la industria procesadora de jugos, por lo que se estima que 0.5 millones de toneladas son residuos, es decir cáscara (semillas, membranas capilares) (Tovar, 2017). Los residuos provenientes de la industria poseen un alto contenido de materia orgánica lo que crea la necesidad de emplearlos como

materia prima de productos biodegradables, en búsqueda de aumentar su valor agregado”. En la actualidad se desarrollan bioplásticos donde los principales componentes son almidón, glicerol y fibras (Hazrol *et al.*, 2021). En el mismo sentido Melendrez en 2021 caracterizó una película biodegradable con polvo de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*), la cual presentó altos niveles de resistencia a la perforación, y a la permeabilidad de agua, se podría utilizar para elaborar empaques de diferentes productos alimenticios sólidos y pueden ser una buena alternativa a los plásticos de origen pétreo. Domínguez *et al.* (2022), utilizó cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*), para desarrollar un bioplástico flexible, menos poroso con menor absorción de agua y obtuvo una biodegradabilidad de un 63 % en 21 días. Bajo este contexto la agroindustria se ha interesado en desarrollar una amplia variedad de utensilios (platos, cubiertos, popotes), con el objetivo de disminuir la cantidad y presencia de plásticos (Ojeda, 2015). Así, los popotes ecológicos se convierten en una opción pertinente para reemplazar los de plástico, esta alternativa “verde” es una oportunidad para que aquellos residuos industriales sean aprovechados y convertidos en nuevos productos. El principal objetivo de los popotes ecológicos es ser amigables con la naturaleza, y cumplir su función de manera adecuada, por ello que aún se puede ocupar este complemento de las bebidas, y desecharlo cuando ya no sirva, sin riesgo de que contamine el medio ambiente. Para garantizar la calidad del producto es necesario someter los popotes a pruebas mecánicas, fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales que aseguren un correcto desempeño y brindar un producto de calidad al momento de ser utilizado y evitar así algún daño a los consumidores. Por lo que el objetivo de la presente investigación fue desarrollar popotes ecológicos a partir del aprovechamiento de residuos de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*), con características similares a las de un popote de plástico. La cual, se desarrolló en el laboratorio de “Calidad de los Productos

Agropecuarios”, dentro de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México, Campus Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, y se complementó dentro de una estancia de investigación en el laboratorio de “Textura de los Alimentos” en la Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos (UNIDA) del Instituto Tecnológico de Veracruz, Veracruz, México.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Residuo Agroindustrial**

La cáscara de naranja (*Citrus sinensis*), se recolectó de varios puntos de venta de jugos del Altiplano Central Mexicano, se eligieron aquellas cáscaras que no presentaron golpes, hongos, abolladuras o cambios de color. Mismas que se limpiaron mediante la eliminación del albedo, se desinfectaron mediante inmersión de estas con hipoclorito de sodio al 1 %, por 15 min. Las cuales se molieron en un procesador de alimentos (marca Oster, modelo 6878013000) 5 min y la pasta obtenida se pasó por un tamiz de 300  $\mu\text{m}$  (Moncayo *et al.*, 2018; Shafqat *et al.*, 2021) se envasó y guardó en refrigeración hasta su uso.

### **Almidón de maíz**

Como almidón se utilizó harina de maíz comercial (Maizena) considerada un recurso de bajo costo y de fácil producción, es más económico que algunos polímeros sintéticos, brinda a los bioplásticos propiedades mecánicas como elasticidad, dureza y resistencia lo que asegura una mejor funcionalidad (Reichenbach *et al.*, 2019).

### **Ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )**

Se empleó vinagre blanco al 5 %, debido a su bajo costo, es un reactivo ampliamente utilizado para el desarrollo de películas, ya que permite que la estructura del bioplástico

se estabilice, al neutralizar los polímeros irregulares que se encuentran presentes en el almidón, en condiciones herméticas evita el desarrollo de hongos y bacterias que puedan afectar la calidad del producto (Sierra *et al.*, 2016).

### **Glicerina**

Se usó glicerina pura marca Botica la Moderna® como agente plastificante ya que es muy efectivo, se usa en la elaboración de biopolímeros, debido a sus propiedades humectantes (Arrieta *et al.*, 2018).

### **Grenetina**

Fue utilizada grenetina sin sabor marca K´Nox, cuyo principal componente es una proteína llamada colágeno que, si se disuelve en agua, adquiere una peculiar consistencia, conocida como coloidal. Se emplea en la elaboración de películas debido a su abundancia, su bajo costo y sus excelentes propiedades, como elasticidad, flexibilidad y buena resistencia a la tracción (Andreuccetti *et al.*, 2011).

### **Elaboración del bioplástico**

La formulación para el bioplástico se realizó mediante la metodología desarrollada por López & Paniagua (2019) con modificaciones. La formulación fue la siguiente: almidón (13 %), agua (19 %), glicerina (5 %), ácido acético (5 %), cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) (52 %) y grenetina. Todos los ingredientes permanecieron constantes excepto este último que varió de 5 a 9 gr, con diferencia de 2 entre c/u.(Antonio *et al.*, 2020). Los popotes fueron troquelados mediante la metodología descrita por Pereyra ( 2019) con modificaciones. En la presente investigación el último paso se realizó por inmersión del popote (molde) en el bioplástico líquido a diferencia de lo que establece el autor, ya que

lo recubre de una pasta seca. Se tomó la mezcla con el bioplástico y se vertió en una probeta de 100 mL, para estandarizar el largo de los popotes (18 cm), se tomó un popote de plástico reciclado y sanitizado previamente como molde, el cual se sumergió en el bioplástico recubriéndolo con una capa y se dejó secar a temperatura ambiente 12 h. Este proceso se repitió durante cuatro días hasta desmoldarlo en el quinto, donde se obtuvo el popote. Finalmente, cada popote se colocó en un deshidratador marca Ríos Rocha modelo HCF-62D, a 50°C 1 h, para eliminar el exceso de agua y obtener una consistencia firme. Los popotes se almacenaron en cajas de cartón de 20 x 7 cm, marca LONGBOXES, con 25 piezas, hasta su análisis.

### **Diseño Experimental.**

Para caracterizar el popote se inició mediante tres tratamientos (T1, T2, T3), en donde la variable de estudio fue la concentración de grenetina (g) y las variables respuesta fueron las variables fisicoquímicas, (Índice de Absorción de Agua (%) e Índice de Solubilidad (%)), textura o mecánicas (dureza (N) y elasticidad, (mm)), microbiológicos (hongos y levaduras, coliformes totales por mL) y sensoriales (aceptación/rechazo) para identificar las diferencias estadísticamente significativas se realizó un análisis de Varianza Simple (ANDEVA) al 5 %. Se realizó la determinación de la vida de anaquel de los utensilios, para lo cual se propuso un periodo de 45 días dividido en cuatro tiempos: tiempo inicial, 15, 30 y 45 días (Ortiz, 2019).

### **Índice de solubilidad en agua (ISA)**

Se determinó mediante la metodología propuesta por Ponce *et al.* (2021), donde se pesaron muestras de  $2.5 \times 2.5 \text{ cm}^2$  para determinar la materia seca inicial. Se sumergieron en 50

mL de agua destilada con agitación constante a 100 rpm durante 15, 30 y 60 min para determinar la cantidad de material solubilizado. Al finalizar los tiempos se extrajeron las muestras y residuos por medio de filtración y se colocaron a temperatura ambiente hasta obtener un peso constante, se calculó el índice por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{ISA} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

### **Índice de absorción de agua (IAA)**

La metodología fue con base al método estándar establecido en la norma ASTM D 570-98. Se colocó 2.5 cm<sup>2</sup> de cada muestra sumergidas en 50 mL de agua a 100 rpm durante 15, 30 y 60 min para determinar la cantidad de agua absorbida por las muestras. Concluidos los tiempos se extrajeron las muestras y se eliminó el exceso de agua superficial con ayuda de servilletas absorbentes para finalmente dejar secar a temperatura ambiente hasta obtener un peso constante, se obtuvo el índice mediante la siguiente fórmula:

$$\text{IAA} = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

### **Propiedades de textura o mecánicas**

Se realizaron mediante el uso de un analizador de textura TA.XT2 plus (Stable Micro Systems, modelo Reino Unido), donde se evaluaron dureza (N) y elasticidad (mm), las muestras utilizadas (popote de papel y biodegradable) para ambas pruebas fueron secciones de popotes de 10 cm de largo por un centímetro de ancho, las paredes de estos contaban con un espesor de un milímetro de grosor.

## **Dureza**

Se colocó sobre la base del texturómetro una muestra del producto final, el cual fue sometido a compresión por el brazo mecánico a un porcentaje de compresión del 50 % que se expresa en newtons (N). Esta propiedad permite medir la resistencia del popote a la deformación, provocada por la acción de esfuerzos de contacto originados por el brazo del texturómetro o externos en el popote (Talens, 2017).

## **Elasticidad**

Se colocó sobre la base del texturómetro una muestra del producto final (popote biodegradable), el cual fue sometido a compresión por el brazo mecánico a un porcentaje de compresión del 50 %, con una velocidad de brazo de 1 mm/s, este proceso midió el grado de recuperación del material al final de la compresión lo que impidió la fracturabilidad, este parámetro se expresa en milímetros (mm) (Palma - Rodríguez *et al.*, 2017).

## **Análisis microbiológico**

Para el conteo de hongos y levadura se utilizó la NOM-111-SSA1-1994, para bacterias coliformes NOM-112-SSA1-1994 y cuenta de microorganismos coliformes en placa NOM-113-SSA1-1994. Los valores microbiológicos fueron estimados de acuerdo con los límites que establece la NOM-093-SSA1-1994 para superficies que están en contacto con alimentos en México (<100 UFC).

## **Evaluación sensorial**

Se realizó mediante las directrices de UNE-EN ISO 11136:2017. Se aplicó una prueba de aceptación/rechazo y una prueba hedónica de siete puntos a 120 estudiantes, donde el

panelista evaluó color, olor y textura del popote, al final se indicaron opciones de mejora en caso de existir. La escala hedónica evaluó desde: Me disgusta extremadamente (1), Me disgusta bastante (2), Me disgusta moderadamente (3), Ni me gusta, ni me disgusta (4), Me gusta un poco (5), Me gusta bastante (6), Me gusta extremadamente (7). Para realizar la evaluación sensorial, a los estudiantes se les proporcionó un vaso con 250 mL de agua natural y un popote biodegradable, con el cual bebieron el líquido como normalmente lo hacen. Posterior a esto se les aplicó el cuestionario en donde midieron el nivel de agrado y evaluaron el desempeño, así como las características del producto.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El popote de la presente investigación fue comparado con uno de papel reciclable al considerar que era el de mayor similitud al del estudio, debido a que está elaborado con papel (celulosa), es biodegradable y principalmente no contiene ácido poliláctico, característico de otros popotes biodegradables. A continuación, se presentan los resultados de las variables fisicoquímicas, textura (mecánicas), microbiológicas y sensoriales, que fueron medidas en el bioplástico, y los resultados se evaluaron mediante un análisis de varianza ( $p \leq 0.05$ ) a partir de su elaboración, para ver su comportamiento en vida de anaquel a excepción del análisis sensorial. En la Tabla 1 se presentan los resultados del Índice de solubilidad en agua (ISA) e Índice de Absorción de Agua respectivamente.

### **Índice de absorción de agua (IAA)**

El análisis de Varianza Simple permitió observar que existió significancia estadística ( $p \leq 0.05$ ) entre los tratamientos (tipo y tiempo). Por lo tanto, se realizó una prueba de comparación de medias al 5 %. En la Tabla 1 se observa el rango de valores obtenidos para IAA, mismo que se encuentra entre  $13.85 \pm 1.34$  y  $75.82 \pm 0.54$  %, para los

tratamientos popote de bioplástico/15 min y popote de papel/60 min, respectivamente. Para esta variable el mejor valor fue la menor absorción de agua lo que implicó que el popote permaneció sin modificaciones drásticas. Esta absorción se produce cuando las moléculas de agua atacan los puentes de hidrógeno de los materiales, debilitándolos y disminuyendo las propiedades funcionales de los mismos (Chariguamán *et al.*, 2015). En la Figura 1 se aprecia el comportamiento de las muestras en cuanto a la ganancia de agua a medida que el tiempo transcurrió.

En donde se observó que el popote de papel presenta una absorción del 47 % en comparación con el de bioplástico el cual absorbió 34 % menos durante los primeros 15 min, y 6 % menos a los 30 min, siendo el tiempo de referencia de uso promedio de un popote para ingerir una bebida (Segreste y Vázquez, 2018).

Al llegar a los 60 min, el popote de bioplástico presenta una absorción del 6 % mayor que el de papel sin deshacerse o perder su forma, se observó aumento debido a la presencia de almidón de maíz que de acuerdo con Hernández (2013), la presencia de este elemento en los bioplásticos genera que los materiales sean más susceptibles a absorber agua debido a su naturaleza hidrofílica. Por otro lado, el popote de papel está constituido por capas de este las cuales son unidas a partir de un adhesivo parcialmente permeable y no tóxico al contacto con la boca o alimentos que con el paso del tiempo la absorción de agua debilita las paredes del popote haciéndolo más frágil, la absorción de agua es paulatina con el paso del tiempo en las dos muestras (Alfonso, 2020).

### **Índice de solubilidad en agua (ISA)**

En la Tabla 1 se observa el rango de valores obtenidos para ISA, mismo que se encuentra entre  $22.43 \pm 1.04$  y  $24.97 \pm 0.89$  % para los tratamientos popote de bioplástico/15 min, popote de papel/60 min, respectivamente. El comportamiento de las dos muestras indica que por su constitución el popote de papel al ser sometido a agitación constante presenta una solubilidad del 18 % en los primeros 30 min, lo que indica que después de éste tiempo el popote comienza a perder su estructura, al parecer debido al desprendimiento de las capas de papel y el agente adhesivo que une las láminas que conforman este utensilio, lo que provoca que pierda hasta el 24 % de material a los 60 min, 11 % menos que el popote de bioplástico en el mismo periodo de tiempo. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ) en comparación con el popote de bioplástico, debido ya que el desprendimiento de material (partículas de cáscara, almidón y bioplástico) aumenta conforme transcurren los tiempos, esto sucede debido a su capacidad de absorción de agua, lo que debilita las paredes y la consolidación del material volviéndolo más frágil y propenso a perder material durante la agitación, como se muestra en la figura 2 donde se muestra el porcentaje de solubilidad de cada muestra durante los tiempos evaluados.

### **Vida de Anaquel**

En la Tabla 2 se presenta el rango de valores para las variables dureza y elasticidad para ambos popotes, biodegradable y el de papel para un periodo de 45 días de vida de anaquel, mismo que fue de 41.18 a 15.59 N para la dureza y de 0.90 a 0.68 mm para la elasticidad.

### **Dureza**

De acuerdo con Talens (2017), la dureza representa la fuerza necesaria para deformar un objeto mediante compresión, la cual se mide en Newtons (N). En la Tabla 2 se representan

los valores de dureza, en donde se observaron significancia estadística ( $p \leq 0.05$ ) entre las muestras. El popote de bioplástico presento una dureza mayor al finalizar los 45 días de vida de anaquel, con un valor de 23.56 N muy por encima de los 15.59 N que presentó el popote de papel. Se sugiere que estos cambios se deben a la naturaleza de los ingredientes en su formulación, ya que, ante la presencia de celulosa en el bioplástico se desarrollaron características de consistencia, rigidez y resistencia, entre otras cosas, en el producto final (Ortiz, 2019).

### **Elasticidad**

Es el grado de recuperación de un material sometido a deformación, mediante la aplicación de una fuerza de compresión (Talens, 2017). En la Tabla 2, se observan diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre las muestras, la elasticidad del popote de papel es de 0.67 mm, mucho menor que el popote de bioplástico con un 0.90 mm, lo que indica que este último tarda más tiempo antes de romperse. Se sugiere que la presencia de celulosa y plastificante en la formulación juegan un papel importante ya que son aditivos que en el primer caso logran darle cuerpo al material donde se usa y en el segundo suavizan los materiales y proporciona elasticidad. Esta relación dependerá de la cantidad en que ambos se encuentren en el producto (González, 2017; Jiménez, 2017).

### **Análisis microbiológico**

El análisis microbiológico se realizó solo para el popote de bioplástico debido a la naturaleza de la materia prima (residuo) puede desarrollar este tipo de organismos (hongos, levaduras y coliformes). Los resultados del análisis microbiológico en vida de anaquel para el popote de bioplástico se presentan en la Tabla 3.

La presencia de hongos se relaciona a que los frutos que están en constante interacción con el medio, lo que provoca que contenga microorganismos en su superficie, además de microorganismos con capacidad de ingresar a los tejidos. De acuerdo con Martínez *et al.*(2017), la superficie de los frutos posee una innumerable cantidad de compuestos orgánicos o inorgánicos como azúcares, aminoácidos, ácidos orgánicos, minerales, éste ecosistema rico en nutrientes brinda un adecuado soporte para el crecimiento extenso de microflora. Estos frutos suelen perder su firmeza y tomar coloraciones verdosas o azuladas debido a la acción de microorganismos que provocan su deterioro y actúa mientras están en el árbol o durante su almacenamiento. La presencia de almidón otorga esta capacidad de desarrollo de hongos, levaduras y coliformes bajo condiciones climáticas diversas y modifica las características del producto como también su metabolismo al ser capaces de iniciar la formación de metabolitos secundarios que producen toxinas (Castellanos, 2010). Otro punto por considerar en los presentes utensilios desarrollados con el bioplástico es la presencia de hongos (mohos) y levaduras. Los cuales se desarrollan a una temperatura óptima de 35 °C, un recuento elevado de estos indica que la materia prima y así como su manipulación fueron deficientes (Carbajal, 2018).Las muestras con el popote de bioplástico mostraron un máximo de  $22 \times 10^{-2}$  a  $28 \times 10^{-2}$  UFC durante los tres

tiempos, menor a lo establecido en la NOM-093-SSA1-1994, donde el límite máximo permisible es <100 UFC/mL.

El caso de los coliformes, son bacterias que se pueden encontrar en el suelo, plantas y animales incluyendo humanos, se caracterizan por: ser aerobias o anaerobias facultativas, son bacilos Gram negativos, proliferan a 45 °C, su presencia no indica necesariamente contaminación fecal, puede ocurrir por contaminación general de utensilios o agua, el límite permisible para superficies en contacto con alimentos (NOM-093-SSA1-1994) es <50 UFC/ mL (Martínez *et al.*, 2017; Carbajal, 2018).

En el Cuadro 4 se observa ausencia de coliformes, se considera que los popotes ya elaborados se sometieron a deshidratación a 65 °C por una hora proceso que pudo eliminar la presencia de estos organismos.

### **Evaluación sensorial**

Se realizó mediante una prueba hedónica de siete puntos a 120 estudiantes, para ello se aplicó un cuestionario dividido en dos secciones, en la primera parte se buscó identificar el gusto y uso actual de estos utensilios por los jueces consumidores y en la segunda se aplicó la prueba hedónica que avaluó el “nivel de agrado” del popote ecológico.

De la población evaluada, el 52 % refirió su uso en al menos tres ocasiones al mes. La Asociación Nacional de la Industria del Plástico (INIPAC, 2018) estima que una persona consume seis popotes anualmente, principalmente en zonas turísticas o urbanas. Debido a

esta demanda el INIPAC ha buscado una alternativa sustentable ante esta problemática para la cual ha sugerido mediante el uso y aprovechamiento de residuos de calidad no comercial la generación de alternativas sustentables (Mejías *et al.*, 2016; Tello, 2017) , como lo es la cáscara de naranja (*Citrus sinensis*) que se considera un residuo, almidones comerciales y grenetinas debido a sus bajos costos económicos.

Por otro lado, el 30 % de los panelistas que si utilizan popotes indicó usar este tipo de utensilios como los de metal o reutilizables, un 14 % biodegradables (aguacate, fibra de agave) y el 5 % de papel. Es importante mencionar que la industria se ha interesado en desarrollar estas pajillas (Ojeda, 2015), las cuales son una excelente opción para reemplazar los de plástico, son fabricados con materiales biodegradables (fibras, celulosa, cáscaras de frutas, algas) que se reintegran al suelo una vez que son utilizadas, por lo cual no producen efectos colaterales al ecosistema y se puede seguir haciendo uso de este complemento con la ventaja de desecharlo, y al final de su vida útil pueda ser consumido por los microorganismos presentes en el suelo para biodegradarse.

En el mercado mexicano se encuentran diferentes alternativas de popotes fabricados con materiales biodegradables que no producen efectos colaterales y reemplazan el popote plástico, los fabricantes más importantes son: Bagazo de agave (PENKA, Renovapack), Semilla de aguacate (Biofase), Bambú (Ocelotl, Denda), Fécula de maíz (Ecoshell), Algas (Popotepetl), Comestibles (SORBOS, LILOWARE) y Papel (REYMA), entre otros. De los cuales todos son considerados bioplásticos a excepción de los dos últimos. En ese sentido y de acuerdo con Infanzón *et al.* (2017), los bioplásticos con los que se realizan los popotes proporcionan ciertas ventajas, como que son biodegradables, no contaminan el medio ambiente, no son tóxicos, la mayoría son reutilizables, reducen la huella de

carbono, no consumen materias primas no renovables y no modifican el sabor y el aroma de los alimentos.

Por otro lado, se les pregunto a los encuestados sobre el conocimiento de las consecuencias que los popotes de plástico ocasionan al medio ambiente, y la respuesta fue que un 13 % desconoce estas afectaciones, entre ellas el tiempo que tardan en integrarse al suelo. La empresa POPOMEX estima que el tiempo de descomposición de este producto es de alrededor 100 años, cifra alarmante que supone un riesgo a largo plazo en el ecosistema, debido a que tiene un periodo de vida sobre los 30 min (Mejías *et al.*, 2016).

En relación con la prueba del nivel de agrado, los resultados indicaron que el 81 % de los panelistas sugiere que les gustó desde un poco hasta extremadamente, lo que reveló que la propuesta de un popote con las características de la presente investigación les pareció una idea innovadora y útil, no obstante, lo anterior, un 16 % se mostró indiferente ante el producto. Finalmente, al 5 % restante les disgustó ligeramente debido a que al momento de su uso notaron cambios en sus características sensoriales (olor, sabor, color, textura) poco agradables la experiencia de uso.

Derivado de los resultados anteriores, fue importante buscar que características con las que cuenta el popote, será necesario optimizar para mejorar la sensación durante el uso (firmeza, color, olor, sabor y textura) y brindar en un futuro un producto de mayor calidad y que agrade en un 100 % a los consumidores, lo que se realizó mediante una pregunta al final de la prueba hedónica en donde se sugería se indicara estas condiciones de mejora. A continuación, se describen los resultados obtenidos. En relación a la firmeza, el 25 % detectó que el popote al contacto con el agua se volvió más débil, lo que es natural, debido

a que los componentes de su formulación, lo hacen más higroscópico y que éste se vuelva más flexible (Hernández, 2013). En relación con el color, el 10 % sugiere que este no es agradable ya que lo prefieren transparente o en su caso blanco. Esta característica desafortunadamente no es posible cambiarla ya que el color amarillo que presentan se debe a la presencia de  $\alpha$ -caroteno y  $\beta$ -caroteno en la cáscara de naranja, pigmento natural amarillo característico de frutas y verduras (Meléndez, 2005), aunque es bien sabido que siempre es posible mejorar. Para el olor y sabor, el 11 % de los panelistas los detectó como dulce, no desagradable. Cabe mencionar que cualquier olor proveniente del popote podría modificar las características sensoriales de la bebida que se ingiere, lo que se considera una oportunidad de mejora para el producto. Finalmente, para la textura, el 41 % considera que al ser grumosa al tacto no es muy agradable, lo que genera otra oportunidad de mejora, a lo cual se sugiere minimizar el tamaño de partícula de la cáscara de naranja, para maximizar la experiencia al tacto.

Derivado de los resultados obtenidos de las diferentes pruebas, se observa que como ya se indicó hay muchos puntos de mejora, principalmente en las características sensoriales, y se sugiere ello tiene que ver con la formulación del bioplástico, lo anterior y de acuerdo con Cerón (2013), se propone que el almidón al ser uno de los ingredientes mayoritarios, es al que se le puede adjudicar las características descritas. El almidón presenta algunas limitaciones, como es la elevada tendencia a absorber agua lo que provoca cambios en el comportamiento físico y mecánico del producto final, de tal manera que afecta el desempeño durante el uso y almacenamiento. A pesar de lo anterior es uno de los polímeros

naturales, biodegradables, económicos y de fácil transformación en diversos productos empleado ampliamente en la elaboración de bioplásticos (Domínguez *et al.*, 2022). Además, la afinidad de los popotes por el agua se sugiere que se debe también a la estructura y naturaleza química del almidón, ya que se conforma de amilosa y amilopectina, la amilosa en particular, es un polímero lineal con presencia de moléculas de glucosa unidas por enlaces glucosídicos, la abundancia de grupos hidroxilo, otorga propiedades hidrofílicas a este polímero haciendo que tenga afinidad por el agua (BeMiller & Whistler, 2009; Cova *et al.*, 2010), la afinidad por el agua se debe a la naturaleza hidrofílica del almidón que puede ligar y retener moléculas de agua en su estructura a través de interacciones de enlaces de hidrógeno sin embargo, también se debe tomar en cuenta que algunos de los aditivos que se agregan durante el desarrollo del bioplástico pueden presentar tendencia a comprometer su estructura mientras absorbe agua y compromete sus propiedades físicas (Smith, 2005; Copeland *et al.*, 2009). En el caso de la glicerina, Mayhure *et al.* (2019), sugiere que es el plastificante más popular para la producción de películas biodegradables debido a su alta disponibilidad y bajo costo, presenta compatibilidad con una amplia gama de materiales, ofrece buena elasticidad a las películas sin reducir significativamente la dureza. Contrario a las ventajas descritas, no reduce la solubilidad y absorción de agua haciéndolo un material higroscópico que afecta el rango de aplicación de

los bioplásticos. Cuando el plastificante es agregado a la mezcla pasa por una serie de cambios en sus propiedades físicas y mecánicas, reduce los enlaces internos de hidrógeno y aumenta el espacio intermolecular y esto genera películas más elásticas, si se aumenta la proporción de plastificante se produce un efecto directo con la absorción de agua al igual que la humedad relativa en el ambiente (Escobar *et al.*, 2009). Finalmente Terrazas *et al.* (2015) quien incluyó estos dos componentes en su formulación, evaluó el efecto de la temperatura y la humedad relativa en películas biodegradables y se coincide que a temperaturas de 30 °C y humedad relativa mayor de 70 % se presentan cambios en las propiedades mecánicas lo que aumenta la elongación y Módulo de Young, haciéndolas más elásticas, aunque por otro lado, también identificó rigidez y fractura en películas con temperaturas mayores a 70 °C.

## CONCLUSIONES

Este estudio exploró exitosamente el potencial de la incorporación de residuos de la cáscara de naranja en la elaboración de un bioplástico para el diseño de popotes ecológicos a nivel laboratorio, aptos para el consumo de bebidas frías, en periodos de hasta 30 min. La caracterización de estos popotes reveló que el porcentaje de grenetina en la formulación modifica la solubilización, absorción de agua, dureza y principalmente la textura, ya que afecta el grado de aceptación del consumidor.

Derivado de las pruebas mecánicas realizadas a popotes durante vida de anaquel se observó que al tener el popote en condiciones de humedad relativa de 90 % y temperaturas mayores a 30 °C se ven comprometidas las propiedades mecánicas y microbiológicas, viéndose disminuida la dureza, aumenta la flexibilidad y probabilidad de desarrollo microbiológico en comparación con sitios con humedad relativa menor al 30 %, esto debido a la presencia de almidón y plastificante que al ser sometidos a altas temperaturas son propensos a absorber humedad y hacer el polímero más flexible, viéndose afectadas las características físicas del popote. Es necesario modificar la formulación para poder en un futuro brindar un bioplástico que tenga características físicas. Mecánicas, microbiológicas y sensoriales que sea aceptado y compita con los existentes en el mercado.

## REFERENCIAS

- Alfonso, N. (2020). Propuesta de negocio para la elaboración de pitillos biodegradables Dilu – Biocofe en la ciudad de Funza. In Universidad Católica de Colombia. (Vol. 68, Issue <http://dx.doi.org/10.1016/j.ndteint.2014.07.001> <https://doi.org/10.1016/j.ndteint.2017.12.003> <http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2017.02.024>
- American Society for Testing and Materials. (2018) Standard Test Method for Water Absorption of Plastics ASTM D-570-98. <http://file.yizimg.com/175706/2011090909475715.pdf>.
- ANIPAC (2017). ANIPAC aboga por el buen uso de los popotes. Disponible en <https://www.pt-mexico.com/noticias/post/anipac-aboga-por-compromiso-en-el-buen-uso-de-los-popotes>. (Consultado 22-febrero-2022)
- Andreuccetti, C., Carvalho, R. A., Galicia-García, T., Martínez-Bustos, F., & Grosso, C. R. F. (2011). Effect of surfactants on the functional properties of gelatin-based edible films. *Journal of Food Engineering*, 103(2), 129–136. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.10.007>
- Antonio, F., Auccahuasi, S., Huamán, C., Chipa, H. P., Elizabeth, M., & Chacón, C. (2020). Biodegradability of bioplastics made from *Mangifera indica* and *Musa paradisiaca* peels. *Centro Agrícola*, 47(4), 22–31.
- Arrieta, Á., Durango, L., & Arizal, E. (2018). Estudio de las propiedades absorbentes de un biopolímero a base de almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Espacios*, 39(53), 15.
- Báez, E., Lara, Y., García, & Carmen, M. del. (2015). Pre-factibilidad del proyecto de exportación de Popotes de bambú a la UE.
- Bátori, V., Jabbari, M., Åkesson, D., Lennartsson, P. R., Taherzadeh, M. J., & Zamani, A. (2017). Production of Pectin-Cellulose Biofilms: A New Approach for Citrus Waste Recycling. *International Journal of Polymer Science*, 2017, 10. <https://doi.org/10.1155/2017/9732329>
- BeMiller, J., & Whistler, R. (2009). *Starch: Chemistry and Technology* (B. James & R. Whistler (eds.); 3<sup>rd</sup> ed.). Food Science and Technology, International Series.
- Carbajal, L. D. (2018). Calidad Sanitaria De Jugos Elaborados A Base De Naranja (*Citrus Sinensis* L) En Los Principales Mercados De La Localidad De Toluca. In Universidad Autónoma del Estado de México. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/94830/IMPRESIÓN+DE+TESIS+JUGOS+final.pdf;jsessionid=EEBEBBC037D86E90C25E7F61A90A97D31?sequence=1>
- Caro-Hernández, P. A., & Tobar, J. A. (2019). Análisis microbiológico de superficies en

contacto con alimentos. *Entramado*, 16(1), 240–249. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.6126>

Carrillo Inungaray, M. L., & Reyes Munguía, A. (2014). Vida útil de los alimentos / Lifetime food. *CIBA Revista Iberoamericana de Las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 2(3), 32. <https://doi.org/10.23913/ciba.v2i3.20>

Castellanos, J. (2010). Determinación de propiedades fisicoquímicas y características microbiológicas en muestras de materias primas y productos elaborados por industrias del maíz, C.A (Indelma) [Universidad de los Andes]. In Universidad De Los Andes. [https://www.defensoria.gob.sv/images/stories/consumidor/estudios/estudios de calidad.pdf](https://www.defensoria.gob.sv/images/stories/consumidor/estudios/estudios_de_calidad.pdf)

Cerón, A. R. (2013). El problema de la hidrofiliidad en materiles plásticos derivados de almidón. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial Edición Especial*, 2(2), 41–48.

Chariguamán ., J. A., Ruano, J., & Cardona, J. (2015). Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (*Passiflora edulis* spp.). <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4560/1/AGI-2015-014.pdf>

CONADESUCA. (2016). *Fabricación De Azúcar a Partir De Caña De Plásticos Degradables*.

Contreras Mendoza, O. A. (2017). Programa Intermunicipal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos para la Región II, Estado de México. [http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/67520/UAEM-FaPURPrograma Intermunicipal para la Prevención y Gest.pdf;jsessionid=F7EAFB08E353706D7DCFB0B80DAEEBFB?sequence=1](http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/67520/UAEM-FaPURPrograma%20Intermunicipal%20para%20la%20Prevenci%C3%B3n%20y%20Gest.pdf;jsessionid=F7EAFB08E353706D7DCFB0B80DAEEBFB?sequence=1)

Cova, A., Sandoval, A. J., Balsamo, V., & Müller, A. J. (2010). The effect of hydrophobic modifications on the adsorption isotherms of cassava starch. *Carbohydrate Polymers*, 81(3), 660–667. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.03.028>

Díaz, T. (2016). Desarrollo de un producto de yogurt bebible a base de leche de soya con sabor cereza. <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>

Domínguez-Soberanes, J., Berger, P., Hernández-Lozano, L. C., Ortega-Fraustro, D., Macías-Ochoa, M. F., & Cachutt-Alvarado, C. (2022). Bioplastic made of orange peels. *Dyna (Spain)*, 97(2), 203–209. <https://doi.org/10.6036/10212>

Duneska, C. (2013). Comparación de la escala hedónica de nueve puntos con la escala hedónica general de magnitud (gLMS) utilizada por personas de dos regiones de América Latina. 7–19. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1832/1/AGI-2013-T009.pdf>

- Escobar, D., Márquez, R., Repiso, L., Sala, A., & Silvera, C. (2009). Comparación de glicerol y sorbitol como plastificantes en películas comestibles utilizando aislado de proteínas de suero lácteo (WPI). In Universidad Católica de Uruguay Dámaso Ant3nio Larrañaga.
- Estrada-Garcia, Israel, Hernandez-Austria, Edgar, Tagle-Reyes, & Lagunes-Francisca, A. &. (2015). Revista de Tecnología e Innovación Determinación de vida de anaquel en confitados. Junio, 2(3), 392–400. [www.ecorfan.org/bolivia](http://www.ecorfan.org/bolivia)
- Gibson Medina, M. (2017). Evaluacion y proyeccion financiera para determinar la viabilidad y rentabilidad de una empresa dedicada a la producción de empaques biodegradables. 1–122. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/14865/Tesis.pdf?sequence=1>
- Giraldo, G. G. I. (2018). Métodos de estudio de la vida de anaquel de los alimentos. In Universidad Nacional de Colombia. [https://issuu.com/nellydiaz3/docs/material\\_esteril.vida\\_de\\_anaquel](https://issuu.com/nellydiaz3/docs/material_esteril.vida_de_anaquel)
- González, M. (2017). Propiedades químicas y físicas de polímeros. E.T.S.I.A. Universidad Politécnica de Madrid.
- Guerra, J., Garay, R., Cornejo, E., & Medina, M. (2012). Producción de biogás a nivel laboratorio, utilizando residuos agroindustriales (Torta de piñon, cáscara de arroz y rumen de ganado vacuno) en la E.E.A. El Porvenir - Distrito de Juan Guerra. Universidad Nacional de San Martín, 50–61. <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/UNSM/2272>
- Hazrol, M. D., Sapuan, S. M., Zainudin, E. S., Zuhri, M. Y. M., & Wahab, N. I. A. (2021). Corn starch (*Zea mays*) biopolymer plastic reaction in combination with sorbitol and glycerol. *Polymers*, 13(2), 1–22. <https://doi.org/10.3390/polym13020242>
- Hernández Tomas, K. (2013<sup>a</sup>). Biodegradación De Envases Elaborados a Base De Fécula De Maíz, Papa, Caña De Azúcar, Papel Y Oxo-Biodegradables.
- Hernández Tomas, K. (2013<sup>b</sup>). Biodegradación De Envases Elaborados a Base De Fécula De Maíz, Papa, Caña De Azúcar, Papel Y Oxo-Biodegradables. Universidad Autónoma de México.
- Infanz3n, A., Cabrera, D., & Santiago, R. (2017). Plásticos biodegradables: Derivados a favor del tratamiento de nuestro entorno vital. <https://doi.org/10.18356/f4ca5e90-es>
- Jiménez Muñoz, E. (2017). Obtención de la pulpa de celulosa a partir de residuos de agavaceas: potencial elaboración de papel tipo artesanal. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería Área Académica de Química.
- Lama, J. A. (2018). Elaboración de bioplástico aprovechando la pectina presente en la cascara de naranja valencia (*Citrus × sinensis*) reforzado con almid3n de yuca a nivel

de laboratorio – UCV sede Lima Norte 2018.

- Lefevre, R. (2014). Propiedades Mecánicas. In Universidad Nacional de Rosario.
- Lomonte Vigliotti, B. (2007). Manual de Métodos Inmunológicos. In Métodos Inmunológicos (Vol. 4). [http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/9244/2007\\_Manual\\_Metodos\\_Inmunologicos\\_completo\\_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/9244/2007_Manual_Metodos_Inmunologicos_completo_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- López, A., & Paniagua, I. (2019). Bioplástico a base de cascaras de mango. Universidad Autónoma de México.
- López Araiza Valencia, M. H. (2020). Contaminación Plástica En Las Playas De Yucatán Y Percepción De Los Usuarios.
- López, V. (2014). Fortificación de cáscara de naranja (*C. sinensis* var Valencia) por impregnación con miel. In Universidad Veracruzana. Maestría en ciencias alimentarias. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46746/LopezHernandezVeronica.pdf;jsessionid=65EB38B46D304394DEB5E66E2AC99E35?sequence=2>
- Martínez, E., Navarro, A., Vera, O., & Avila, R. (2017). Caracterización Fisicoquímica de desechos de naranja (*Citrus Sinensis*) y lechuga (*Lactuca Sativa*). *Revista de Energía Química y Física*, 4(10), 49–56.
- Mayhuire, E. A., Cuadros Huamaní, Y., Zanardi, L. M., & Medina De Miranda, E. (2019). Biopelículas producidas con cáscara de naranja y reforzadas con celulosa bacteriana. *Rev Soc Quím Perú*, 85(2), 231–241.
- Mejías, Nilda, Orozco, E., & Galáan, H. (2016). Aprovechamiento de los residuos agroindustriales y su contribución al desarrollo sostenible de México. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(6), 27–41.
- Mejías, Nildia, Orozco, E., & Galáan, N. (2016). Aprovechamiento de los residuos agroindustriales y su contribución al desarrollo sostenible de México. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2, 1–10.
- Meléndez, A. (2005). Estudio de los Carotenoides y del Color en Zumos de Naranja. (Vol. 19, Issue 9).
- Melendrez, K. S. S. (2021). Elaboración y caracterización de una película biodegradable utilizando cáscara de naranja. 44. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/7011/1/AGI-2021-T045.pdf>
- Moncayo Luján, M. del R., Reyes Munguía, A., & Carrillo Inungaray, M. L. (2018). Aprovechamiento De Subproductos Agronómicos. *Revista Académica de Investigación TLATEMOANI*, 29, 115–127. <http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/index.html>

- Ojeda Gamboa, E. (2015). Estudio teórico de polímeros biodegradables sustituyentes de polímeros sintéticos para un mejor ecosistema.
- Olavarrieta García, Ta. (2017). Abundancia de microplásticos en la Bahía de La Paz y niveles de ftalatos en el Rorcual Común (*Balaenoptera physalus*).
- Ortega, F., Versino, F., López, O. V., & García, M. A. (2021). Biobased composites from agro-industrial wastes and by-products. *Emergent Materials*, 873–921. <https://doi.org/10.1007/s42247-021-00319-x>
- Ortiz, R. M. A. (2019). Evaluación de un bioplástico de almidón de semillas de mango (*mangifera indica*) con aplicación potencial en envases. In *Repositorio Institucional Universidad El Bosque*. <https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/2106>
- Osorio, Á. A. (2019). Pruebas de análisis sensorial para el desarrollo de productos de cereales infantiles en Venezuela. *Publicaciones En Ciencias y Tecnología*, 13(2019), 27–37. <http://doi.org/10.13140/RG.2.2.21791.51361>
- Palma-Rodríguez, H., Salgado-Delgado, R., Páramo-Calderón, D., Vargas-Torres, A., & Meza-Nieto, M. (2017). Caracterización parcial de películas biodegradables elaboradas con almidón de plátano y proteínas séricas de la leche. *Acta Universitaria*, 27(1), 26–33. <https://doi.org/10.15174/au.2017.1215>
- Pereyra, L. C. (Instituto T. de T. G. (2019). Optimización y estandarización de una tecnología para la elaboración de banderillas de tamarindo (*Tamarindus indica*) sabor azucaradas. Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutierrez.
- Ponce, B., Vidal, I., Maldonado, Y., Hernández, J., Flores, V., Arámbula, G., & Salazar, R. (2021). Efecto de la adición de subproductos agroindustriales en las propiedades físicas de un bioplástico almidón - gelatina. *Biotecnia*, III, 52–61. <http://biotecnia.unison.mx>
- Ramos, M., Cadenas, M. T., López, G., Avelino, G., Cerda, A., Castañeda, C., & Valencia, J. J. (2020). Biopelículas a base de pectina de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*): Caracterización física, química y estructural. *Agroindustrial Science*, 10(1), 71–77. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/2854>
- Reichenbach, A., Bringmann, A., Reader, E. E., Pournaras, C. J., Rungger-Brändle, E., Riva, C. E., Hardarson, S. H., Stefansson, E., Yard, W. N., Newman, E. A., & Holmes, D. (2019). Obtención de un Bioplástico a partir de Almidón. In *Progress in Retinal and Eye Research* (Vol. 561, Issue 3). Universidad de América.
- REYMA. (s.f.). Popotes de plástico. [https://www.scribbr.es/normas-apa/ejemplos/pagina-web/#:~:text=%C2%BFC%C3%B3mo%20se%20cita%20en%20el,Worland%20%26%20Williams%2C%202015\).](https://www.scribbr.es/normas-apa/ejemplos/pagina-web/#:~:text=%C2%BFC%C3%B3mo%20se%20cita%20en%20el,Worland%20%26%20Williams%2C%202015).)
- Riera, M. A., & Palma, R. R. (2018). Obtención de bioplásticos a partir de desechos

- agrícolas. Una revisión de las potencialidades en Ecuador. *Avances En Química*, 13(3), 69–78. [www.saber.ula.ve/avancesenquimica](http://www.saber.ula.ve/avancesenquimica)AvancesenQuímica,13
- Rocha, P. M. (2019). Aplicación de técnicas estadísticas al análisis sensorial inteligente. 86. [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwivrOL20fX2AhXIX4UKHZx8BFcQFnoECAIQAQ&url=http%3a%2F%2Foi.usc.es%2Fpub%2Fmte%2Fdescargas%2FProyectosFinMaster%2FProyecto\\_1673%2Fpdf&usg=AOvVaw1PwwpLkkOUT4pVljdU9V--](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwivrOL20fX2AhXIX4UKHZx8BFcQFnoECAIQAQ&url=http%3a%2F%2Foi.usc.es%2Fpub%2Fmte%2Fdescargas%2FProyectosFinMaster%2FProyecto_1673%2Fpdf&usg=AOvVaw1PwwpLkkOUT4pVljdU9V--)
- Rodríguez, E., Lascano, A., & Sandoval, G. (2012). Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinoa y papa en las propiedades termomecánicas y de panificación de masas. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 15(1), 199–207. <https://doi.org/10.31910/rudca.v15.n1.2012.817>
- Rodríguez, F. (2022). Síntesis y análisis del proceso de obtención de un bioplástico a partir de almidón de chirivía (*Pastinaca Sativa*) para el uso de embalaje de alimentos.
- Roth, A. G. (2019). Elasticidad. In *Introdução ao Estudo da Teoria da Relatividade: Origem e Evolução das Ideias sobre a Relatividade I* (pp. 39–42). <https://doi.org/10.5151/9788580393125-03>
- Salinas, H. R. M., Pirovani, M. É., Gardea, B. A. A., & González, A. G. A. (2010). Cambios fisicoquímicos y sensoriales limitantes de la vida de anaquel. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(3), 215–223. <https://doi.org/10.35196/rfm.2010.3.215>
- Sánchez C., M. C., Vergara U., V., Polo N., L. D., & Álvarez A, A. (2017). Primer acercamiento del estudiante de Microbiología a las técnicas de recuento en superficie, profundidad y cámara De Neubauer. *Mente Joven*, 6, 87–95. [https://doi.org/10.18041/2323-0312/mente\\_joven.0.2017.3672](https://doi.org/10.18041/2323-0312/mente_joven.0.2017.3672)
- Sánchez, E. P. (2018). Aplicación móvil para el conteo automático e identificación preliminar de colonias de bacterias mediante reconocimiento de patrones.
- Santiago, M. (2015). Elaboración y caracterización de películas biodegradables obtenidas con almidón nanoestructurado. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46809/SantiagoSantiagoMaricela.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Secretaría del Medio Ambiente. (2012). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. <https://doi.org/10.1001/jama.1978.03280340064027>
- Segreste, F. A., & Vázquez, G. B. (2018). Desarrollo de Plan de Negocios para la Comercialización de Popotes Biodegradables/Comestibles en San Andrés Cholula, Puebla. Universidad Iberoamericana Puebla.
- Shafqat, A., Al-Zaqri, N., Tahir, A., & Alsalmeh, A. (2021). Synthesis and characterization of starch based bioplastics using varying plant-based ingredients, plasticizers and

- natural fillers. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(3), 1739–1749. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.12.015>
- Sierra, A., Solano, F., & Valderrama, J. (2016). Elaboración de bioplástico a partir del almidón presente en papas. Instituto Mexicano Madero Plantel Zavaleta, Puebla, 2008, 1. [https://dspace.umad.edu.mx/bitstream/handle/11670/264/10\\_Secundaria\\_Elaboracion-de-bioplastico-a-partir-del-almidon-presente-en-papas\\_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.umad.edu.mx/bitstream/handle/11670/264/10_Secundaria_Elaboracion-de-bioplastico-a-partir-del-almidon-presente-en-papas_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Smith, R. (2005). Biodegradable polymers for industrial applications. In R. Smith (Ed.), *Green Polymeric Materials: Advances and Sustainable Development*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge England.
- Talens-Oliag, P. (2017). Caracterización de las propiedades mecánicas de alimentos mediante análisis de perfil de textura. In Universitat Politècnica de València. <https://riunet.upv.es/handle/10251/83513>
- Tello González, J. (2017<sup>a</sup>). Estudio de las propiedades mecánicas de bioplástico que contiene ácido poliláctico mediante pruebas de intemperismo.
- Tello González, J. (2017<sup>b</sup>). Estudio de las propiedades mecánicas de bioplástico que contiene ácido poliláctico mediante pruebas de intemperismo. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Terrazas-Hernández, J. A., Rodríguez-Hernández, A. I., Berrios, J. J., Iman, S. H., Glenn, G. M., & Vargas-Torres, A. (2015). Efecto de la temperatura y la humedad relativa en películas biodegradables elaboradas a base de almidón de la raíz tuberosa de la planta del chayote (*Sechium edule* Sw), con adición de celulosa o nanopartículas de celulosa. *Boletín de Ciencias Agropecuarias Del ICAP*, 1(2). <https://doi.org/10.29057/icap.v1i2.985>
- Valdez, I., Acevedo, J., & Hernández, C. (2010). Distribution and potential of bioenergy resources from agricultural activities in Mexico. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(7), 2147–2153. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.03.034>
- Vazquez Morillas, A., Espinosa Valdemar, R., Beltrán Villavicencio, M., & Velazco Pérez, M. (2016). Bioplásticos y plásticos degradables. ResearchGate, May, 11. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1294.4241>
- Vera Enríquez, H. C. (2018). Evaluación Sensorial (Vol. 1, Issue Mexico D.F.). [https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/14592/HAYDEE\\_VERA\\_INFORME\\_FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/14592/HAYDEE_VERA_INFORME_FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Vito, J. J. (2013). Determinación de la vida útil mediante pruebas aceleradas de un producto extruido enriquecido con concentrado proteico de papa.
- Zambrano, R. (2016). Conservación de zumo de naranja (*Citrus sinensis*) utilizando dosis de miel de abeja y canela como conservante natural.

## TABLAS

**Tabla 1.** Comparación del Índice de absorción y solubilidad de agua entre muestras.

**Table 1.** Comparison of the absorption index and water solubility between samples.

Tratamientos	T (min)	Índice de Absorción	Índice de Solubilidad
		de Agua (X±DE)	en Agua (X±DE)
Popote de bioplástico %	15	13.85 ± 1.34 a	22.43 ± 1.04 c
	30	56.46 ± 1.98c	29.29 ± 1.22d
	60	81.37 ± 1.23f	32.49 ± 0.84e
Popote de Papel %	15	47.04 ± 0.98b	13.21 ± 0.36 a
	30	62.98 ± 2.03d	18.15 ± 0.93b
	60	75.82 ± 0.54e	24.97 ± 0.89c

Nota: Variables con diferente letra (a, b, c, d, e, f) indica que existieron diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ) mediante la comparación de medias DMS ( $p \leq 0.05$ ). X±DE, media más menos desviación estándar.

**Tabla 2.** Variables de textura en vida de anaquel.

**Table 2.** Texture variables in shelf life.

Tratamientos	Tiempo	Dureza (N)	Elasticidad (mm)
	(días)	(X±DE)	(X±DE)
Popote de bioplástico	15	41.18 ±0.04c	0.90 ±1.34b
	30	29.54 ±0.84b	0.91 ±1.98b
	45	23.56 ±0.89b	0.93 ±1.23b

	<b>15</b>	15.59 ±0.36a	0.67 ±0.98a
<b>Popote de Papel</b>	<b>30</b>	15.55 ±0.93a	0.68 ±0.97a
	<b>45</b>	15.57 ±0.89a	0.68 ±0.89a

---

Nota: Variables con diferente letra (a, b, c) indican que existieron diferencias estadísticamente significativas mediante la comparación de medias DMS ( $p \leq 0.05$ ).  $X \pm DE$ , media más menos desviación estándar.

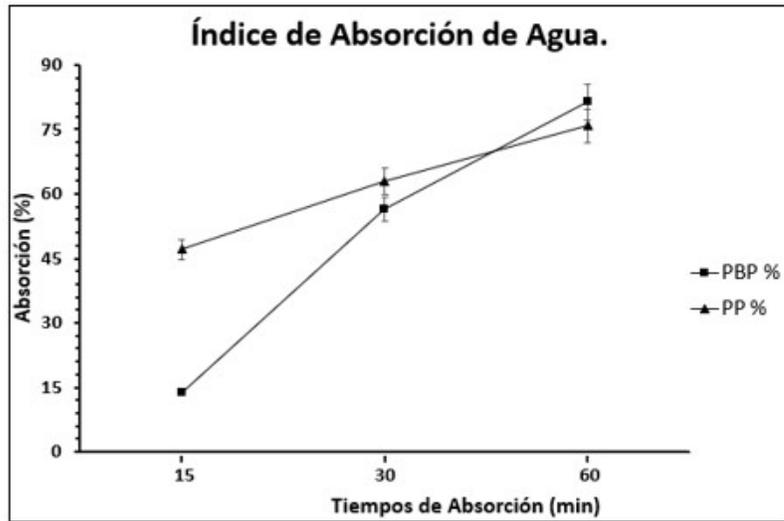
**Tabla 3.** Resultados del Análisis microbiológico en vida de anaquel para el popote de bioplástico.

**Table 3.** Results of the microbiological analysis in shelf life for the bioplastic straw.

<b>Tiempo</b>	<b>Hongos</b>	<b>Levaduras</b>	<b>Coliformes</b>
<b>días</b>	<b>(mL)</b>	<b>(mL)</b>	<b>Totales (mL)</b>
15	22 x10 <sup>-2</sup>	A	A
30	28 x10 <sup>-2</sup>	A	A
45	25 x10 <sup>-2</sup>	A	A

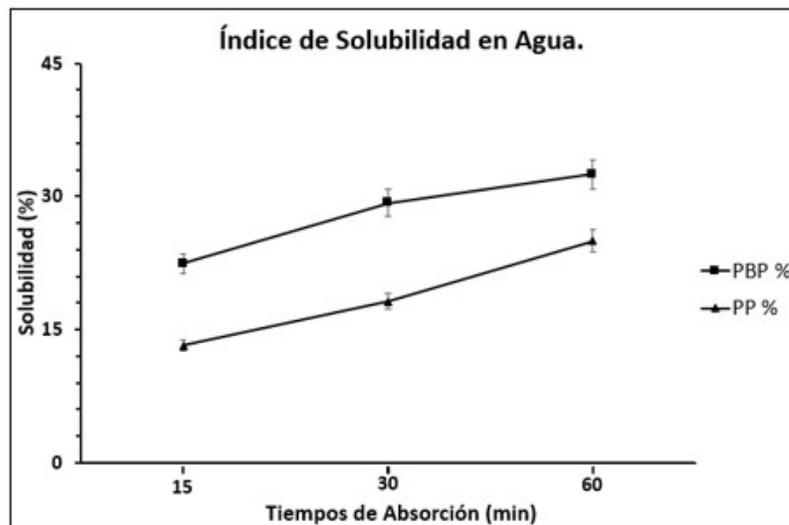
A: Ausente

## FIGURAS



**Figura 1.** Índice de absorción de agua de las muestras entre los tiempos establecidos.

**Figure 1.** Water absorption index of the samples between the established times.



**Figura 2.** Índice de solubilidad en agua de las muestras entre los tiempos establecidos.

**Figure 2.** Water solubility index of the samples between the established times.

## VIII. CONCLUSIONES.

Este estudio exploró de manera exitosa el potencial, los beneficios y desventajas de la incorporación de cáscara de naranja en el desarrollo de un bioplástico biodegradable a nivel laboratorio, donde se logró:

- Obtener un bioplástico que cuenta con las características óptimas a partir de residuos de cáscara de naranja.
- Moldear popotes con el bioplástico obtenido, de 18 cm de largo, 1 mm de ancho (paredes del popote) y 1 cm de diámetro, parecidos a un popote de papel.
- Se determinó el tiempo de rendimiento óptimo del popote (30 min) antes de comenzar a cambiar su estructura derivado de las interacciones de componentes en la formulación con agua o alguna bebida.
- Se evaluó la dureza y elasticidad con la finalidad de demostrar que el bioplástico al moldearse en forma de popote, en conjunto poseen las propiedades necesarias y características físicas para el momento de ingerir una bebida.
- Se evaluó el nivel de aceptación de los popotes por parte de consumidores potenciales, de acuerdo con su funcionalidad, color, olor y textura, por medio de los sentidos vista, olfato, tacto y gusto; sentidos que interactúan para emitir un juicio sobre el producto.

- El nivel de aceptación del producto fue mayor al 80 %, indicó que puede en un futuro ser una alternativa sustentable ante los popotes de plástico convencionales.
- Se identificó, que las características menos favorables de los popotes fueron la textura y la firmeza que se perdía con el paso del tiempo al estar el producto sumergido en agua.

## IX. SUGERENCIAS

- Una de las propiedades a mejorar en el popote es la textura al tacto, debido a que la presencia de partículas de cáscara de naranja generó desagrado, por lo que se recomienda usar un tamaño de partículas menor a 230  $\mu\text{m}$  (harina) para proporcionar una sensación al tacto favorable al producto.
- Disminuir el porcentaje de almidón y aumentar la cáscara de naranja para conservar la dureza y disminuir la hidrofobicidad.
- Es necesario realizar pruebas adicionando almidón modificado cuya principal función es disminuir la hidrofobicidad, ver la viabilidad y analizar los resultados que este proporciona al popote.
- En condiciones de humedad relativa menores al 30 % el popote presenta buenas características físicas (dureza) para competir con un popote de plástico normal.
- Es importante indagar en nuevas formas de moldeo del popote en laboratorio, como vaciado en molde para agilizar la producción de estos.
- Realizar análisis de biodegradabilidad para identificar con más exactitud el tiempo en el que este se integra al ambiente después de ser desechado.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

- AIMPLAS. (2020). ¿Qué son los bioplásticos? <https://www.aimplas.es/blog/que-se-entiende-por-bioplasticos/#:~:text=Los%20biopl%C3%A1sticos%20son%20materiales%20pl%C3%A1sticos,de%20fuentes%20f%C3%B3siles%20o%20no>
- Alegría, A. (9 de febrero de 2019). Popotes: industria informal, verdadero riesgo. LA JORNADA. [https://normas-apa.org/referencias/citar-periodicos/#google\\_vignette](https://normas-apa.org/referencias/citar-periodicos/#google_vignette).
- American Society for Testing and Materials. (2018) Standard Test Method for Water Absorption of Plastics ASTM D-570-98. <http://file.yizimg.com/175706/2011090909475715.pdf>.
- Asociación Española de Normalización (2017). Guía general para la realización de pruebas hedónicas con consumidores en una zona controlada (ISO 11136:2014). (Consultado 25 septiembre 2022). Disponible en: [file:///C:/Users/veroz/Downloads/\(EX\)UNE-EN\\_ISO\\_11136=2017%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/veroz/Downloads/(EX)UNE-EN_ISO_11136=2017%20(2).pdf)
- ASTM D-570-98. American Society for Testing and Materials. (2018) Standard Test Method for Water Absorption of Plastics. <http://file.yizimg.com/175706/2011090909475715.pdf>.
- Andreuccetti, C., Carvalho, R. A., Galicia-García, T., Martínez-Bustos, F., & Grosso, C. R. F. (2011). Effect of surfactants on the functional properties of gelatin-based edible films. *Journal of Food Engineering*, 103(2), 129–136. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.10.007>
- Antonio, F., Aucahuasi, S., Huamán, C., Chipa, H. P., Elizabeth, M., & Chacón, C. (2020). Biodegradability of bioplastics made from *Mangifera indica* and *Musa paradisiaca* peels. *Centro Agrícola*, 47(4), 22–31.
- Arrieta, Á., Durango, L., & Arizal, E. (2018). Estudio de las propiedades absorbentes de un biopolímero a base de almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Espacios*, 39(53), 15.
- Báez, E., Lara, Y., García, & Carmen, M. del. (2015). Pre-factibilidad del proyecto de exportación de popotes de bambú a la UE. Universidad Veracruzana. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46605/BaezHernandezElizabeth.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Bátori, V., Jabbari, M., Åkesson, D., Lennartsson, P. R., Taherzadeh, M. J., & Zamani, A. (2017). Production of pectin-cellulose biofilms: A new approach



<https://www.defensoria.gob.sv/images/stories/consumidor/estudios/estudios de calidad.pdf>

- Cerón, A. R. (2013). El problema de la hidrofiliidad en materiles plásticos derivados de almidón. *Bioteconología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial Edición Especial*, 2(2), 41–48.
- CIATEJ. (2021). Revalorización de residuos agroindustriales. Caso Jalisco. <https://ciatej.mx/el-ciatej/comunicacion/Noticias/Revalorizacion-de-residuos-agroindustriales--Caso-Jalisco/194>
- Colusi, L. & Hedrera, M. (2019). Bioplásticos. <https://www.educ.ar/recursos/fullscreen/show/26019#:~:text=Un%20biopl%C3%A1stico%20es%20un%20pl%C3%A1stico,el%20almid%C3%B3n%20o%20la%20celulosa>.
- Contreras Mendoza, O. A. (2017). Programa Intermunicipal para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos para la Región II, Estado de México. [http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/67520/UAEM-FaPURPrograma Intermunicipal para la Prevención y Gest.pdf;jsessionid=F7EAFB08E353706D7DCFB0B80DAEEBFB?sequence=1](http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/67520/UAEM-FaPURPrograma%20Intermunicipal%20para%20la%20Prevenci%C3%B3n%20y%20Gest.pdf;jsessionid=F7EAFB08E353706D7DCFB0B80DAEEBFB?sequence=1)
- CONADESUCA. (2016). Fabricación De Azúcar a Partir De Caña De Plásticos Degradables.
- Contreras Mendoza, O. A. (2017). Programa Intermunicipal para la Prevención y Gestión integral de los residuos sólidos urbanos para la región II, Estado de México. [http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/67520/UAEM-FaPURPrograma Intermunicipal para la Prevención y Gest.pdf;jsessionid=F7EAFB08E353706D7DCFB0B80DAEEBFB?sequence=1](http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/67520/UAEM-FaPURPrograma%20Intermunicipal%20para%20la%20Prevenci%C3%B3n%20y%20Gest.pdf;jsessionid=F7EAFB08E353706D7DCFB0B80DAEEBFB?sequence=1)
- Chariguamán ., J. A., Ruano, J., & Cardona, J. (2015). Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (*Passiflora edulis* spp.). <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4560/1/AGI-2015-014.pdf>
- Cova, A., Sandoval, A. J., Balsamo, V., & Müller, A. J. (2010). The effect of hydrophobic modifications on the adsorption isotherms of cassava starch. *Carbohydrate Polymers*, 81(3), 660–667. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.03.028>
- Detzel, A., Kauertz, B., & Derreza, C. (2013). Study of the Environmental Impacts of Packagings Made of Biodegradable Plastics. <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/461/publikat>

ionen/4446.pdf

- Díaz, T. (2016). Desarrollo de un producto de yogurt bebible a base de leche de soya con sabor cereza. <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>
- Domínguez, G. (2019). Los biodegradables, una posible solución a la acumulación de residuos plásticos en México. <https://www.portalambiental.com.mx/residuos/20190713/los-biodegradables-una-posible-solucion-a-la-acumulacion-de-residuos-plasticos-en>.
- Domínguez-Soberanes, J., Berger, P., Hernández-Lozano, L. C., Ortega-Fraustro, D., Macías-Ochoa, M. F., & Cachutt-Alvarado, C. (2022). Bioplastic made of orange peels. *Dyna (Spain)*, 97(2), 203–209. <https://doi.org/10.6036/10212>
- Duneska, C. (2013). Comparación de la escala hedónica de nueve puntos con la escala hedónica general de magnitud (gLMS) utilizada por personas de dos regiones de América Latina. 7–19. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1832/1/AGI-2013-T009.pdf>
- Escobar, D., Márquez, R., Repiso, L., Sala, A., & Silvera, C. (2009). Comparación de glicerol y sorbitol como plastificantes en películas comestibles utilizando aislado de proteínas de suero lácteo (WPI). In Universidad Católica de Uruguay Dámaso António Larrañaga.
- Estrada-García, Israel, Hernández-Austria, Edgar, Tagle-Reyes, & Lagunes-Francisca, A. &. (2015). Revista de Tecnología e Innovación Determinación de vida de anaquel en confitados. Junio, 2(3), 392–400. [www.ecorfan.org/bolivia](http://www.ecorfan.org/bolivia)
- Gibson Medina, M. (2017). Evaluación y proyección financiera para determinar la viabilidad y rentabilidad de una empresa dedicada a la producción de empaques biodegradables. 1–122. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/14865/Tesis.pdf?sequence=1>
- Giraldo, G. G. I. (2018). Métodos de estudio de la vida de anaquel de los alimentos. In Universidad Nacional de Colombia. [https://issuu.com/nellydiaz3/docs/material\\_esteril.vida\\_de\\_anaquel](https://issuu.com/nellydiaz3/docs/material_esteril.vida_de_anaquel)
- González, M. (2017). Propiedades químicas y físicas de polímeros. Tesis de licenciatura. E.T.S.I.A. Universidad Politécnica de Madrid.

<https://www.buenastareas.com/ensayos/Propiedades-Qu%C3%ADmicas-y-F%C3%ADsicas-De-Pol%C3%ADmeros/7083460.html>

Guerra, J., Garay, R., Cornejo, E., & Medina, M. (2012). Producción de biogás a nivel laboratorio, utilizando residuos agroindustriales (Torta de piñon, cáscara de arroz y rumen de ganado vacuno) en la E.E.A. El Porvenir - Distrito de Juan Guerra. Universidad Nacional de San Martín, 50–61. <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/UNSM/2272>

Guía Técnica para Análisis Microbiológicos en Superficies en contacto con Alimentos y Bebidas. (2007). Consultado 8 de noviembre 2022). Disponible en

[https://www.sanipes.gob.pe/normativas/8\\_RM\\_461\\_2007\\_SUPERFICIES.p](https://www.sanipes.gob.pe/normativas/8_RM_461_2007_SUPERFICIES.p)

Granados, (2021). Aplicaciones de los biopolímeros en la fabricación de empaques para alimentos. Pontifica Universidad Católica de Perú. [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/21314/GRANADOS\\_REGALADO\\_JAHAIRA\\_PILAR\\_APLICACIONES\\_BIOPOLIMEROS\\_FABRICACION.pdf?sequence=1](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/21314/GRANADOS_REGALADO_JAHAIRA_PILAR_APLICACIONES_BIOPOLIMEROS_FABRICACION.pdf?sequence=1)

Hazrol, M. D., Sapuan, S. M., Zainudin, E. S., Zuhri, M. Y. M., & Wahab, N. I. A. (2021). Corn starch (*Zea mays*) biopolymer plastic reaction in combination with sorbitol and glycerol. *Polymers*, 13(2), 1–22. <https://doi.org/10.3390/polym13020242>

Hernández Tomas, K. (2013a). Biodegradación De Envases Elaborados a Base De Fécula De Maíz, Papa, Caña De Azúcar, Papel Y Oxo-Biodegradables.

Hernández Tomas, K. (2013b). Biodegradación De Envases Elaborados a Base De Fécula De Maíz, Papa, Caña De Azúcar, Papel Y Oxo-Biodegradables. Universidad Autónoma de México.

Hernández, J. (2017) Plástico industria incluyente, actualidad y futuro. Asociación Nacional de Industrias del Plástico, A.C. ANIPAC. <http://ejkrause.com.mx/camp17-plm/bitacora/plm8JuanAntonioHernandez.pdf>

Infanzón, A., Cabrera, D., & Santiago, R. (2017). Plásticos biodegradables: Derivados a favor del tratamiento de nuestro entorno vital. <https://doi.org/10.18356/f4ca5e90-es>

Jiménez Muñoz, E. (2017). Obtención de la pulpa de celulosa a partir de residuos de agavaceas: potencial elaboración de papel tipo artesanal. Instituto de

Ciencias Básicas e Ingeniería Aérea Académica de Química.

- Lama, J. A. (2018). Elaboración de bioplástico aprovechando la pectina presente en la cascara de naranja valencia (*Citrus × sinensis*) reforzado con almidón de yuca a nivel de laboratorio – UCV sede Lima Norte 2018.
- Lefevre, R. (2014). Propiedades Mecánicas. In Universidad Nacional de Rosario.
- Lomonte Vigliotti, B. (2007). Manual de Métodos Inmunológicos. In Métodos Inmunológicos (Vol. 4). [http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/9244/2007\\_Manual\\_Metodos\\_Inmunologicos\\_completo\\_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/9244/2007_Manual_Metodos_Inmunologicos_completo_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- López, A., & Paniagua, I. (2019). Bioplástico a base de cascara de mango. Universidad Autónoma de México.
- López Araiza Valencia, M. H. (2020). Contaminación plástica en las playas de yucatán y percepción de los usuarios. Instituto Politécnico Nacional. [https://scholar.google.com/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=es&user=xRfzvYAAAAJ&citation\\_for\\_view=xRfzvYAAAAJ:Tyk-4Ss8FVUC](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=xRfzvYAAAAJ&citation_for_view=xRfzvYAAAAJ:Tyk-4Ss8FVUC)
- López, V. (2014). Fortificación de cáscara de naranja (*C. sinensis* var Valencia) por impregnación con miel. In Universidad Veracruzana. Maestría en Ciencias alimentarias. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46746/LopezHernandezVeronica.pdf;jsessionid=65EB38B46D304394DEB5E66E2AC99E35?sequence=2>
- Lutz, M., Morales, D., Sepulveda, S. & Alviña, M. (2018). Evaluación sensorial de preparaciones elaboradas con alimentos funcionales destinados al adulto mayor. Centro de Investigación y Desarrollo en Alimentos Funcionales, CIDAF, Facultad de Farmacia, Universidad de Valparaíso. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182008000200007](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182008000200007)
- Marful, P., (2019). Aplicación de técnicas estadísticas al análisis sensorial inteligente. Universidad de Coruña. [http://eio.usc.es/pub/mte/descargas/ProyectosFinMaster/Proyecto\\_1673.pdf](http://eio.usc.es/pub/mte/descargas/ProyectosFinMaster/Proyecto_1673.pdf)
- Martínez, E., Navarro, A., Vera, O., & Avila, R. (2017). Caracterización Físicoquímica de desechos de naranja (*Citrus Sinensis*) y lechuga (*Lactuca Sativa*). Revista de Energía Química y Física, 4(10), 49–56.

- Mayhuire, E. A., Cuadros Huamaní, Y., Zanardi, L. M., & Medina De Miranda, E. (2019). Biopelículas producidas con cáscara de naranja y reforzadas con celulosa bacteriana. *Rev Soc Quím Perú*, 85(2), 231–241.
- Mejías, Nilda, Orozco, E., & Galáan, H. (2016). Aprovechamiento de los residuos agroindustriales y su contribución al desarrollo sostenible de México. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(6), 27–41.
- Mejías, Nildia, Orozco, E., & Galáan, N. (2016). Aprovechamiento de los residuos agroindustriales y su contribución al desarrollo sostenible de México. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2, 1–10.
- Meléndez, A. (2005). Estudio de los Carotenoides y del Color en Zumos de Naranja. (Vol. 19, Issue 9).
- Melendrez, K. S. S. (2021). Elaboración y caracterización de una película biodegradable utilizando cáscara de naranja. 44. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/7011/1/AGI-2021-T045.pdf>
- Moncayo Luján, M. del R., Reyes Munguía, A., & Carrillo Inungaray, M. L. (2018). Aprovechamiento De Subproductos Agronómicos. *Revista Académica de Investigación TLATEMOANI*, 29, 115–127. <http://www.eumed.net/rev/tlatemoani/index.html>
- NAE-SEMADET-010/2019. Norma ambiental estatal, que establece criterios y especificaciones técnicas ambientales para la producción de bolsas de plástico para acarreo y popotes de un solo uso que vayan a ser distribuidas y/o comercializadas en el estado de jalisco. (Consultado 12 de septiembre 2021). Disponible en: <https://transparencia.info.jalisco.gob.mx/sites/default/files/NAE-SEMADET-010-2019.pdf>
- NOM-093-SSA1-1994. Norma Oficial Mexicana. Bienes y servicios. Prácticas de higiene y sanidad en la preparación de alimentos que se ofrecen en establecimientos fijos. (Consultado 7 agosto 2022). Disponible en: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4882432&fecha=04/10/1995#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4882432&fecha=04/10/1995#gsc.tab=0).
- NOM-110-SSA1-1994. Norma Oficial Mexicana. Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. (Consultado 20 septiembre 2022). Disponible en: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69533.pdf>

- NOM-113-SSA1-1994. Norma Oficial Mexicana. Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. (Consultado 27 octubre 2022) Disponible en: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69536.pdf>
- NOM-111-SSA1-1994. Proyecto de Norma Oficial Mexicana. Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. (Consultado 15 de agosto 2021). Disponible en: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4728921&fecha=15/08/1994#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4728921&fecha=15/08/1994#gsc.tab=0).
- NOM-112-SSA1-1994. Proyecto de Norma Oficial Mexicana. Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable. (Consultado 28 de septiembre del 2022). Disponible en: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4728925&fecha=15/08/1994#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4728925&fecha=15/08/1994#gsc.tab=0).
- NMX-E-260-CNCP-2014. (2015). Industria del Plástico – Materiales Bioplásticos (Consultado 5 octubre 2022). Disponible en: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5391337&fecha=07/05/2015#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5391337&fecha=07/05/2015#gsc.tab=0)
- NMX-E-273-CNCP-2017. Industria del plástico. Plásticos compostables- especificaciones y método de prueba. (Consultado 6 de febrero del 2022). Disponible en: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5475131&fecha=02/03/2017#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5475131&fecha=02/03/2017#gsc.tab=0)
- Ojeda Gamboa, E. (2015). Estudio teórico de polímeros biodegradables sustituyentes de polímeros sintéticos para un mejor ecosistema.
- Olavarrieta García, Ta. (2017). Abundancia de microplásticos en la Bahía de La Paz y niveles de ftalatos en el Rorcuál Común (*Balaenoptera physalus*). Maestría en Ciencias Marinas y Costeras. Universidad Autónoma de Baja California Sur. <https://biblio.uabcs.mx/tesis/te3673.pdf>
- Ortega, F., Versino, F., López, O. V., & García, M. A. (2021). Biobased composites from agro-industrial wastes and by-products. *Emergent Materials*, 873–921. <https://doi.org/10.1007/s42247-021-00319-x>
- Ortega, M. B. (2019). Elaboración de bioplástico a partir de paja y residuos de granos de arroz. [http://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/UTP/2810/1/Mariangela Ortega\\_Trabajo de investigación\\_Bachiller\\_2019.pdf%0A](http://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/UTP/2810/1/Mariangela_Ortega_Trabajo_de_investigaci3n_Bachiller_2019.pdf%0A)

- Ortiz, R. M. A. (2019). Evaluación de un bioplástico de almidón de semillas de mango (*mangifera indica*) con aplicación potencial en envases. In Repositorio Institucional Universidad El Bosque. <https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/2106>
- Osorio, Á. A. (2019). Pruebas de análisis sensorial para el desarrollo de productos de cereales infantiles en Venezuela. *Publicaciones En Ciencias y Tecnología*, 13(2019), 27–37. <http://doi.org/10.13140/RG.2.2.21791.51361>
- Palma-Rodríguez, H., Salgado-Delgado, R., Páramo-Calderón, D., Vargas-Torres, A., & Meza-Nieto, M. (2017). Caracterización parcial de películas biodegradables elaboradas con almidón de plátano y proteínas séricas de la leche. *Acta Universitaria*, 27(1), 26–33. <https://doi.org/10.15174/au.2017.1215>
- Pereyra, L. C. (Instituto T. de T. G. (2019). Optimización y estandarización de una tecnología para la elaboración de banderillas de tamarindo (*Tamarindus indica*) sabor azucaradas. Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutierrez.
- Ponce, B., Vidal, I., Maldonado, Y., Hernández, J., Flores, V., Arámbula, G., & Salazar, R. (2021). Efecto de la adición de subproductos agroindustriales en las propiedades físicas de un bioplástico almidón - gelatina. *Biotecnia*, III, 52–61. <http://biotecnia.unison.mx>
- Polyexcel. (2020). Que son los polímeros y sus principales tipos. <https://polyexcel.com.br/es/esp-industria/descubra-que-son-los-polimeros-y-sus-principales-tipos/#:~:text=Los%20pol%C3%ADmeros%20naturales%20son%20todos,el%20gluc%C3%B3geno%20y%20las%20prote%C3%ADnas.>
- Posada, E., (2022). Los Bioplásticos como Sustitutos de los Plásticos de un Solo Uso en Colombia. Corporación Universitaria Minuto de Dios. [https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/14664/1/UVDT.A\\_Posada\\_Estefany\\_2022](https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/14664/1/UVDT.A_Posada_Estefany_2022)
- Ramos, M., Cadenas, M. T., López, G., Avelino, G., Cerda, A., Castañeda, C., & Valencia, J. J. (2020). Biopelículas a base de pectina de cáscara de naranja (*Citrus sinensis*): Caracterización física, química y estructural. *Agroindustrial Science*, 10(1), 71–77. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/2854>
- Reichenbach, A., Bringmann, A., Reader, E. E., Pournaras, C. J., Rungger-Brändle, E., Riva, C. E., Hardarson, S. H., Stefansson, E., Yard, W. N., Newman, E. A., & Holmes, D. (2019). Obtención de un Bioplástico a partir de Almidón. In *Progress in Retinal and Eye Research* (Vol. 561, Issue 3). Universidad de

américa.

- Riera, M. A., & Palma, R. R. (2018). Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas. Una revisión de las potencialidades en Ecuador. *Avances En Química*, 13(3), 69–78.  
[www.saber.ula.ve/avancesenquimicaAvancesenQuímica,13](http://www.saber.ula.ve/avancesenquimicaAvancesenQuímica,13)
- Rocha, P. M. (2019). Aplicación de técnicas estadísticas al análisis sensorial inteligente. 86.  
[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwivrOL20fX2AhXIx4UKHZx8BFcQFnoECAIQAAQ&url=http%3A%2F%2Ffeio.usc.es%2Fpub%2Fmte%2Fdescargas%2FProyectosFinMaster%2FProyecto\\_1673.pdf&usg=AOvVaw1PwwpLkkOUT4pVljdU9V--](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwivrOL20fX2AhXIx4UKHZx8BFcQFnoECAIQAAQ&url=http%3A%2F%2Ffeio.usc.es%2Fpub%2Fmte%2Fdescargas%2FProyectosFinMaster%2FProyecto_1673.pdf&usg=AOvVaw1PwwpLkkOUT4pVljdU9V--)
- Rodríguez, E., Lascano, A., & Sandoval, G. (2012). Influencia de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de quinoa y papa en las propiedades termomecánicas y de panificación de masas. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 15(1), 199–207.  
<https://doi.org/10.31910/rudca.v15.n1.2012.817>
- Rodríguez, F. (2022). Síntesis y análisis del proceso de obtención de un bioplástico a partir de almidón de chirivía (*Pastinaca Sativa*) para el uso de embalaje de alimentos. *Ingeniería Química*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador.  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17760/1/96T00803.pdf>
- Roth, A. G. (2019). Elasticidad. In *Introdução ao Estudo da Teoria da Relatividade: Origem e Evolução das Ideias sobre a Relatividade I* (pp. 39–42).  
<https://doi.org/10.5151/9788580393125-03>
- Salinas, H. R. M., Pirovani, M. É., Gardea, B. A. A., & González, A. G. A. (2010). Cambios fisicoquímicos y sensoriales limitantes de la vida de anaquel. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(3), 215–223.  
<https://doi.org/10.35196/rfm.2010.3.215>
- Salgado, M. (2014). Bioplásticos productos biodegradables.  
<https://www.sabermas.umich.mx/archivo/tecnologia/14-numero-1856/285-bioplásticos-productos-biodegradables.html>
- Sánchez C., M. C., Vergara U., V., Polo N., L. D., & Álvarez A, A. (2017). Primer acercamiento del estudiante de Microbiología a las técnicas de recuento en superficie, profundidad y cámara De Neubauer. *Mente Joven*, 6, 87–95.  
[https://doi.org/10.18041/2323-0312/mente\\_joven.0.2017.3672](https://doi.org/10.18041/2323-0312/mente_joven.0.2017.3672)

- Sánchez, E. P. (2018). Aplicación móvil para el conteo automático e identificación preliminar de colonias de bacterias mediante reconocimiento de patrones.
- Santiago, M. (2015). Elaboración y caracterización de películas biodegradables obtenidas con almidón nanoestructurado. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46809/SantiagoSantiagoMaricela.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Secretaria del Medio Ambiente. (2018). Sin popote, está bien. <https://www.gob.mx/semarnat/es/articulos/sin-popote-esta-bien-157223?idiom=es>
- Secretaria del Medio Ambiente. (2012). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. <https://doi.org/10.1001/jama.1978.03280340064027>
- Secretaria del Medio Ambiente. (2018). Sin popote, está bien. <https://www.gob.mx/semarnat/es/articulos/sin-popote-esta-bien-157223?idiom=es>
- Segreste, F. A., & Vázquez, G. B. (2018). Desarrollo de Plan de Negocios para la Comercialización de Popotes Biodegradables/Comestibles en San Andrés Cholula, Puebla. Universidad Iberoamericana Puebla.
- Shafqat, A., Al-Zaqri, N., Tahir, A., & Alsalmeh, A. (2021). Synthesis and characterization of starch based bioplastics using varying plant-based ingredients, plasticizers and natural fillers. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(3), 1739–1749. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.12.015>
- Sierra, A., Solano, F., & Valderrama, J. (2016). Elaboración de bioplástico a partir del almidón presente en papas. Instituto Mexicano Madero Plantel Zavaleta, Puebla, 2008, 1. [https://dspace.umad.edu.mx/bitstream/handle/11670/264/10Secundaria Elaboracion-de-bioplastico-a-partir-del-almidon-presente-en-papas final.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.umad.edu.mx/bitstream/handle/11670/264/10Secundaria%20Elaboracion-de-bioplastico-a-partir-del-almidon-presente-en-papas%20final.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Smith, R. (2005). Biodegradable polymers for industrial applications. In R. Smith (Ed.), *Green Polymeric Materials: Advances and Sustainable Development*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge England.
- Spallana, B., Avalos, C., Valencia, M., & Torres, S. (2021). Elastómeros. Universidad Nacional San Luis Gonzaga de ICA. <https://es.scribd.com/document/491031781/elastomeros>.
- Talens-Oliag, P. (2017). Caracterización de las propiedades mecánicas de alimentos mediante análisis de perfil de textura. In Universitat Politècnica de València. <https://riunet.upv.es/handle/10251/83513>

- Tello González, J. (2017a). Estudio de las propiedades mecánicas de bioplástico que contiene ácido poliláctico mediante pruebas de intemperismo.
- Tello González, J. (2017b). Estudio de las propiedades mecánicas de bioplástico que contiene ácido poliláctico mediante pruebas de intemperismo. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Terrazas-Hernández, J. A., Rodríguez-Hernández, A. I., Berrios, J. J., Iman, S. H., Glenn, G. M., & Vargas-Torres, A. (2015). Efecto de la temperatura y la humedad relativa en películas biodegradables elaboradas a base de almidón de la raíz tuberosa de la planta del chayote (*Sechium edule* Sw), con adición de celulosa o nanopartículas de celulosa. *Boletín de Ciencias Agropecuarias Del ICAP*, 1(2). <https://doi.org/10.29057/icap.v1i2.985>
- Valdez, I., Acevedo, J., & Hernández, C. (2010). Distribution and potential of bioenergy resources from agricultural activities in Mexico. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(7), 2147–2153. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.03.034>
- Vazquez Morillas, A., Espinosa Valdemar, R., Beltrán Villavicencio, M., & Velazco Pérez, M. (2016). Bioplásticos y plásticos degradables. ResearchGate, May, 11. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1294.4241>
- Vera Enríquez, H. C. (2018). Evaluación Sensorial (Vol. 1, Issue Mexico D.F.). [https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/14592/HAYDEE\\_VERA\\_INFORME\\_FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/14592/HAYDEE_VERA_INFORME_FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Velero, M., Yamileth, O. & Yomaira, U. (2013) “Biopolímeros: Avances y perspectivas”. *Dyna*. Medellín, volumen 80, número 181, pp. 171- 180. Consulta 16 de enero de 2021.
- Vito, J. J. (2013). Determinación de la vida útil mediante pruebas aceleradas de un producto extruido enriquecido con concentrado proteico de papa.
- Zambrano, R. (2016). Conservación de zumo de naranja (*Citrus sinensis*) utilizando dosis de miel de abeja y canela como conservante natural. Ingeniero Agroindustrial. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. <https://core.ac.uk/works/51411679>
- Zegada Franco, Vanesa Y. (2015). Extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas (HMO). *Investigación & Desarrollo*, 1(15), 65-76. Recuperado en 27 de septiembre de 2022, de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2518-44312015000100007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312015000100007&lng=es&tlng=es)

**Anexo 1. Cuestionario aplicado para evaluación sensorial y prueba hedónica.**



Universidad Autónoma del Estado de México

---

## **ANÁLISIS SENSORIAL DE "POPOTE BIODEGRADABLE".**

A través de este cuestionario, nos gustaría invitarlo a responder algunas preguntas sobre el **popote biodegradable**, con el objetivo de evaluar el nivel de aceptación que tiene el producto ante el público consumidor.

Su participación es voluntaria; si no es su deseo no tiene que participar, aclarando que no habrá impacto negativo alguno si decide no participar en la investigación.

¡Gracias!

1. ¿Te gusta utilizar popotes de plástico para ingerir alguna bebida?

- Si
- No

2. ¿Con que frecuencia utilizas popotes de plástico?

- 1 o mas veces a la semana
- 1 o mas veces a la quincena
- 1 o mas veces al mes
- No los uso

3. ¿Qué tipo de popote usas frecuentemente?

- Plástico
- Papel
- Metal o reutilizables
- Biodegradables

4. ¿Conoces los popotes biodegradables?

- Si
- No

5. ¿Sabes las consecuencias que causan los popotes de plástico de un solo uso en el medio ambiente?

- Si
- No

## Segunda parte de la prueba

<p>⋮</p> <p><b>PRUEBA DE PREFERENCIA DEL POPOTE BIODEGRADABLE</b></p> <p><b>Instrucciones:</b></p> <p>Frente a usted se encuentra una muestra del popote biodegradable acompañado de un vaso de agua natural.</p> <p>1- Tomar el popote e ingerir el agua del vaso, como normalmente lo hace, para determinar el nivel de agrado o desagrado del producto.</p> <p>2- En la parte inferior marque el número con la opción que indique el nivel de agrado según su experiencia y percepción de acuerdo con la escala de aceptación (1 a 7) que se presenta a continuación:</p>
--

### Escala de aceptación.

1	2	3	4	5	6	7
Me disgusta al extremo	Me disgusta bastante	Me disgusta moderadamente	Ni me gusta, ni me disgusta	Me gusta un poco	Me gusta bastante	Me gusta extremadamente

- 1-Me disgusta al extremo
- 2-Me disgusta bastante
- 3- Me gusta moderadamente
- 4-No me gusta, ni me disgusta
- 5-Me gusta un poco
- 6-M e gusta bastante
- 7-M e gusta extremadamente