

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**PROGRAMA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA MINIMIZAR EL USO DEL POLIETILENO EN LOS  
EMPAQUES PARA GOLOSINAS**

**Presentan:**

**Azel Acuña Yépez; Daily Rodríguez Gvette; Andrés Villalobos Martínez; Rivaldo Osorio  
González; Roiner Villegas Castillo.**

**Profesor Tutor:**

**Arnaldo Verdaza Villalobos**

**Trabajo de investigación**

**12 ABRIL DEL 2023**

**BARRANQUILLA, ATLÁNTICO  
REPÚBLICA DE COLOMBIA**

*ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA EL REEMPLAZO DEL POLIETILENO*

# Alternativas de solución para minimizar el uso del polietileno en los empaques para golosinas

## Solution alternatives to minimize the use of polyethylene in candy packaging

A. Acuña\*, D. Rodríguez\*, A. Villalobos\* R. Osorio & R. Villegas\*

{azel.acuna, andres.villalobos} @unisimon.edu.co

\*Estudiantes de Ingeniería industrial \*\*Profesor investigador del grupo

Universidad Simón Bolívar, Barranquilla-Colombia.

**Resumen** | El objetivo de este artículo es presentar un análisis bibliográfico sobre los diferentes materiales biodegradables existentes y que pueden ser utilizados como reemplazo del polietileno en los empaques para golosinas, teniendo en cuenta la problemática global sobre la contaminación ambiental y principalmente el impacto que tienen este tipo de empaques sobre el entorno y su dificultad para ser reciclado. Agregando a lo anterior, este propone un análisis cualitativo y cuantitativo orientado al estudio de los materiales biodegradables presentes, desde aspectos como seguridad alimentaria y compatibilidad, protección del producto, durabilidad del material y sostenibilidad y costos. En tal sentido, este trabajo utilizará indicadores para cada uno de los criterios los cuales van a permitir realizar la clasificación de los materiales y así poder lograr el objetivo del proyecto.

**Palabras clave:** | *Empaque, empaques biodegradables, polietileno.*

**Abstract** | The objective of this article is to present a bibliographic analysis on the different biodegradable materials that exist and that can be used as a replacement for polyethylene in candy packaging, taking into account the global problem of environmental contamination and mainly the impact of this type of packaging on the environment and its difficulty to be recycled. Adding to the above, this article proposes a quantitative analysis oriented to the study of biodegradable materials present, from aspects such as food safety and compatibility, product protection, material durability and sustainability and costs. In this sense, this work will use indicators for each of the criteria which will allow the classification of materials and thus be able to achieve the objective of the project.

**Keywords:** | *Packaging, biodegradable packaging, polyethylene..*

### I. INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental es uno de los temas que mayor auge tiene en la actualidad, el cual trajo consigo el desarrollo de metodologías que promueven un declive en el impacto medioambiental. Entre las diversas metodologías utilizadas, se puede observar algunas tales como, la utilización de menos energía y adopción de fuentes de energía alternativas, reciclaje, conservación del suelo, las cuales han suministrado un gran aporte a la situación, además esta ha permitido observar las diferentes falencias a las que se enfrenta la industria alimenticia.

Durante los últimos 27 años, el volumen de leyes ambientales se ha multiplicado por 3 desde el 1995, presentando como el cambio climático ha tomado repercusiones a lo largo de este lapso de tiempo. La eficacia de las normas, es decir, la posibilidad de que tengan efectos prácticos (diferentes al concepto que apela a su validez y vigencia, su carácter justo y legítimo y consecuencia dentro del ordenamiento jurídico), está relacionada con la capacidad de las instituciones encargadas de aplicarlas, las decisiones de los operadores jurídicos y de la voluntad general de cumplirlas. No se trataría solamente de que las normas contribuyan a legitimar el Estado de Derecho, sus instituciones y las autoridades legalmente

constituidas [23] sino que su puesta en obra cumpla los objetivos para los que fueron creadas, más allá de reproducir y mantener relaciones de aceptación-sumisión que posibilitan la existencia del Estado, sujeta a representaciones culturales, políticas y visiones del medio ambiente socialmente aceptadas [8].

Este incremento tan notable de leyes, han obligado a las diferentes empresas de alimentos a generar nuevos productos con características biodegradables, como lo ha sido el uso de papel para ciertos alimentos, desafortunadamente, este material no se ha podido implementar para todos los productos, ya que muchos de los alimentos necesitan de características específicas, tales como temperatura, humedad, atmosfera deseada alrededor del productos, que ayuden a preservarlos y presentarlos con los normas legales del mercado alimenticio; entre estos, se encuentran principalmente los empaques para los diferentes tipos de golosinas.

Debido a lo mencionado anteriormente, el polietileno es un plástico utilizado en la mayoría de los paquetes que conservan productos como las papas fritas, galletas, ponqués y demás golosinas. Su principal propiedad es la de actuar como barrera para la humedad impidiendo que el producto pierda sus consistencia y sabor antes de tiempo. En muchos casos junto a este tipo de plástico se utiliza el polietileno como una capa protectora. Antes de sellar las bolsas de plástico se les agrega gas de nitrógeno para evitar la oxidación producida por el oxígeno del aire. El gran desafío en el reciclaje del plástico es la labor de segregación cuando las bolsas y envases mezclan diferentes tipos de plástico en uno solo, como es el caso de las envolturas de snacks y golosinas. Como consecuencia, esto dificulta el reciclaje de los empaques, ya que no permite su reutilización [19] convirtiéndose en productos de un solo consumo y contaminando masivamente el entorno.

Gracias a todo esto, nacen y se desarrollan nuevas y diversas formas de contrarrestar esta anomalía que compromete a todos en general, materiales tales como la polilactida (PLA) derivada de recursos renovables como el maíz, la remolacha azucarera, el trigo y otros productos ricos en almidón, es un polímero de este tipo que ha mostrado un enorme potencial para desarrollar materiales biodegradables para las industrias textil, médica y de embalaje [12]. La eficacia de los rellenos con dimensiones manométricas depende en gran medida de su forma, el tamaño de las partículas, el tamaño de los agregados, las características de la superficie y el grado de dispersión [10]. Según la teoría clásica de los compuestos, la mejora de la unión interfacial entre la matriz de polímeros y las partículas de

relleno conducen a la mejora de las propiedades practica de los materiales compuestos [4].

Por lo tanto, la pregunta de investigación es “¿Qué tipos de materiales pueden abordar y hacer uso las empresas de golosinas para minimizar el uso del polietileno y demás componentes, que permitan satisfacer las necesidades de los productos para preservarlos y contribuir a salvaguardar el medio ambiente?”.

## **II. ESTADO DEL ARTE**

El envasado de alimentos cumple una función esencial para prolongar la vida útil, mantener la calidad y la seguridad de los productos envasados, pero los materiales de envasado pueden tener un impacto negativo en el medio ambiente. Los polímeros convencionales fabricados con materias primas derivadas del petróleo son un envase muy utilizado para los alimentos [2]. La protección se hace a través de los empaques, los cuales generalmente se elaboran a partir de polímeros sintéticos. No obstante, el uso indiscriminado de empaques sintéticos ha generado serios problemas ecológicos contribuyendo a la contaminación ambiental provocada por desechos sólidos de baja degradabilidad, lo que ha impulsado a la búsqueda biopolímeros naturales. El aprovechar los recursos naturales como fuente de conservación y reciclaje se convierte en una excelente opción e innovación en el desarrollo de nuevos productos biodegradables. Su total biodegradación en productos como CO<sub>2</sub>, agua y posteriormente en abono orgánico es una gran ventaja frente a los sintéticos[16]. "Los envases convencionales llevan incorporadas propiedades de barrera que protegen los productos y garantizan el mantenimiento de la calidad que los consumidores esperan", afirma un portavoz de Wrigley [22]. "Esto es más difícil con materiales alternativos como el papel y los filmes comportables, por lo que es esencial realizar pruebas a menor escala para evaluar el rendimiento y la viabilidad".

El impacto medioambiental de los residuos plásticos persistentes está suscitando una preocupación generalizada en todo el mundo, y los métodos de eliminación son limitados. La incineración puede generar una contaminación atmosférica, los emplazamientos terrestres satisfactorios son limitados y los métodos de reciclaje de los residuos mezclados son caros y a menudo requieren mucha energía. Además, los recursos petrolíferos son finitos y cada vez más escasos. Será importante encontrar sustitutos de plástico duraderos, especialmente en los envases de corta duración y en las aplicaciones desechables. La creciente preocupación del público por este problema ha estimulado el interés de la investigación en los polímeros

biodegradables como alternativas a los polímeros no degradables convencionales, como el polietileno y el poliestireno, etc.

Los polisacáridos que se han utilizado para formar películas/recubrimientos incluyen el almidón y sus derivados [6], los derivados de la celulosa [3], los alginatos[17], Los termobioplásticos [4], el glicerol [13], la carragenina [11], diversas gomas vegetales y microbianas [14], el quitosano [16] y los pectinatos [7]. Sus propiedades hidrofílicas proporcionan una buena barrera al dióxido de carbono y al oxígeno en determinadas condiciones, pero una pobre barrera al vapor de agua y unas propiedades mecánicas deficientes [1] .

Las películas y recubrimientos biodegradables y comestibles, fabricados a partir de polímeros naturales e ingredientes funcionales, y formados en la superficie de los productos alimentarios o colocados entre los diferentes componentes de un alimento, ofrecen una excelente promesa para la protección y conservación de los alimentos. En la última década ha crecido rápidamente el interés por el desarrollo y el uso de materiales de envasado biodegradables para prolongar la vida útil y mejorar la calidad de los productos alimenticios frescos, congelados, deshidratados, fritos o formulados. Aunque muchas de las funciones de las películas y recubrimientos comestibles están diseñadas para ser similares a las de las películas sintéticas, existen requisitos adicionales relacionados con su uso en los alimentos [9].

Los principales problemas de los biopolímeros son su mayor coste y sus propiedades físicas y de procesamiento óptimas en comparación con los plásticos sintéticos. Además, no ha habido suficientes incentivos para que los procesadores incorporen los materiales biodegradables a sus productos [15]. Hasta la fecha, los envases biodegradables han atraído gran atención, y se están llevando a cabo numerosos proyectos de investigación en este campo. Una razón importante de esta atención es la comercialización de materiales de envasado respetuosos con el medio ambiente. Además, el uso de materiales de envasado biodegradables tiene el mayor potencial en los países en los que el vertedero es la principal herramienta de gestión de residuos [5].

Nuestro proyecto se dimensiona en la investigación de variadas estrategias direccionadas a la sustitución de los materiales convencionales, aplicados al área de embalaje u/o empaquetado de productos de confitería.

### **III. REQUERIMIENTO DE LOS EMPAQUES DE CONFITERIA**

Dentro de la tarea de almacenamiento de mercancías que las empresas comercializan, en nuestro caso la confitería, se ha comprobado la relevancia de la protección de los productos mediante un empaque que proporcione todos los componentes necesarios para cubrir las características de los mismos, además de cumplir con las normativas de sanidad que son primordiales para poder llevar a comercializar un producto, en tal sentido hablamos de su proceso de protección en el que se tiene en cuenta aspectos para la fabricación de empaques para alimentos o de golosinas, los cuales deben de considerar factores o características como: adaptación a las líneas de producción y envasado del producto, compatibilidad, ergonomía, hermeticidad, condiciones de temperatura, entre otras.

De lo anteriormente expuesto, se ha decidido clasificar los siguientes criterios, considerando las características básicas que debe de cumplir el material ser utilizado en la fabricación de empaques para golosinas.

#### **A. Seguridad alimentaria y compatibilidad**

Al momento de seleccionar un sistema de envasado adecuado para un producto alimentario, se debe de tener en cuenta en primer lugar, la estabilidad de los componentes, tales como las proteínas, los lípidos y ciertas vitaminas que pueden llegar a sufrir modificaciones o cambios perjudiciales al estar expuesto a factores como la luz, oxígeno y cambios en la actividad hídrica del mismo, la estabilidad del producto dependerá de su naturaleza química, bioquímica y fisiología, la cual está estrechamente influenciada por propiedades de impermeabilidad, es decir la capacidad que tiene el material para no permitir que ninguna sustancia del exterior pueda afectar la calidad o sabor del producto.

#### **B. Protección del producto**

Se tendrá en cuenta el porcentaje de protección que brinda el material, ya que es un requisito primordial, el material a utilizar debe garantizar que los productos van a estar seguros, sin humedad y sin ninguna alteración del producto que pueda causar el clima fuera del empaque como lo es la luz, el oxígeno y contaminantes en general.

### C. Durabilidad del material

las golosinas son alimentos que normalmente se encuentran en constante comercialización debido a su consumo, pero como todo producto o alimento este tiene su tiempo estimado para ser consumido, además, se debe de tener en cuenta cual es la vida útil de ese material, ya que este debe de cumplir requisitos que posibiliten su utilización, por otro lado este criterio está sujeto a el tipo de golosina en la que se va a emplear el empaque, ya que estas debido a su composición no tienen el mismo tiempo de vida para su consumo.

### D. Sostenibilidad y costo.

Seleccionar un material que sea asequible y maneje un bajo impacto ambiental de los materiales de envasado, este debe tener un beneficio directo en el costo del proceso para la empresa y por su puesto un impacto menor en el medio ambiente. por ende, al momento de selección de los materiales se verá retribuido un impacto critico en su diseño y ciclo de vida que esté relacionado a la huella de carbono, el tiempo de degradado y el porcentaje de reciclaje que acepta el material.

## IV. PRINCIPALES COMPONENTES DE LA CONFITERIA

El análisis de estudio debe de centrarse en los componentes que más frecuentan los duces de comercialización, ya que, al tener una gama muy amplia de estos, el estudio se vuelve extenso debido a la gran variedad de golosinas que hay en el mercado actualmente, dicho lo anterior los ácidos más utilizados por la industria de confitería son implementados por diversos fines, ya que proporcionan varios efectos de sabor como lo es el de las frutas, la función principal de los ácidos es poder cambiar el pH del producto, buscando una gelificación de la jalea de pectina. El pH bajo conduce a una inversión de azúcar(sacarosa)durante el proceso de ebullición, el cual debe de estar regulado, ya que de lo contrario puede generar varias dificultades.

Para llevar a cabo la producción de producto de confitería de azúcar, se usa acido tartárico y ácido cítrico, aunque actualmente se viene presentando el uso de ácido láctico en forma líquida, debido a que permite mezcla fácilmente con el jarabe. El ácido láctico tamponado con azúcar tiene efectos de inversión significativamente menor en la solución de azúcar en comparación a los otros dos ya mencionados.

### A. Ácidos Cítrico

Inicialmente, el ácido suministrado con fines industriales se elaboraba a partir del jugo de limón, pero hoy en día se obtiene fermentando jarabe de azúcar o melaza bajo la acción de ciertos moldes. Este ácido está disponible en forma anhidra y monohidrato; es inodoro, incoloro y fácilmente soluble en agua (solución al 50%) y en alcohol (rectificado) - solución al 35-40%.

### B. Ácido Láctico

El ácido láctico es el ácido natural producido por la fermentación de azúcares tales como lactosa, sacarosa y dextrosa, así como otras propiedades similares de sustancias, incluyendo almidón y diversas gomas.

### C. Jarabe de Glucosa

El jarabe de glucosa es una solución acuosa que se obtiene de la descomposición de almidones a través de un proceso llamado hidrólisis, es utilizado principalmente en la industria de la confitería y golosinas. El jarabe suele extraerse de productos como la caña de azúcar, coco, remolacha, maíz o palma entre otros, siendo prácticamente todos de origen natural.

### D. Colorantes más utilizados dentro de la industria de las golosinas

1. Tartracina (E-102)
2. Amarillo de quinoleína (E-104)
3. Amarillo anaranjado (E-110)
4. Azorrubina (E-122)
5. Rojo cochinilla (E-124)
6. Rojo altura (E-129)
7. Azul patente (E-131).

Los productos a base de azucares están conformados en mayor porcentaje por azúcar (sacarosa) y/o jarabes de glucosa o fructosa. Los otros ingredientes que diferencian los distintos tipos de dulces son: leche en polvo, manteca, emulgentes, gomas (funcionalidad: agentes gelificantes/ hidrocoloides), colorantes naturales y/o artificiales, aromatizantes y edulcorantes.

## V. INDICADORES

De acuerdo a el objetivo de los criterios y las características de los materiales se definieron los siguientes indicadores y sus respectivas ponderaciones tabla 1.0.

**Seguridad Alimentaria:** Regular niveles de afectaciones referentes al material implementado en el embalaje del producto (confite) con respecto al individuo que lo manipule.

- **Materiales carcinógenos:** Los materiales implementados no deben repercutir en el sistema inmunológico del usuario.
- **Aleaciones filosas:** El material a implementar deberá estar libre de cualquier tipo de irregularidad puntuosa o superficie filosa
- **Reacciones alérgicas:** El material a implementar debe estar adecuado al uso y manipulación del usuario por contacto directo

**Compatibilidad:** Analizar, evaluar y designar la tipología de material idóneo u/o adecuado para la preservación y protección del producto de confite.

- **Ácido Cítrico:** El material a implementar debe contar con un adecuado nivel de resistencia a la abrasión y corrosión debido a la alcalinidad del componente.
- **Ácido Láctico:** El material a implementar debe contar con un adecuado nivel de resistencia a la abrasión y corrosión debido a la alcalinidad del componente.
- **Jarabe de Glucosa:** El material a implementar debe proveer resistencia y preservación de humedad y frescura, además de un efecto permeable térmica.
- **Colorantes:** El material debe presentar características no reactivas con los componentes colores del producto: Tartracina (E-102), Amarillo de quinoleína (E-104), Amarillo anaranjado (E-110), Azorrubina (E-122).

**Protección del producto:** Brindar seguridad y cavidad al producto (confite) de todo ente externo u/o interno que pueda comprometer el estado normal del producto.

- **Excluir Luz:** El material a implementar debe distinguirse por su capacidad de aislar la luz con respecto al producto (confite). La luz puede producir enranciamiento y decoloración.
- **Barrera contra contaminantes exteriores:** El material debe prevenir el acceso de vapor de agua, oxígeno y olores contaminantes que repercuten en la calidad del producto.
- **Barrera contra insectos:** Los materiales predilectos para su uso deberán cumplir con la capacidad de aislar toda alimaña o entes perjudiciales (insectos) para el producto.

**Sostenibilidad:** la capacidad del material de satisfacer la necesidad del producto en el momento sin comprometer las futuras generaciones.

- **Recursos reutilizables:** Porcentaje de reutilización de la materia prima u/o material de interés.
- **Elementos no tóxicos:** Porcentaje de toxicidad ponderado del material posproducción y ciclo de vida del producto.
- **Base de origen natural:** El material debe contar con el factor biodegradable; abastecido y suministrado a partir de procesos de producción verdes.
- **Bajo impacto ambiental (efecto invernadero, calentamiento global):** Porcentaje de repercusión a nivel ambiental por parte del material a subyugar.

**Tabla 1.0 Ponderación de indicadores.**

| Tipología               | Indicador                                                         | Importancia |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------|
| Seguridad A.            | Materiales carcinógenos                                           | 0.7         |
| Seguridad A.            | Aleaciones filosas                                                | 0.4         |
| Seguridad A.            | Reacciones alérgicas                                              | 0.5         |
| Compatibilidad          | Ácido Cítrico                                                     | 0.8         |
| Compatibilidad          | Ácido Láctico                                                     | 0.8         |
| Compatibilidad          | Jarabe de Glucosa                                                 | 0.7         |
| Compatibilidad          | Colorantes                                                        | 0.7         |
| Protección del producto | Excluir Luz                                                       | 0.5         |
| Protección del producto | Barrera contra contaminantes exteriores                           | 0.7         |
|                         | Barrera contra insectos                                           | 0.5         |
| Sostenibilidad          | Recursos reutilizables                                            | 0.8         |
| Sostenibilidad          | Elementos no tóxicos                                              | 0.6         |
| Sostenibilidad          | Base de origen natural                                            | 0.8         |
| Sostenibilidad          | Bajo impacto ambiental (efecto invernadero, calentamiento global) | 0.8         |
| Durabilidad             | Flexibilidad                                                      | 0.6         |
| Durabilidad             | Permeabilidad                                                     | 0.7         |

## VI. METODOLOGÍA

Las alternativas de solución para remplazar el polietileno en los empaques para confitería, se gestionó de manera cualitativa y cuantitativa, en el que se utilizaron herramientas como el Excel para ilustrar y presentar información relevante sobre los distintos materiales encontrados para fabricación de empaques, además partiendo de la investigación bibliográfica en las diferentes bases de datos disponibles como el Google académico y Scopus quienes son nuestra fuente primaria para identificar los artículos y proyectos de investigación que están orientadas en el desarrollo de nuevos materiales para el remplazo de los plásticos convencionales y sus diferentes alternativas de empaques biodegradables, o el uso que se les da como opción de reemplazo del polietileno en empaques para productos de basados en confitería. Posteriormente se definieron los requerimientos de los empaques para golosina teniendo en cuenta las características de los empaques y requisitos de sanidad impuesto por las normativas legales de Colombia.



A lo anterior se procedió a crear un sistema de evaluación cuantitativa mediante indicadores que cumplen como actividades que permiten evaluar si se cumple o no con los criterios definidos anteriormente, además a los indicadores se le agregaron unas ponderaciones las cuales fueron definidos mediante la importancia que tiene el indicador dentro de la fabricación del empaque, logrando realizar la evaluaciones de los materiales pertinentes y seleccionando aquellos que están cumpliendo con los requerimientos necesarios para la fabricación de los empaques de confitería, Obteniendo como resultado un filtro que nos permite resaltar

aquellos materiales que resultan como producto de las alternativas de solución del artículo. Para terminar, se investigó sobre los costos de obtención de los materiales que sirven como alternativa para ver cuáles de estos resultan ser más rentables en su implementación en el mercado.

## VII. RESULTADOS

Medición valorativa de los materiales con respecto a los indicadores propuestos como se presenta en la siguiente tabla 1.1.

**Tabla 1.1 Evaluación de criterios**

| Indicadores                                                              | ALMIDONES |          |         |       | EDIBLE-FILM        |          |                       |       |       |       |       |      |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|---------|-------|--------------------|----------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|------|
|                                                                          | Yuca      | Mandioca | Tapioca | Maíz  | Termo-Bioplásticos | Quitosan | Silver Nanoparticulas |       |       |       |       |      |
| <b>Materiales carcinógenos</b>                                           | 1 0,7     | 1 0,7    | 1 0,7   | 1 0,7 | 1 0,7              | 0 0      | 1 0,7                 | 0 0   | 1 0,7 | 0 0   | 1 0,7 | 0 0  |
| <b>Aleaciones filosas</b>                                                | 0 0       | 0 0      | 1 0,4   | 0 0   | 1 0,4              | 1 0,4    | 1 0,4                 | 1 0,4 | 1 0,4 | 1 0,4 | 1 0,4 | 0 0  |
| <b>Reacciones alérgicas</b>                                              | 1 0,5     | 0 0      | 1 0,5   | 1 0,5 | 1 0,5              | 1 0,5    | 1 0,5                 | 1 0,5 | 1 0,5 | 1 0,5 | 1 0,5 | 0 0  |
| <b>Ácido Cítrico</b>                                                     | 1 0,8     | 1 0,8    | 1 0,8   | 1 0,8 | 1 0,8              | 1 0,8    | 1 0,8                 | 1 0,8 | 1 0,8 | 1 0,8 | 1 0,8 | 0 0  |
| <b>Ácido Láctico</b>                                                     | 1 0,8     | 1 0,8    | 1 0,8   | 1 0,8 | 1 0,8              | 1 0,8    | 1 0,8                 | 1 0,8 | 1 0,8 | 1 0,8 | 1 0,8 | 0 0  |
| <b>Jarabe de Glucosa</b>                                                 | 0 0       | 0 0      | 0 0     | 1 0,7 | 1 0,7              | 1 0,7    | 1 0,7                 | 1 0,7 | 1 0,7 | 1 0,7 | 1 0,7 | 0 0  |
| <b>Colorantes</b>                                                        | 1 0,7     | 1 0,7    | 0 0     | 1 0,7 | 1 0,7              | 1 0,7    | 1 0,7                 | 0 0   | 0 0   | 0 0   | 0 0   | 0 0  |
| <b>Excluir Luz</b>                                                       | 1 0,5     | 1 0,5    | 1 0,5   | 0 0   | 0 0                | 0 0      | 0 0                   | 0 0   | 0 0   | 0 0   | 0 0   | 0 0  |
| <b>Barrera contra contaminantes exteriores</b>                           | 0 0       | 0 0      | 0 0     | 0 0   | 1 0,7              | 1 0,7    | 1 0,7                 | 1 0,7 | 1 0,7 | 1 0,7 | 1 0,7 | 0 0  |
| <b>Barrera contra insectos</b>                                           | 0 0       | 0 0      | 0 0     | 0 0   | 0 0                | 0 0      | 0 0                   | 0 0   | 0 0   | 0 0   | 0 0   | 0 0  |
| <b>Recursos reutilizables</b>                                            | 1 0,8     | 1 0,8    | 1 0,8   | 0 0   | 1 0,8              | 0 0      | 1 0,8                 | 0 0   | 0 0   | 1 0,8 | 0 0   | 0 0  |
| <b>Elementos no tóxicos</b>                                              | 1 0,6     | 1 0,6    | 1 0,6   | 1 0,6 | 1 0,6              | 1 0,6    | 1 0,6                 | 0 0   | 0 0   | 0 0   | 0 0   | 0 0  |
| <b>Base de origen natural</b>                                            | 1 0,8     | 1 0,8    | 1 0,8   | 1 0,8 | 1 0,8              | 1 0,8    | 1 0,8                 | 1 0,8 | 1 0,8 | 0 0   | 0 0   | 0 0  |
| <b>Bajo impacto ambiental (efecto invernadero, calentamiento global)</b> | 1 0,8     | 1 0,8    | 1 0,8   | 1 0,8 | 1 0,8              | 1 0,8    | 1 0,8                 | 1 0,8 | 1 0,8 | 1 0,8 | 1 0,8 | 0 0  |
| <b>Flexibilidad</b>                                                      | 0 0       | 0 0      | 0 0     | 0 0   | 0 0                | 0 0      | 0 0                   | 0 0   | 0 0   | 1 0,6 | 0 0   | 0 0  |
| <b>Permeabilidad</b>                                                     | 0 0       | 0 0      | 0 0     | 0 0   | 1 0,7              | 0 0      | 0 0                   | 0 0   | 0 0   | 0 0   | 0 0   | 0 0  |
|                                                                          | 0,66      | 0,61     | 0,63    | 0,60  | 0,85               | 0,52     | 0,58                  | 0,52  | 0,58  | 0,58  | 0,58  | 0,58 |

Cada uno de los materiales propuestos para sustituir o reducir el uso del polipropileno dentro de las principales cadenas de producción de empaquetaduras residuales para productos categorizados como confites o golosinas, serán medidos y analizados conforme al nivel de adaptación y cumplimiento de las pautas u objetivos demarcados en cada uno de los indicadores propuestos.

### ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA EL REEMPLAZO DEL POLIETILENO

Tabla 1.2: Resultados obtenidos de la evaluación de indicadores  
Una vez realizado dicha evaluación, determinamos los materiales que cumplen con un margen porcentual del 60% de todos los indicadores plasmados anteriormente, lo cual, nos permitirá llegar a los materiales más adecuados que comprometan el objetivo de nuestro

proyecto, por lo que, obtendremos los siguientes resultados en tabla 1.2.

**Tabla 1.2. Resultados**

| Indicadores                                    | MATERIALES |     |      |     |                    |     |
|------------------------------------------------|------------|-----|------|-----|--------------------|-----|
|                                                | Yuca       |     | Maíz |     | Termo-Bioplásticos |     |
| <b>Materiales carcinógenos</b>                 | 1          | 0,7 | 1    | 0,7 | 1                  | 0,7 |
| <b>Aleaciones filosas</b>                      | 0          | 0   | 1    | 0   | 1                  | 0,4 |
| <b>Reacciones alérgicas</b>                    | 1          | 0,5 | 1    | 0,5 | 1                  | 0,5 |
| <b>Ácido Cítrico</b>                           | 1          | 0,8 | 1    | 0,8 | 1                  | 0,8 |
| <b>Ácido Láctico</b>                           | 1          | 0,8 | 1    | 0,8 | 1                  | 0,8 |
| <b>Jarabe de Glucosa</b>                       | 0          | 0   | 0    | 0,7 | 1                  | 0,7 |
| <b>Colorantes</b>                              | 1          | 0,7 | 0    | 0,7 | 1                  | 0,7 |
| <b>Excluir Luz</b>                             | 1          | 0,5 | 1    | 0   | 0                  | 0   |
| <b>Barrera contra contaminantes exteriores</b> | 0          | 0   | 0    | 0   | 1                  | 0,7 |
| <b>Barrera contra insectos</b>                 | 0          | 0   | 0    | 0   | 0                  | 0   |
| <b>Recursos reutilizables</b>                  | 1          | 0,8 | 1    | 0   | 1                  | 0,8 |
| <b>Elementos no tóxicos</b>                    | 1          | 0,6 | 1    | 0,6 | 1                  | 0,6 |
| <b>Base de origen natural</b>                  | 1          | 0,8 | 1    | 0,8 | 1                  | 0,8 |
| <b>Bajo impacto ambiental</b>                  | 1          | 0,8 | 1    | 0,8 | 1                  | 0,8 |
| <b>Flexibilidad</b>                            | 0          | 0   | 0    | 0   | 0                  | 0   |
| <b>Permeabilidad</b>                           | 0          | 0   | 0    | 0   | 1                  | 0,7 |
| <b>Total</b>                                   | 0,66       |     | 0,60 |     | 0,85               |     |

En el Tabla 1.2, podemos divisar la presencia de tres materiales, los cuales, presentaron el mayor número de aceptación y nivel aplicativo referente a los indicadores. Cuantitativamente hablando, cada material se compone por un nivel aplicativo máximo de 10 indicadores y mínimo de 9 indicadores, superando el nivel límite de indicadores adecuado para determinar si el material cumple con los requisitos necesarios para su posterior implementación y objetivo de sustitución del polipropileno en los empaques de productos de confitería.

#### Costos de obtención de los materiales

En esta sección, estaremos abordando los diferentes costes por los cuales podremos adquirir los materiales que previamente habíamos calificado en base a los indicadores por criterio remarcados en el proyecto; cabe recalcar que no todos los materiales propuestos pueden encajar con la ideología que presenta resguardar y proteger la calidad del producto de interés (confite), ya que, solo un escalonado grupo de materiales se acoplan a las características y necesidades de protección del producto. Ahora bien, ya con esto claro, a continuación, presentamos aquellos materiales que, dado nuestro estudio previo (leer la página de los “indicadores”), son los 4

mejores selectos para concretar la misión que se quiere cumplir con nuestro proyecto:

#### Almidón de yuca (Tapioca)

También conocida como mandioca, yuca o casabe de yuca, la tapioca es un almidón que se extrae directamente de la raíz de la yuca, tubérculo originario de Brasil cuyo cultivo se expandió por otras zonas tropicales de Sudamérica, Asia y África. Este material, es nuestro primer protagonista para la implementación y realización de empaques biodegradables.

Sus principales costos radican en la obtención de estos mismos, siendo Brasil la principal y más reconocida productora de este material, es la que exporta miles de toneladas al mes, rodando los precios de 450 a 650 dólares por tonelada métrica, que, a comparación del polipropileno, el cual tiene un costo en el mercado aproximado a los 1208 dólares por tonelada, es una gran diferencia que representa un gran cambio tanto a nivel económico como ambiental

“El precio del polietileno de alta densidad (HDPE) ha fluctuado significativamente desde 2017 hasta 2022, alcanzando un mínimo de 837 dólares estadounidenses por tonelada métrica en 2020 y un máximo de 1.211 dólares estadounidenses por tonelada métrica en 2018. Se demostró que el precio había aumentado ligeramente desde este mínimo de 2020 hasta un valor de 1.106 dólares estadounidenses por tonelada métrica en 2022. [22]

“En el cuarto trimestre de 2021, los precios del almidón de yuca en Brasil aumentaron gradualmente a las tasas de 540 USD/MT en octubre, 620 USD/MT en noviembre y 629 USD/MT en diciembre. El precio aumentó después de una baja productividad, mientras que la demanda aumentó.” [21]

#### Almidón de Maíz

El almidón de maíz es el almidón que se extrae del grano de maíz (maíz). El almidón se deriva del endospermo del grano. El almidón de maíz es un ingrediente alimentario común que a menudo se utiliza como agente espesante en salsas o sopas, así como para hacer jarabe de maíz e incluso algunos otros tipos de azúcares.

Gracias a la información suministrada por “Procurement Resource” podemos saber la situación de este material en otras zonas del mundo, aunque también se estipulan los costos de obtención de este mismo material, tal es el caso de China, “En China, el mercado del almidón de maíz registró una fuerte caída debido a la caída de los precios del maíz y otros granos alimenticios en medio de las crecientes especulaciones de una recesión mundial. Además, la demanda bajista de los sectores downstream debido a la incertidumbre en la oferta



afectó aún más el precio en el mercado interno. El precio promedió 3424 RMB/TM (495.36 US) hacia el final de este trimestre.” [21]. En países como Norteamérica, este material se está comercializando de 0.65 a 0.59 dólares por kg; “Debido a la reducción del precio de su principal materia prima, el maíz, el precio de su almidón está cayendo en el mercado interno de EE. UU. El precio por kg de almidón de maíz rondaba los 0,65-0,59 USD en Nueva York y Washington.” [21].

#### Bioplásticos a base de fécula de papa

Los bioplásticos, biodegradables y provenientes de fuentes renovables, son una medida de reducción al problema de los desechos plásticos contaminantes que ahogan al planeta y contaminan el medio ambiente. Son plásticos biodegradables, compostables o reciclables derivados de sustancias biológicas y no del petróleo.

Con base en estos, este tipo de material se consigue en pequeñas cantidades ya procesadas y de menor cavidad en comparación a las exportaciones administradas alrededor del mundo, por ejemplo, “El precio promedio de la fécula de patata en el primer semestre de 2022 fue de 6417 (\$4.360.275 pesos colombianos) yuanes por tonelada, lo que fue consistente con el precio del año anterior. El mercado de la fécula de patata se mantuvo estable, los fabricantes mantuvieron los pedidos de los antiguos clientes y entregaron los productos, el volumen de transacciones fue limitado y los precios no fluctuaron significativamente. Aunque el costo de las papas crudas ha bajado recientemente, todavía hay una diferencia de precio con las papas feculentas.” [21] O en norte América, “En el cuarto trimestre de 2021, el precio promedio de la fécula de papa (exportación) fue de 1100 USD/TM (\$5.166.359 de pesos colombianos por tonelada métrica). Las empresas estaban invirtiendo mucho en investigación y desarrollo para llevar nuevos productos al mercado y ampliar su cartera de productos. Además, a medida que los consumidores se volvieron más conscientes de la salud, los fabricantes comenzaron a desarrollar variedades de papas fritas más saludables y con valor agregado.” [22] o en Asia “En los años 2019 y 2020, después de tocar un punto bajo, hubo un rebote menor. En 2021, el área de cultivo de papa se redujo nuevamente, esta vez debido al aumento de los precios del maíz. En el cuarto trimestre de 2021, el precio de venta de Heilongjiang Haotian fue de 3500 RMB/TM (\$2.378.208 pesos colombianos por tonelada métrica) China e India fueron los principales productores de tubérculos, seguidos por la Federación Rusa, Ucrania, Estados Unidos y Alemania.” [21].

## VIII. CONCLUSIONES

La gran cantidad de residuos plásticos producidos a nivel global se mantiene en constante aumento debido a la forma como los seres humanos le damos uso a estos mismos y, de igual forma, otorgamos una nula importancia a la severidad que compromete el cómo tratamos de “deshacernos” de estos desperdicios plásticos, los cuales, terminan en zonas de gran relieve natural e importancia ambiental como océanos y terreno salvaje. En el caso de las industrias productoras a gran escala, hacen uso indiscriminado de esta tipología de material con diferentes fines, siendo el empaquetado y embalaje de productos tanto alimenticios como domésticos y equipos tecnológicos, el objetivo más notorio de implementación de este material.

Gracias a todos estos acontecimientos, han promovido muchas investigaciones que están orientadas al aprovechamiento de residuos agroindustriales y el desarrollo de nuevos materiales que permitan tener un menor impacto ambiental. El estudio pactado a partir de diversas fuentes de información tanto nacional como internacional, ha permitido asimilar nuevas y diversas alternativas para poder presentar una nueva ideología con respecto a diferentes materiales, los cuales, ayudaran a nivel general tanto económico como en la reducción del impacto ambiental con su debida implementación en el proceso de embalaje y empaquetadura de variados productos, centrándonos más que nada, en la industria alimenticia, siendo de especial interés para nuestro cometido. El tapioca, el almidón de maíz, y los bioplásticos a base de recursos naturales (papa, amilosa, glicerol etc.) se presentan como la mejor inversión en cuanto a beneficios económicos y seguridad alimenticia se refiere, obteniendo como resultado, un puñado de materiales novedosos y cargados con la cualidad de biodegradación tan cotizada actualmente, los cuales, ayudaran a inducir la característica medio ambiental dentro de la producción industrializada de empaques biodegradables en las principales industrias productoras de productos de confitería a gran escala.

## IX. REFERENCIAS.

1. Cerqueira, M. A., Bourbon, A. I., Pinheiro, A. C., Martins, J. T., Souza, B. W. S., Teixeira, J. A., & Vicente, A. A. (2011). Galactomannans use in the development of edible films/coatings for food applications. In *Trends in Food Science and*

- Technology* (Vol. 22, Issue 12).  
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.07.002>
2. Dukalska, L., Ungure, E., Augspole, I., Muizniece-Brasava, S., Levkane, V., Tatjana, R., & Krasnova, I. (2014). Evaluation of the Influence of Various Biodegradable Packaging Materials on the Quality and Shelf Life of Different Food Products. *Proceedings of the Latvia University of Agriculture*, 30(1).  
<https://doi.org/10.2478/plua-2013-0011>
  3. Durango, A., Soares, N. D. E. F., & Arteaga, M. R. (2011). Filmes y revestimientos comestibles como empaques activos biodegradables en la conservación de alimentos. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 9(1).
  4. Enriquez C, M., Velasco M, R., & Fernandez Q, A. (2013). Caracterización de almidones de yuca nativos y modificados para la elaboración de empaques biodegradables. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 2(2).
  5. Farris, S., Schaich, K. M., Liu, L. S., Piergiovanni, L., & Yam, K. L. (2009). Development of polyion-complex hydrogels as an alternative approach for the production of bio-based polymers for food packaging applications: a review. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 20, Issue 8).  
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.04.003>
  6. Janssen, L. P. B. M., & Moscicki, L. (2010). Thermoplastic Starch: A Green Material for Various Industries. In *Thermoplastic Starch: A Green Material for Various Industries*.  
<https://doi.org/10.1002/9783527628216>
  7. Junior, I. T., Dal Bosco, T. C., Bertozzi, J., Michels, R. N., & Mali, S. (2020). Biodegradability assessment of starch/glycerol foam and poly(butylene adipate-co-terephthalate)/starch film by respirometric tests. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23.  
<https://doi.org/10.1590/1981-6723.24818>
  8. López-Ojeda, G. C., Vargas-Zavala, A. V., Gutiérrez-Lara, M. R., Ramírez-Zamora, R. M., & Durán-Moreno, A. (2011). Oxidación fotoelectrocatalítica de fenol y de 4-clorofenol con un soporte de titanio impregnado con TiO<sub>2</sub>. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 27(1).
  9. Maftoonazad, N., & Badii, F. (2012). Use of Edible Films and Coatings to Extend the Shelf Life of Food Products. *Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture*, 1(2).  
<https://doi.org/10.2174/2212798410901020162>
  10. Motloun, M. P., Ojijo, V., Bandyopadhyay, J., & Ray, S. S. (2019). Cellulose nanostructure-based biodegradable nanocomposite foams: A brief overview on the recent advancements and perspectives. In *Polymers* (Vol. 11, Issue 8).  
<https://doi.org/10.3390/polym11081270>
  11. Pillai, S. K., Ray, S. S., Scriba, M., Ojijo, V., & Hato, M. J. (2013). Morphological and thermal properties of photodegradable biocomposite films. *Journal of Applied Polymer Science*, 129(1).  
<https://doi.org/10.1002/app.38763>
  12. Piringer, O. G., & Baner, A. L. (2008). Plastic Packaging: Interactions with Food and Pharmaceuticals, Second Edition. In *Plastic Packaging: Interactions with Food and Pharmaceuticals*, Second Edition.  
<https://doi.org/10.1002/9783527621422>
  13. Shulga, O., Chorna, A., & Kobylinskyi, S. (2017). Differential scanning calorimetry research of biodegradable films for confectionery and bakery products. *Chemistry and Chemical Technology*, 11(4).  
<https://doi.org/10.23939/chcht11.04.492>
  14. Sid, S., Mor, R. S., Kishore, A., & Sharanagat, V. S. (2021). Bio-sourced polymers as alternatives to conventional food packaging materials: A review.

- Trends in Food Science and Technology*, 115.  
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.026>
15. Siracusa, V., Rocculi, P., Romani, S., & Rosa, M. D. (2008). Biodegradable polymers for food packaging: a review. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 19, Issue 12).  
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.07.003>
  16. Villada, H. S., Acosta, H., & Velasco, R. (2007). Biopolímeros naturales usados en empaques biodegradables. *Temas Agrarios*, 12(2).  
<https://doi.org/10.21897/rta.v12i2.652>
  17. Wei, L., & Yazdanifard, R. (2013). Edible Food Packaging as an Eco-friendly Technology using Green Marketing Strategy. *Global Journal of Commerce & Management Perspective*, 2(6).
  18. Xia, Z., Curtin, W. A., & Sheldon, B. W. (2004). A new method to evaluate the fracture toughness of thin films. *Acta Materialia*, 52(12).  
<https://doi.org/10.1016/j.actamat.2004.04.004>
  19. PROEXPANSION. (08 de 08 de 2014). *Comida envasada: Los diferentes tipos de plástico para empacar*. Obtenido de Comida envasada: Los diferentes tipos de plástico para empacar:  
<https://proexpansion.com/es/articles/443-comida-ensitada-los-diferentes-tipos-de-plastico-para-empaquetar>
  20. Wrigley, M. (2022). *Mars Home*. Obtenido de Mars Home: <https://www.mars.com/made-by-mars/mars-wrigley>
  21. Procurement Resource . (12 de julio de 2022). Obtenido de Procurement Resource :  
<https://www.procurementresource.com/resource-center/cassava-starch-price-trends>
  22. S Global HDPE prices 2022 | Statista. (2023, May 16). Statista.  
<https://www.statista.com/statistics/1171074/price-high-density-polyethylene-forecast-globally/>
  23. Donzis, R. H. (2006). La Eficacia Social de las Normas Jurídicas. *Revista Electrónica de Teoría y Práctica de la Elaboración de Normas Jurídicas*, 2(4), 6–24.