



**Evaluación del potencial técnico del salvado de trigo como materia prima para elaborar pitillos comestibles**

Luisa Fernanda Bonilla Raquejo  
Maria Camila Gaitan Vasquez

Universidad El Bosque  
Facultad de Ingeniería  
Programa Ingeniería Ambiental  
Bogotá, 24 de octubre de 2018

# **Evaluación del potencial técnico del salvado de trigo como materia prima para la elaboración de pitillos comestibles**

Luisa Fernanda Bonilla Raquejo  
Maria Camila Gaitan Vasquez

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:  
**Ingeniero Ambiental**

Director:  
Juan Pablo Bonilla Gaviria

Línea de Investigación:  
Mercados verdes

Universidad El Bosque  
Facultad de Ingeniería  
Programa Ingeniería Ambiental  
Bogotá, Colombia  
2018

## **Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional**

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, sólo velara por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en áreas de la búsqueda de la verdad y la justicia.

## ***Dedicatoria***

Este trabajo está dedicado a nuestras madres, de quienes hemos recibido apoyo incondicional para la realización de este trabajo y la culminación de la carrera. Ellas son quienes con su esfuerzo y amor han dado todo para que logremos nuestros sueños con excelencia.

## **Agradecimientos**

Inicialmente gracias a Dios por la vida y por Sus infinitas bendiciones en este camino. Gracias a todas las personas que han apoyado nuestra formación académica y nos han motivado a seguir nuestros sueños.

Especialmente infinitas gracias a nuestros padres, familiares y compañeros de vida por su incondicionalidad y a nuestro director de la monografía Juan Pablo Bonilla por su tiempo, paciencia y ganas de emprender este proyecto con nosotras. Extendemos el agradecimiento al equipo del Tecnoparque por abrir sus puertas a nuestro proyecto y a cada uno de los que apoyó e hizo posible la realización de este proyecto que continúa.

## Tabla de Contenido

1.	10	
2.	11	
3.	12	
4.	13	
5.	14	
6.	15	
6.1.	15	
6.2.	15	
7.	15	
7.1.	15	
7.2.	15	
7.3.	15	
8.	16	
8.1.	16	
Un breve acercamiento al plástico		16
El impacto acumulativo del plástico		16
La creciente preocupación por plásticos		17
El lugar que tienen los pitillos en la contaminación por plástico		17
8.2.	18	
8.2.1.	18	
8.2.2.	19	
8.3.	22	
8.4.	26	
8.5.	27	
8.6.	31	
9.	33	
9.1.	35	
9.2.	36	
9.3.	39	
9.4.	40	
10.	43	
10.1	44	
10.2	49	

1.	49	
2.	50	
3.	52	
4.	54	
5.	55	
6.	56	
10.3	57	
1.	57	
2.	60	
3.	62	
4.	64	
5.	66	
6.	67	
10.4	77	
11.	80	
12.	81	
Bibliografía		86
Anexos		92
Anexo 1. Tablas de laboratorios		92
Anexo 2. Tablas de resultados		95
Anexo 3. Imágenes		112
Anexo 4. Encuesta		113

## Listado de figuras

Figura 1. Pitillos recolectados según informes de la ONG Ocean Conservancy. Fuente: Elaboración propia.	18
Figura 2. Grano de trigo. Fuente: (Chaquilla, Balandrán, Mercado, & Mendoza, 2017).	19
Figura 3. Producción de trigo 1971 - 2017. Fuente: (Fenalce, 2017).	31
Figura 4. Mapa de producción de trigo en Colombia 2005-2017. Fuente: Autores.	32
Figura 5. Distancia promedio de transporte terrestre de la materia prima desde los departamentos de Nariño, Cundinamarca y Boyacá. Fuente: Autores.	33
Figura 6. Distribución de establecimientos gastronómicos en Bogotá. Fuente: Mapas Bogotá.	33
Figura 7. Diseño metodológico para el desarrollo del proyecto. Fuente: Autores.	35
Figura 8. Diseño metodológico para encontrar posibles materiales para la sustitución de plásticos. Fuente: Autores.	35
Figura 9. Diseño metodológico para la obtención del material física y mecánicamente adecuado para elaborar pitillos a base de salvado de trigo. Fuente: Autores.	37
Figura 10. Diseño metodológico para la elaboración del prototipo del pitillo comestible. Fuente: Autores.	39
Figura 11. Porcentaje de salvado de trigo por tamiz	50
Figura 12. Mezcla de la granulometría del tamiz menor a 60.	50
Figura 13. Mezcla de la granulometría del tamiz 60.	50
Figura 14. Humedad de cada tipo de composición.	53
Figura 15. Evidencia de desarrollo de microorganismos en la muestra	53
Figura 16. Calificación compactación de las composiciones	54
Figura 17. Cantidad de agua absorbida por cada composición	55
Figura 18. Calificación deformación de las composiciones	56
Figura 19. Técnicas de moldeo de los pitillos.	58
Figura 20. Pruebas en pitillos piloto elaborados con la técnica de sellado	58
Figura 21. Prueba de humedad en pitillos piloto con la técnica de sellado	59
Figura 22. Absorción de agua en el tiempo para pitillos piloto elaborados con la técnica de sellado	59
Figura 23. Deformación para pitillos piloto elaborados con la técnica de sellado	59
Figura 24. Pruebas en pitillos piloto elaborados con la técnica de tubo	60
Figura 25. Prueba de humedad en pitillos piloto con técnica de tubo	60
Figura 26. Prueba de absorción de agua, para los pitillos piloto elaborados con la técnica de tubo	61
Figura 27. Deformación prototipos de pitillo técnica tubo	61
Figura 28. Prueba de humedad en prototipos de pitillos elaborados con la técnica de tubo.	62
Figura 29. Prueba de absorción de agua azucarada en el tiempo, de prototipos con técnica de tubo.	63
Figura 30. Deformación prototipos de pitillo técnica tubo en azúcar	64
Figura 31. Primer prototipo completo del pitillo comestible.	64
Figura 32. Prueba de humedad en pitillos piloto con almidón de maíz	65
Figura 33. Absorción de agua azucarada en pitillos piloto con almidón de maíz	65
Figura 34. Deformación de pitillos piloto con almidón de maíz en agua con azúcar	66
Figura 35. Degradabilidad del pitillo comestible en el tiempo	66
Figura 36. Frecuencia diaria de entrega de pitillos en establecimientos	68
Figura 37. Porcentaje de clientes que usan pitillo del total de clientes del mes	69
Figura 38. Demanda de uso de pitillos por tipo de cliente	70
Figura 39. Porcentaje de establecimientos que tienen una temporada específica en la que incrementa la demanda de pitillos	71
Figura 40. Porcentaje de clientes que han comentado conformidad o inconformidad de los clientes por uso de pitillos plásticos	71
Figura 41. Porcentaje de establecimientos que no consideran que ha disminuido el uso de pitillos plásticos con el paso del tiempo.	72
Figura 42. Porcentaje de establecimientos que utilizan productos desechables hechos de materiales alternativos naturales.	72
Figura 43. Porcentaje de uso de productos alternativos al pitillo convencional	73
Figura 44. Conocimiento del costo de productos alternativos en establecimientos.	74
Figura 45. Precio máximo que estarían dispuestos a pagar los establecimientos por la adquisición de un pitillo biodegradable.	74
Figura 46. Viabilidad de pitillo comestible	75
Figura 47. Establecimientos que consideran que los pitillos serían aceptados de forma favorable por sus clientes	75
Figura 48. Fotografías de la prueba de absorción de agua por el método de la bolsa de té.	107
Figura 49. Pitillo piloto número 14.	107

## Listado de tablas

Tabla 1: Cantidad de pitillos vs cantidad total de residuos recolectados por la ONG Ocean Conservancy.	17	Tabla 2. Normativa internacional referente al proyecto	28
Tabla 3: Normativa Nacional referente al proyecto	29	Tabla 4. Método de criterio técnico para la comparación de materiales.	36
Tabla 5. Diseño de experimentos para la elaboración de pitillos comestibles.	38	Tabla 6. Determinación de humedad por el método de secado.	38
Tabla 7. Determinación de capacidad de absorción del agua por el método de la bolsa de té	38	Tabla 8: Observaciones de la deformación del material	38
Tabla 9. Comparación de las propiedades del material obtenido y el plástico convencional	40	Tabla 10. Diseño de objetivos, actividades y metodologías empleadas.	40
Tabla 12. Comparación de posibles materiales que sustituyen los plásticos desechables.	44	Tabla 13. Criterios de comparación y calificación de materiales	48
Tabla 14. Cantidades de materia prima y condiciones base de experimentación	51	Tabla 15. Imágenes de las composiciones elaboradas	51
Tabla 16. Composiciones seleccionadas	56	Tabla 17. Establecimientos y encargados encuestados	67
Tabla 18. Establecimientos y sus respectivos productos alternativos	72	Tabla 19. Opinión de los establecimientos sobre la posibilidad de desaparición del pitillo plástico	75
Tabla 20: Criterio base de calificación de posibles materiales para sustituir plásticos convencionales.	91	Tabla 21: Criterio base de calificación de la compactación de los materiales	92
Tabla 22: Criterio base de calificación de la deformación de los materiales	92	Tabla 23. Cantidad de salvado de trigo por tamiz	92
Tabla 24: Determinación de humedad de las composiciones iniciales	93	Tabla 25: Determinación de absorción de agua de las composiciones iniciales.	93
Tabla 26. Observaciones de la deformación del material	94	Tabla 27. Humedad en prototipos de pitillos con técnica de sellado	96
Tabla 28. Pesos en el tiempo en las pruebas prototipos de pitillos con técnica de sellado	97	Tabla 29. Diferencia de pesos en prototipos de pitillos con técnica de sellado	97
Tabla 30. Observaciones de la deformación en prototipos de pitillos con técnica de sellado	97	Tabla 31. Humedad en prototipos de pitillos con técnica de tubo	99
Tabla 32. Pesos en el tiempo en las pruebas prototipos de pitillos con técnica de tubo	100	Tabla 33. Diferencia de pesos en prototipos de pitillos con técnica de tubo	100
Tabla 34. Observaciones de la deformación en prototipos de pitillos con técnica de tubo	100	Tabla 35. Humedad en prototipos de pitillos con técnica de tubo en azúcar	101
Tabla 36. Pesos en el tiempo en las pruebas prototipos de pitillos con técnica de tubo en azúcar	102	Tabla 37. Diferencia de pesos en prototipos de pitillos con técnica de tubo en azúcar	102
Tabla 38. Observaciones de la deformación en prototipos de pitillos con técnica de tubo en azúcar	102	Tabla 39. Humedad en prototipos de pitillos con almidón de maíz	103
Tabla 40. Pesos en el tiempo de los pitillos piloto con almidón de maíz en azúcar	103	Tabla 41. Diferencia de pesos en pitillos piloto con almidón de maíz en azúcar	103
Tabla 42. Observaciones de la deformación en pitillos piloto con almidón de maíz en azúcar	104	Tabla 43. Degradabilidad del pitillo comestible	105
Tabla 44. Estimación del costo de un pitillo comestible de salvado de trigo	106		

## 1. Resumen

La problemática mundial de contaminación por plástico se ha incrementado durante los últimos años. Lo que estaba pensado como un material resistente, duradero y para una vida útil prolongada, se ha convertido en un producto desechable, logrando que se enciendan las alarmas al conocer que se genera anualmente el equivalente a 61 millones de torres Eiffel aproximadamente en peso, de sólo productos plásticos. Los pitillos convencionales ocupan el quinto lugar dentro de los residuos más generados a nivel mundial, por lo que diferentes actores se han sumado a los esfuerzos por disminuir la cantidad de estos, desarrollando iniciativas como: la producción de pitillos oxo-biodegradables, la campaña “*Sin Pitillo Por Favor*” e incluso la apuesta por nuevos materiales derivados de alimentos. Siguiendo esta última iniciativa, y con el fin de dar solución al problema mencionado, este proyecto tiene como objetivo evaluar el potencial técnico del salvado de trigo como materia prima principal para la elaboración de pitillos comestibles, para lo cual se hacen revisiones bibliográficas y pruebas experimentales que permiten determinar su factibilidad de uso como producto funcional. Así es posible

determinar que el salvado de trigo junto con materias primas adicionales es un subproducto ideal para la elaboración de pitillos comestibles, por sus amplios beneficios a la salud, sus propiedades técnicas y su posible incursión en el mercado. Hoy en día se tienen dos opciones: se apuesta por alternativas como la de este documento, o se aprende a comer y a convivir con plástico.

*Palabras clave:* salvado de trigo, potencial técnico, pitillo comestible, mercados verdes, contaminación por plástico.

## 2. Abstract

Nowadays, the global issue of plastic pollution has increased due to the production of this material which should be designed for a long life because of its resistance and duration. Unfortunately, it has become a disposable product, making alarms turn on knowing that annually is generated the equivalent to 61 million Eiffel Towers, approximately by weight, of only plastic products. Plastic straws are on the fifth place among the most generated waste worldwide, then different people have joined their efforts to reduce the amount of these, developing initiatives such as: The production of oxo biodegradable straws, the campaign “No Straw, please” and even making straws from food derivatives. Following this last initiative and to solve the mentioned issue, this project aims to evaluate the technical potential of wheat bran as the main raw material to produce edible straws through bibliographic reviews and laboratory experiments to determinate its feasibility of use as a functional product. To conclude, it is possible to determinate that wheat bran with additional raw materials is an ideal by-product to produce edible straws because of its health benefits, its technical properties and its possible foray into green business. Today there are two options: You bet on alternatives such as the presented on this document, or you learn to eat and live with plastic.

*Key words:* wheat bran, technical potential, eatable straw, green markets, plastic pollution.

### 3. Introducción

Los plásticos constituyen uno de los principales problemas ambientales con grandes impactos a nivel global. La preocupación por la contaminación asociada a la gran cantidad de estos residuos ha crecido progresivamente desde 1970 (Cabrera, 2017), tras conocer que en total se han producido más de 8.500 millones de toneladas de plástico, que han afectado a más de 1'000.000 de especies marinas, e incuantificables especies terrestres (Semana Sostenible, 2017). Por ello se iniciaron estudios sobre posibles alternativas que permitieran sustituir el plástico convencional, dentro de estos se destacan envases a base de fécula de maíz, papa, caña de azúcar, papel y oxo-biodegradables (Hernández K. , 2013), cucharas de harina de maíz y de trigo (García G. , 2016), polímeros de almidón de yuca (Meneses, Corrales, & Valencia, 2007), películas comestibles de proteína de suero lácteo (Escobar, Sala, Silvera, Harispe, & Márquez, 2009) y recubrimientos comestibles de almidón de yuca (Figuroa, Salcedo, & Narváez, 2013), entre otros.

No obstante, la puesta en marcha de estos proyectos ha tenido múltiples limitaciones como el elevado costo de producción, la incompatibilidad de algunos productos a condiciones de temperatura y humedad altas (Ruiz G. , 2006) y el riesgo que representan para la seguridad alimentaria, pues su producción incrementa la demanda de productos básicos para garantizar la alimentación de poblaciones vulnerables (Food Security & Nutrition Network, 2017).

Este proyecto, se realiza como una iniciativa que propone el desarrollo de un pitillo comestible a base de salvado de trigo, que actúe con la funcionalidad del pitillo de plástico convencional. Esta iniciativa, además de garantizar la biodegradabilidad del producto por estar elaborado con componentes naturales, se complementa con sus propiedades nutricionales, que además contribuyen al aporte de fibra sugerido para tener un metabolismo adecuado (Kellogg's, 2015). Es importante fomentar la investigación sobre estos temas, porque ayudan a suplir los vacíos del conocimiento que existen sobre los tipos de materiales que pueden ayudar a frenar la generación desmesurada de residuos plásticos en el mundo, y que actualmente ha ocasionado daños irreparables sobre los ecosistemas y las comunidades que interactúan con ellos (Jache Chamorro, 2014).

La finalidad de este proyecto, es poder evaluar el potencial técnico del salvado de trigo como materia prima para la elaboración de pitillos comestibles, para lo cual se inicia con la consulta sobre las características de diferentes tipos de materiales alternativos que buscan sustituir los plásticos convencionales desechables. Posteriormente, se diseña la composición adecuada que permita el funcionamiento óptimo del pitillo, buscando la rigidez, estabilidad y resistencia de la misma, para finalmente elaborar el prototipo que permita comprobar que el producto es viable para el uso que se destine.

#### 4. Planteamiento del problema

“Vivimos en este planeta, como si tuviéramos otro al que ir”. Terri Swearingen, ganadora del Premio *Goldman Environmental Prize*, hizo que esta frase se convirtiera emblemática en 1997 mientras luchaba contra el creciente desperdicio en el planeta. El plástico, un material sintético derivado del petróleo, tarda entre 500 y 1000 años en degradarse (Ramírez E. , 2016). Sus propiedades de maleabilidad, resistencia y bajo costo de producción (García C. , 2017), lo han convertido en el sustituto ideal de materiales como el metal, la madera y el papel, lo que lleva a que cada ciudadano del planeta utilice en promedio 60 kilos de plástico al año (Semana Sostenible, 2017).

Esto quiere decir que se han producido más de 8.500 millones de toneladas de plástico en el mundo, lo que corresponde a la basura que se generará durante los próximos 670 años en Colombia (García C. , 2017). Esta gran cifra da explicación a la gran mancha de plástico que se encuentra en el Pacífico Norte, donde en 2014 se detectó 100 veces más una mayor cantidad de plásticos que en el 2011 (Jache Chamorro, 2014). El crecimiento es abrumador; la mancha provoca la muerte de 1'000.000 especies de aves marinas, 100.000 mamíferos marinos e innumerables peces, cada año. El secretario general de la ONU, Antonio Gutiérrez, estima que para el 2050 habrá más plástico que peces en el mar, aumentando el problema de contaminación incluso en la cadena trófica (Semana Sostenible, 2017).

La ONG *Ocean Conservancy*, en el año 2016 encontró 1'212.602 piezas de plástico, de los cuales 409.087 eran pitillos, es decir el 41.3% (Ocean Conservancy, 2017). Aunque se han hecho esfuerzos como la campaña “Sin Pitillo Por Favor”, potencializada en Colombia en el año 2016 con la inclusión de establecimientos comerciales como Crepes & Waffles, Wok, Archie's y Hotel Ibis, en muchas ocasiones el pitillo juega un papel fundamental para la ingesta de bebidas espesas, frías o con hielo, bebidas para bebés o personas con discapacidades o dificultades motrices (Hurtado , 2016). También se han realizado campañas de reciclaje para intentar recuperar el plástico generado; pero este tratamiento tiene un costo elevado, consume mucha energía y requiere que el material esté limpio y en buen estado, provocando que se recicle tan sólo el 14% del plástico del mundo (García C. , 2017).

Transversalmente, se han desarrollado nuevos productos para disminuir la producción los pitillos plásticos como los pitillos oxo-biodegradables, que representan un peligro ambiental porque la descomposición no es completa y quedan pequeñas partículas poliméricas con trazas de metales que las hacen contaminantes (Castellón H. , 2013). Por otro lado, los productos hechos a base de alimentos como el maíz y la yuca son una alternativa 100% biodegradable que podría ayudar a la problemática de pitillos convencionales; sin embargo, representan un problema para la seguridad alimentaria porque disminuye la disponibilidad de estos alimentos, los cuales son considerados como cultivos muy tolerantes a los cambios climáticos (López, y otros, s.f ), y aseguran el suministro de alimentos para poblaciones vulnerables, por sus propiedades nutricionales (Food Security & Nutrition Network, 2017).

En este contexto, se hace indispensable pensar en una nueva alternativa que nos permita utilizar los pitillos de forma responsable. De esta forma, ¿cuál es el potencial técnico del salvado de trigo como materia prima para la elaboración de pitillos comestibles?

## 5. Justificación

Aunque hay diversas formas para frenar el aumento de desechos plásticos en el mundo, como se mencionó previamente en el planteamiento del problema, es de gran importancia innovar con nuevos materiales que suplan la necesidad de uso de elementos como el pitillo. Estos deben estar dirigidos a la producción de elementos como los pitillos que tienen un corto tiempo de vida útil, ya que se usan diariamente en promedio durante 20 minutos, y tienen un prolongado tiempo de permanencia en el ambiente, pues tardan aproximadamente 1000 años en degradarse. Tan sólo en Estados Unidos, diariamente se desechan 500 millones de pitillos, cifra que alcanzaría para dar 2,5 vueltas al planeta tierra si juntos formaran un solo hilo continuo (Betancur, 2016).

Para la elaboración del pitillo, se deben tener en cuenta materiales de origen natural que sean biodegradables y que no causen afectaciones sobre los ecosistemas. En el caso del salvado de trigo, este además de biodegradarse en un corto tiempo es una materia prima resultante de la molienda del trigo para la elaboración de productos de consumo humano como la harina de trigo (De Blas, Mateos, & Rebollar, 2011). Este salvado es un subproducto utilizado para la alimentación animal (Vargas E. , 2000), lo cual garantiza que la seguridad alimentaria del país no se vea afectada por el uso de productos esenciales para una adecuada nutrición de las personas (López, y otros, s.f ).

La fabricación de pitillos comestibles a base de salvado de trigo tiene una contribución significativa a los pilares de la sostenibilidad. En cuanto a lo social, este salvado aporta amplios beneficios a la salud humana como la prevención de enfermedades gastrointestinales, alivio a la distensión abdominal, al estreñimiento y a la falta de energía, y favorece el bienestar psicológico de las personas. La EFSA (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria) recomienda la ingesta diaria de 25g de fibra en adultos para el correcto funcionamiento metabólico del cuerpo (Kellogg's, 2015), y el salvado de trigo se reconoce como un tipo de fibra insoluble (Almeida, Aguilar, & Hervert, 2014) por lo que puede aportar a la dieta mínima sugerida.

Desde el punto de vista ecológico, la reducción de la demanda de pitillos hechos de plástico convencional disminuiría la contaminación de estos residuos en los ecosistemas terrestres y marinos, aportando así mismo a mejorar la salud de estos. De forma paralela, se disminuiría el consumo de combustibles fósiles vírgenes, que en el proceso de fabricación de polímeros plásticos alcanza el 6% del consumo mundial (Gil, 2018).

Por último, el pitillo comestible ejerce una contribución al crecimiento económico sostenible ya que hace parte de los mercados verdes al ser un producto derivado del aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Se estima que los mercados verdes en Colombia tienen un alto potencial de desarrollo, pues existen varias oportunidades de aprovechamiento de subproductos de procesos productivos (MADS, 2016)

## **6. Objetivos**

### **6.1. General**

Evaluar el potencial técnico del salvado de trigo como materia prima para la elaboración de pitillos comestibles.

### **6.2. Específicos**

- Identificar las ventajas que presenta el salvado de trigo frente a otros materiales alternativos existentes para la sustitución de plásticos desechables.
- Diseñar la composición adecuada de materiales para la elaboración de pitillos comestibles a base de salvado de trigo.
- Elaborar un prototipo de pitillo comestible con la composición que presente las mejores propiedades técnicas seleccionadas, teniendo en cuenta su factibilidad de uso.

## **7. Hipótesis**

### **7.1. Hipótesis investigativa**

El salvado de trigo tiene el potencial técnico adecuado para la elaboración de pitillos comestibles, y son lo suficientemente resistentes hasta por 40 minutos después de ser introducido en alguna bebida.

### **7.2. Hipótesis alternativa**

El salvado de trigo tiene el potencial técnico adecuado para la elaboración de pitillos comestibles, excepto por su tiempo de resistencia que es de 15 minutos después de ser introducido en alguna bebida.

### **7.3. Hipótesis nula**

El salvado de trigo no tiene el potencial técnico adecuado para la elaboración de pitillos comestibles, y su resistencia es insuficiente después de ser introducido en alguna bebida.

## 8. Marco referencial

Este proyecto se enmarca como una propuesta alternativa para sustituir el plástico convencional que ha generado altos niveles de contaminación, pues es usado para fabricación de objetos desechables. En este capítulo se encuentran las referencias teóricas que permiten contextualizar este panorama con el desarrollo del proyecto.

### 8.1. Antecedentes

#### Un breve acercamiento al plástico

La palabra plástico proviene del latín *plasticus* y el griego *plastikos* que significan: Objeto que puede ser moldeado. Este término no sólo hace referencia a los polímeros sintéticos derivados del petróleo, sino también a los plásticos naturales que usan fibras provenientes de la naturaleza; y a los plásticos semisintéticos que tienen componentes naturales y sintéticos (Góngora, 2014). En este proyecto, cuando se habla de plásticos se hace referencia a los polímeros sintéticos provenientes de la nafta, un subproducto del petróleo, que tiene gran variedad de composiciones químicas y sus usos son muy variados y aptos para todo tipo de funciones (PlasticsEurope, 2017).

A mediados del siglo XVIII, con la llegada de la revolución industrial el plástico se masificó como el material ideal para el diseño de objetos duraderos y desechables, por sus excelentes propiedades mecánicas, por ser liviano, resistente, moldeable y muy económico. El plástico empezó a sustituir diferentes materiales como el metal, la madera, el papel, las fibras naturales, el vidrio y la cerámica, pues estos eran cada vez más escasos debido a la creciente demanda para suplir las necesidades de la creciente población (Tellez, 2012).

#### El impacto acumulativo del plástico

Pese a todos los beneficios que aporta el plástico al desarrollo industrial, sus impactos negativos están asociados a todo el ciclo de vida del producto. Se estima que para fabricar 1 tonelada de plástico, se utilizan 2 toneladas de petróleo y la energía consumida por 6 familias de Madrid durante un año (Fenercom, 2012). Para la producción del material, se introducen los gránulos de materia prima en un extrusor caliente hasta fundirlo, y después se moldea a presión. Durante estos procesos se generan muchos desperdicios de material, aceites usados por la maquinaria que además consume mucha energía, se eleva el consumo hídrico para el enfriamiento de los productos, se vierten sustancias tóxicas y los disolventes orgánicos utilizados generan muchos COV's (compuestos orgánicos volátiles) (PlasticsEurope, 2014).

Pero su verdadero impacto radica en que el plástico es tan resistente que al ser desechado permanece en los ecosistemas marinos y terrestres por tiempos prolongados, afectando enormemente la biodiversidad. Según estimaciones hechas por PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), si continuamos con los patrones de consumo actuales, para el año 2050 habrá más plásticos que peces en los océanos y el 99% de las aves marinas habrán ingerido este tóxico material (Universidad del Valle, 2017). Este problema se debe a dos causas principales: la cantidad excesiva de plásticos producidos (según Greenpeace son 8.000 millones de toneladas desde 1950, igual al peso de 10.000 torres Eiffel), y su largo periodo de degradación que va hasta los 1000 años (GreenPeace, 2017).

## La creciente preocupación por plásticos

Desde la década de 1970 se reportó al plástico como un contaminante alerta en el medio marino. Sin embargo, la problemática mundial ha aumentado durante este siglo porque se ha disparado la producción de plástico, de forma que solamente en los últimos 14 años se ha producido el 50% de los residuos del mundo, es decir 4.000 millones de toneladas (GreenPeace, 2017). Entre 1997 y 2007 la cantidad de microplásticos hallados en el norte del océano pacífico se triplicó, llegando a concentraciones hasta de 30 Kg de plástico por Km<sup>2</sup>. No se tienen garantías de que con el pasar de los años el plástico realmente se degrade, pues hay evidencia de que sólo se descompone en microplásticos, pequeñas partículas de menos de 5 milímetros, que aunque no son visibles a gran escala se acumulan en los ecosistemas (Segura, Noguez, & Espín, 2007).

## El lugar que tienen los pitillos en la contaminación por plástico

Los pitillos inicialmente fueron utilizados por los pueblos indígenas en América que usaban materiales derivados de la naturaleza para destilar sus bebidas. Hacia 1888 el material de los pitillos cambió por papel, hasta que en 1970 se empezaron a fabricar generalizadamente de plástico. La ONG *Ocean Conservancy* ha publicado cifras alarmantes de la proporción de pitillos entre los residuos plásticos contabilizados (los cuales se muestra en la siguiente tabla) en diferentes playas alrededor del mundo (ONG *Ocean Conservancy*, 2017):

Tabla 1: *Cantidad de pitillos vs cantidad total de residuos recolectados por la ONG Ocean Conservancy.*

<b>Año</b>	<b>Total Residuos (unidades)</b>	<b>Pitillos (unidades)</b>	<b>%</b>
<b>1998</b>	4.599.507	209.781	4.56
<b>2000</b>	5.163.173	226.903	4.39
<b>2002</b>	5.253.811	273.105	5.20
<b>2004</b>	4.962.986	240.055	4.84
<b>2006</b>	6.088.027	324.680	5.33
<b>2010</b>	6.501.037	433.376	6.67
<b>2012</b>	8.765.871	611.048	6.97
<b>2016</b>	7.501.326	409.087	5.45

Los pitillos se encuentran entre los 10 residuos más frecuentes en las campañas de recolección realizadas por *Ocean Conservancy* (ONG *Ocean Conservancy*, 2017). Los residuos de pitillos tienden a aumentar debido a los patrones de consumo desmesurados; sin embargo en el periodo entre 2012 y 2016, la generación de estos ha disminuido gracias a las campañas realizadas que buscan cambiar la percepción de las personas sobre su uso. No obstante, la utilización de los pitillos se hace necesaria y cómoda para algunas situaciones como la ingesta de bebidas espesas, el uso por parte de personas con discapacidad e incluso en los cines.

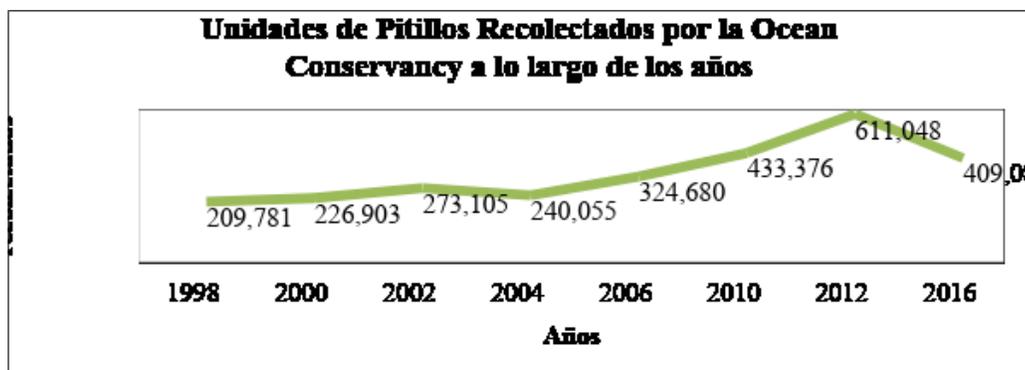


Figura 1. Pitillos recolectados según informes de la ONG Ocean Conservancy. Fuente: autores.

## 8.2. Estado del arte

### 8.2.1. Descripción de materiales

Con el fin de disminuir los impactos negativos consecuentes al uso de plásticos, desde la década de 1980 en países de Europa, Asia y América, se han realizado múltiples investigaciones que permiten elaborar productos desechables con materias primas naturales, donde se destaca el almidón, el cual puede ser transformado en un termoplástico mediante la ruptura de su estructura granular al emplear un plastificante (Ruiz, Montoya, & Paniagua, 2009). Los gránulos de almidón tienen un tamaño promedio de 15-100  $\mu\text{m}$  (Ángeles, 2015) y están formados por dos fracciones principales de polisacáridos de glucosa llamados amilosa y amilopectina (Aceituno & López, 2012). La degradabilidad de un almidón depende de la fracción de amilosa y de amilopectina que posea, que es óptima en proporciones cercanas a 25% y 75% correspondientemente (Ángeles, 2015).

Dentro de las materias primas naturales utilizadas actualmente se destaca el **almidón de yuca** que proviene de uno de los tubérculos más importantes para la agricultura colombiana (De la Torre, Rivera, Ruiz, & Veloz, 2007), que suele contener 24% de amilosa y 76% de amilopectina. Cuando el almidón de yuca está en contacto con un plastificante como el agua o la glicerina a temperaturas entre los 60°C y los 70°C se funde y fluye, permitiendo ser utilizado para inyección, extrusión y soplado (Ángeles, 2015).

Por otro lado, el **almidón de maíz** es un carbohidrato proveniente de uno de los alimentos con producción más tecnificada en el país, pero con poca área de siembra: el maíz. Este almidón mide aproximadamente 13 $\mu\text{m}$ , y tiene un 28% en peso de amilosa y 72% de amilopectina. Cuando el almidón se encuentra a 80°C, su solubilidad es aproximadamente 30% menor a la del almidón de yuca (Hernández, Torruco, Chel, & Betancur, 2008).

Por su parte, el **almidón de papa** es un carbohidrato que se encuentra disponible en casi el 70% de la papa. Se cultiva de forma natural en los Andes, y en Colombia se cultiva principalmente en la región cundiboyacense. El gránulo de almidón tiene un tamaño promedio de 15.2  $\mu\text{m}$ , que al ser mayor facilita la absorción de agua (Medina & Salas, 2008).

En cuanto al **salvado de trigo**, material escogido como materia prima para la realización del proyecto, este es un subproducto de la molienda del trigo con excelentes propiedades para la salud humana como el beneficio sobre problemas gastrointestinales y la mejora del bienestar psicológico (Kellogg's, 2015).

En el mundo se producen anualmente 729 millones de toneladas de trigo, lo que lo convierten en el tercer cereal más producido a nivel global (Chaquilla, Baladrán , Mercado, & Mendoza, 2017).

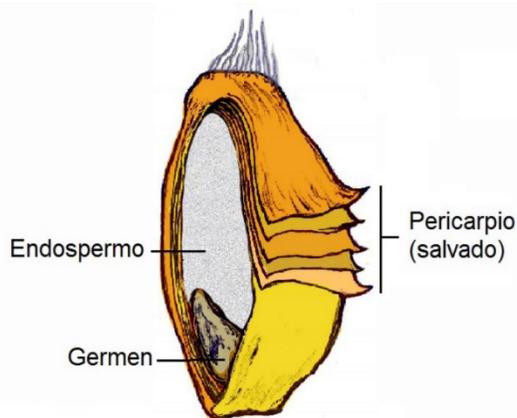


Figura 2. *Grano de trigo*. Fuente: (Chaquilla, Baladrán , Mercado, & Mendoza, 2017).

El trigo es un alimento de fácil acceso, y su procesamiento para consumo humano necesariamente genera un residuo, ya que se debe separar al salvado y al germen del endospermo, y luego se reduce este último hasta obtener la fina harina conocida popularmente. En la Figura 2 se puede observar el germen, que es el órgano reproductivo y de almacenamiento con el 3% en peso del grano, la capa que lo cubre es el endospermo y corresponde a la principal fuente de energía en el proceso de germinación con el 82% en peso, y por último la capa de salvado o pericarpio que constituye el 15% en peso de capas protectoras del grano (Chaquilla, Baladrán , Mercado, & Mendoza, 2017).

Aunque las proteínas del salvado de trigo han sido poco estudiadas, se ha encontrado que es un material soluble en agua, tiene capacidad de emulsificación y gelificación, es decir de mezclar dos líquidos inmiscibles y transformarlos en gel; y adicionalmente tiene alto contenido de proteínas, minerales, vitaminas del complejo B, vitamina E, compuestos fenólicos y otros compuestos beneficiosos para la salud humana (Chaquilla, Baladrán , Mercado, & Mendoza, 2017).

### **8.2.2. Investigación Internacional, Regional y Nacional.**

La investigación y el desarrollo de plásticos biodegradables, han iniciado una carrera sin precedentes en los últimos años al ver el gran incremento de desechos plásticos convencionales. Algunas compañías han predicho que el mercado de los bioplásticos crecerá en Europa en una tasa del 20% anual. Por su parte, la Asociación de Polímeros Biodegradables ha dicho que con los recursos con los que cuenta el planeta, y el desarrollo e innovación tecnológica, se puede suplir en este momento con el 10% de la cantidad total de plásticos generados. Dentro de los factores que han impulsado el crecimiento de los bioplásticos a nivel mundial se encuentran: el precio ascendente de los plásticos y resinas derivadas del petróleo, y la concientización de los consumidores sobre la necesidad de proteger al medio ambiente. Esto ha hecho que cada vez se desarrollen más proyectos para sustituir los plásticos convencionales (Lopez, 2015).

### 8.2.2.1. Internacional

Se indaga principalmente en el desarrollo de objetos comestibles enfocado principalmente en fines agrícolas, el recubrimiento de frutas y hortalizas se convirtió en el blanco número uno de este tipo de proyectos. Una de las investigaciones destacadas es “Agro-polímeros para películas comestibles y biodegradables: revisión de materiales poliméricos agrícolas, características físicas y mecánicas”. Este estudio fue realizado en 2005 en Londres y como resultado se obtuvieron bioplásticos por medio de las mezclas de almidón y poliéster, satisfaciendo así la mayoría de los requisitos propuestos por las industrias de envases de plástico (calidad de los materiales, procesabilidad y rendimiento). Sin embargo, a lo largo del estudio se utilizan otros polisacáridos o proteínas naturales que, aunque son viables por su bajo costo, no lo son por su calidad y bajo rendimiento. El fin con el cual se pensó en revestimientos para las frutas y vegetales es que contribuyen a la conservación de los alimentos sin contaminar los ecosistemas (Guilbert & Gontard, 2005).

Por otro lado, al observar las excelentes propiedades funcionales de los polímeros naturales cuando se juntan varios de sus compuestos, se piensa en el futuro de los materiales comestibles y/o biodegradables (Guilbert & Gontard, 2005). Como uno de los importantes estudios al respecto, se encuentra el desarrollo de platos crujientes, saborizados, texturizados y flexibles de la canadiense Diane Leclair Bisson quien es una diseñadora industrial multidisciplinaria que ha dedicado su vida a la experimentación de materiales. Su investigación inició por su interés a la siguiente pregunta “¿Y si el plato fuera parte de la comida?”. Por esto en el 2010 inició a desarrollar diferentes materiales comestibles que reemplazaran los plásticos convencionales desechables tan usados en la cotidianidad para contener la comida. Su colección de platos busca reemplazar los recipientes de poliestireno expandido, más conocidos como icopor, y otros materiales que se usan principalmente para el “catering” es decir para llevar la comida. Actualmente Bisson ha publicado un libro en donde plantea la importancia de este tipo de artefactos en la sociedad actual, y ha sido tan grande su influencia, que la cadena de panadería más grande de Montreal, *La Première Moisson*, cuenta actualmente con una amplia gama de sus productos para ofrecer a sus comensales (Szanto, 2010)

El desarrollo de las películas comestibles y biodegradables sigue vigente, dando así lugar a estudios como el hecho en 2015 titulado “Películas y revestimientos comestibles a base de almidón/gelatina: Propiedades de la película y efecto de los recubrimientos sobre la calidad de las uvas refrigeradas *Red Crimson*” en el cual se desarrollan películas a base de almidón de maíz y gelatina para sustituir el plástico convencional en el recubrimiento de alimentos, analizando sus propiedades fisicoquímicas (espesor, solubilidad en agua y ácido, permeabilidad, opacidad, resistencia, etc). Para la plastificación se utilizó glicerina, logrando así extender la vida útil de las uvas *Red Crimson* incluso con una apariencia mejorada después de 21 días de almacenamiento en refrigeración (Fakhouri, Martelli, Caon, Velasco, & Innocentini, 2015).

### 8.2.2.2. Regional

Con el aumento de la preocupación por la gran cantidad de desechos plásticos, se comienza a indagar sobre materiales biodegradables que pudieran reemplazar el plástico desechable. Como uno de los aportes a esto, en 1996 en México se realizó el estudio “Elaboración de plásticos biodegradables a partir de polisacáridos, y su estudio de biodegradabilidad en laboratorio y campo”. En este se desarrollan plásticos a base de almidón de maíz perla con la adición de otros tipos de almidón como la quitina, pectina y pululán; con el fin de encontrar la mejor consistencia del material. En el estudio de

biodegradabilidad se realizan pruebas de laboratorio para determinar el crecimiento microbiano y el porcentaje de elongación y fuerzas de tensión. A nivel de campo, se estudia el comportamiento del material en diferentes ecosistemas como ríos y suelos con el fin de determinar la biodegradabilidad real (Arévalo, 2015).

Para seguir con la línea de películas para el recubrimiento de alimentos, en el Laboratorio Tecnológico de Uruguay se realiza una investigación llamada “Películas biodegradables y comestibles desarrolladas a base de aislado de proteínas de suero lácteo: Estudio de dos métodos de elaboración y uso de sorbato de potasio como conservador” en 2009. Allí se prepararon las películas empleando el moldeo por compresión, el cual permite incrementar significativamente la resistencia de cada película ya que las mediciones de las propiedades mecánicas como la fuerza, elongación y estrés máximo incrementaron considerablemente comparando con el uso de otros métodos. De esta investigación se concluye que las películas a base de proteínas de suero lácteo son higiénicas y tienen la durabilidad indicada para recubrir los alimentos y evitar su descomposición (Escobar, Sala, Silvera, Harispe, & Márquez, 2009).

Al igual que en el ámbito internacional, años después de la investigación de recubrimientos naturales, se inicia con el estudio de envases biodegradables, uno de los ejemplos está en México en el año 2013 con el proyecto “Biodegradación de envases elaborados a base de fécula de maíz, papa, caña de azúcar, papel y oxo-biodegradables”. Este evalúa la biodegradación de diferentes materiales comercializados en la actualidad, tomando pruebas de suelos con diferentes niveles de pH y evaluando cada 45 días la evolución de la biodegradación de los materiales. Los resultados para cada material son buenos en términos de biodegradación (Hernández K. , 2013).

En México las investigaciones para mitigar el plástico desechable no han cesado, pues en los últimos dos años se ha seguido trabajando sobre los bioplásticos. Uno de los más grandes proyectos que da prueba de ello es el desarrollado de plásticos a base de semilla de aguacate por el Ingeniero químico Scott Munguía, quien fundó la empresa Biofase, pionera en la fabricación de pitillos, cucharas, tenedores y cuchillos que se biodegradan en 240 días en condiciones de oxígeno, temperatura y contenido microbiano adecuado (Munguia, 2017).

#### 8.2.2.3. Nacional

En Colombia también se han encendido las alarmas por las cifras de desechos plásticos, por lo que se ha actuado desde diferentes ámbitos como el de la adhesión a campañas para la reducción del mismo con normas como la Resolución 668 que regula el uso de bolsas plásticas en el país. Además se han realizado investigaciones de polímeros naturales, que al igual que en otros países son utilizados para el recubrimiento de frutas y la realización de objetos desechables con materiales naturales biodegradables.

Uno de los estudios encontrados es el de “Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca”, el cual fue realizado por tres ingenieros ambientales de la Escuela de Ingeniería de Antioquia, y publicado en el año 2007. En este estudio se realiza un diseño experimental mediante la metodología “Taguchi”, la cual permite orientar el proceso experimental por medio de matrices en las que se involucran las variables del sistema, y se arrojan resultados aleatorios y representativos obteniendo así la mejor muestra. La elaboración de la película se hace a base de almidón dulce de yuca y diferentes cantidades de reactivos plastificantes, espesantes, desmoldantes, extensores, lubricantes y humectantes, los cuales fueron sometidos a diferentes pruebas para medir sus

propiedades físicas, químicas, mecánicas y por supuesto de biodegradabilidad (Meneses, Corrales, & Valencia, 2007).

Posteriormente, en el año 2013 se realiza en La Universidad de Córdoba una investigación que permite analizar el “Efecto de recubrimientos comestibles a base de almidón nativo y oxidado de yuca sobre la calidad de mango (Tommy Atkins)”, que obtuvo como resultado la elaboración de una película a base de almidón de yuca que permite conservar en un mejor estado al mango tommy. Para ello, se formularon películas con 15% almidón de yuca, 10% glicerina y 3% de un compuesto lipídico, y se obtuvo como resultado una disminución significativa en el tiempo de descomposición del mango, cuantificada por variables como la actividad respiratoria, la apariencia, propiedades fisicoquímicas como la acidez (Figuroa, Salcedo, & Narváez, 2013)

Como uno de los proyectos más importantes dentro de la investigación por el carácter de comestibilidad y biodegradabilidad de los utensilios, se encuentra “Cusinnova”, un proyecto realizado por Carlos García y Carlos España con el apoyo de la Universidad El Rosario en la ciudad de Bogotá durante el 2016. Esta alternativa busca reducir la cantidad de residuos plásticos generados en el sector alimenticio de la ciudad y consecuentemente el país, ya que los restaurantes son grandes generadores de plásticos desechables al empacar sus productos e incluso dar cubiertos para la alimentación de sus comensales. Para solucionar parte del problema, desarrollaron principalmente una línea de producto a base de fécula de maíz: cucharas comestibles con diferentes sabores para satisfacer la necesidad de cada momento y lo suficientemente resistentes para cumplir su uso. El proyecto ha sido tan exitoso que ha logrado posicionarse en el mercado en tan sólo 2 años, ya que son utensilios apoyados por la reconocida chef de comida natural, Nathalie Jordan, y por el grupo Takami al cuál pertenecen restaurantes como Sipote, 80 sillas, Black Bear, Cacio & Pepe y Central Cevichería, que mantienen su objetivo inicial: Tener procesos 100% ecológicos que ayuden a mitigar problemas relacionados con el deterioro del ambiente, por medio de la innovación, los diseños y los modelos que puedan generar nuevos productos para los clientes y que den un valor agregado a la consolidación de una empresa formal (García G. , 2016).

Adicionalmente, dos empresas colombianas expertas en la fabricación de pitillos plásticos: Ecopit y el grupo Phoenix, para seguir con el mercado de venta de estos utensilios han optado por alternativas biodegradables. Por su parte Ecopit ha trabajado en pitillos de papel de la mano de proveedores que cuentan con certificación forestal FSC y aseguran la rigidez adecuada para soportar por seis horas dentro de la bebida. Mientras tanto, el grupo Phoenix está desarrollando pitillos a base de maíz, caña de azúcar y trigo que se degradan en condiciones controladas de temperatura y humedad en aproximadamente 12 semanas (Dávila, 2018).

### 8.3. Marco Conceptual

La creciente preocupación por encontrar un nuevo material que permita sustituir los plásticos sintéticos se debe al acelerado crecimiento de la demanda de estos por sus características de durabilidad y resistencia, y a la lenta degradación de estos materiales (Brueck, 2018). La **degradación** es un proceso irreversible genera cambios en la estructura de un material por la pérdida de materiales como la masa molecular, generando así fragmentación del material (Castellón , Tejeda , & Tejeda , 2016). Por su parte, la **biodegradabilidad**, es la capacidad que tiene un material para descomponerse en dióxido de carbono, metano, agua y la fracción de materiales orgánicos o biomasa del cual se componen, y depende fundamentalmente de las condiciones externas del lugar, como la humedad relativa,

precipitación o el pH del suelo (Bustamante, 2012). La biodegradación se da cuando el 60% del carbono perteneciente a la materia orgánica se transforma en dióxido de carbono (ASTM, 2012). Para la biodegradación de un material es indispensable tener en cuenta la **acción enzimática**, la cual es la capacidad que tienen algunos microorganismos para aprovechar la materia orgánica, a través de enzimas como las endoglucanas y las exoglucanas, favoreciendo la degradación de residuos sólidos (Medeiros, y otros, 2000). La acción enzimática es una característica del entorno, y depende principalmente de los diferentes microorganismos que allí se encuentren y el sistema celulolítico de sus microorganismos como bacterias, hongos y algas (Meneses, Corrales, & Valencia, 2007). Si los microorganismos presentes no pueden aprovechar los componentes de un material y es necesaria la intervención de un agente externo para su degradación, se dice que este material necesita una **degradación química**, en donde es indispensable la intervención de reactivos químicos como ácidos, bases, solventes y gases reactivos (Bustamante, 2012).

Este es el caso de los **plásticos** (los cuales son **polímeros**, compuestos químicos de cadenas largas en la cual una unidad básica es repetitiva que se conoce como monómero), que son sintetizados a partir de sustancias orgánicas de gran peso molecular, usualmente derivados del petróleo, ya que para su fabricación, es indispensable lograr la polimerización del **propeno** o del **etileno** (PlasticsEurope, 2014), monómeros que se obtienen a partir de la termólisis de los derivados del petróleo como el crudo, el carbón y el gas natural (Brueck, 2018). Dependiendo del método de polimerización y del tipo de monómero que se utilice, los plásticos tienen características químicas diferentes que permiten clasificarlos en dos grandes grupos: Los **termoplásticos** que están formados por cadenas de monómeros con estructura lineal y varias ramificaciones, lo que facilita su reciclaje ya que pueden ser desestructurados por la acción del calor y pueden volver a moldearse. Este es el caso del Tereftalato de Polietileno (PET) con el que se fabrican las botellas plásticas que pueden ser totalmente recicladas. Por otro lado se encuentran los **plásticos termoestables** que tienen una compleja red de monómeros que no puede ser desatada ni por la acción de altas temperaturas, y una vez están formados y moldeados, no pueden modificarse ni reciclarse. Dentro de este grupo se encuentra el poliestireno (PS) que es actualmente el tipo de plástico más común en los pitillos que se fabrican mundialmente (Meneses, Corrales, & Valencia, 2007).

Cada polímero tiene características diferentes pero su origen es el mismo: Material orgánico (Bustamante, 2012). Según su naturaleza, los polímeros pueden clasificarse en: **plásticos naturales** que son productos de la naturaleza que pueden ser moldeados con calor como las resinas de los árboles; **plásticos semisintéticos**, que son polímeros derivados de productos naturales, pero han sido modificados con la adición de otras sustancias químicas; y **plásticos sintéticos**, que son resultado de la alteración de la estructura molecular de materiales provenientes de hidrocarburos (Góngora, 2014). Como resultado de los amplios estudios de producción, maleabilidad y resistencia de estos últimos, a nivel mundial se cuenta con una amplia variedad de plásticos como el polietileno tereftalato (PET), polipropileno (PP), poliestireno (PS), cloruro de polivinilo (PVC), politetrafluoroetileno, acrílicos, acetatos, policarbonatos, plásticos epóxicos y uretanos (espumas) (Bustamante, 2012). En general los plásticos tienen propiedades muy buenas para lograr el aislamiento térmico y eléctrico, y presentan muy buena resistencia a los ácidos y disolventes químicos (Escuela colombiana de Ingeniería, 2007) por lo que sus usos se han diversificado incrementando la demanda de plásticos de forma alarmante (Bustamante, 2012).

Actualmente, para frenar la contaminación asociada al uso de pitillos plásticos, se han desarrollado materiales alternativos como los **plásticos oxo-biodegradables**, que son polímeros sintéticos

convencionales que satisfacen todas las características anteriormente mencionadas, pero en lugar de tener una larga cadena ininterrumpida de monómeros, cuentan con un aditivo adicional cada cierto número de monómeros (Hernández K. , 2013): sales metálicas como hierro, magnesio, níquel y cobalto. Estas sales catalizan el proceso de degradación natural y al activarse rompen la cadena polimérica en pequeñas moléculas por cada espacio en la que está presente la sal, y causan la degradación acelerada del material. La degradación depende de la acción combinada de los rayos UV solares, el calor, el oxígeno y el estrés mecánico al que es sometido el material (Castellón H. , 2013).

Sin embargo estos polímeros han sido ampliamente criticados por la asociación European Bioplastics (EB), pues los plásticos oxo-biodegradables no cumplen los cuatro principios básicos de los materiales biodegradables: deben tener baja cantidad de metales pesados en su **composición**, su biodegradación debe ser completa de forma natural, su **desintegración** debe ser total y el compuesto debe estar en capacidad de desaparecer por completo, y por último deben satisfacer requisitos de **calidad**, aprobando pruebas agronómicas y de eco toxicidad. Se ha demostrado que los plásticos oxo-biodegradables no cumplen con la segunda y tercera cláusula, pues la ruptura de la cadena polimérica provoca que el material reduzca su tamaño, pero no se descomponga por completo. Por el contrario, estos polímeros generan los conocidos **microplásticos**, que son plásticos no degradables de diámetros muy pequeños y que permanecen por mucho tiempo en el medio (Castellón H. , 2013).

El desarrollo de polímeros biodegradables naturales ha sido motivo de creciente interés por investigadores de todo el mundo. El proceso consiste en sustituir la base del polímero y en lugar de tomar derivados petroquímicos se pueden implementar materiales como el almidón de diferentes plantas, que también representa alto contenido de materia orgánica a partir de la cual se pueden elaborar plásticos. El **almidón** es un polímero de condensación formada por cientos de monómeros de glucosa provenientes de la polimerización de la glucosa que sintetizan las plantas en los procesos de fotosíntesis. En su estructura se encuentran dos tipos de moléculas: La **amilosa** que es la molécula lineal enrollada en forma de hélice y que corresponde a casi el 20% de la molécula de almidón, y la **amilopectina** (80% restante) que es la molécula de estructura ramificada (Meneses, Corrales, & Valencia, 2007). El almidón es la sustancia base que permite a las plantas almacenar nutrientes por periodos prolongados de tiempo. Es el caso de las raíces como la yuca, los tubérculos como la papa y semillas como el trigo (García A. , 2015).

Para el desarrollo de los polímeros naturales a base de almidón es necesario cumplir con dos procesos esenciales. El primero es la **gelatinización**, que se define como la pérdida de cristalinidad de los gránulos del almidón al estar en contacto con calor y agua, ya que en medio de una suspensión acuosa los granos se hinchan gracias a la absorción osmótica de agua de las células vegetales del grano, y posterior a esto se forma un gel. El segundo proceso es conocido como **desestructuración**, el cual consiste en obtener una masa homogénea del polímero, en donde intervienen factores como la temperatura, el tiempo de residencia, cantidad de energía aplica y contenido de agua, teniendo en cuenta que cuándo esta última es muy alta, disminuye el grado de desestructuración (Ruiz G. , 2006). La principal diferencia que existe en la fabricación de diferentes materiales a partir de almidones, es la cantidad de agua y/o plastificante que es empleado, la cual suele estar por debajo del 20% (Ruiz G. , 2006).

El almidón entonces cumple una función indispensable para el diseño de nuevos productos que sustituyan el uso de plásticos convencionales, y de este modo se podrían diseñar pitillos comestibles a base de componentes como el salvado de trigo, la fécula de maíz o las cáscaras de plátano o de papa.

La característica de **comestible** de un producto, depende de que el material no tenga características de toxicidad y pueda ser digerido con normalidad por el metabolismo humano (Figueroa, Salcedo, & Narváez, 2013). El diseño del pitillo comestible requiere la elaboración de un **prototipo**, el cuál es el primer artefacto elaborado que permitirá evaluar su funcionalidad (Arboleda, García, Posada, & Torres, 2009). Este prototipo debe ser elaborado con un material obtenido a través del método científico de la **experimentación**, que se basa en la provocación y estudio de los fenómenos y sus dinámicas en los sistemas (Sánchez, Los métodos de investigación, 2012), mediante pruebas aleatorias que permitan obtener diferentes materiales, cada uno con propiedades específicas que los convierten en más o menos apropiados para elaborar el pitillo comestible. Este **pitillo** debe cumplir con la función de facilitar la ingesta de líquidos, pues en la cotidianidad de las comunidades el uso de estos elementos se ha convertido una acción casi indispensable en casos como el consumo de bebidas frapeadas, bebidas muy espesas, ingesta de líquidos por niños, adultos mayores o personas con motricidad reducida.

Los pitillos comestibles necesitan de características estructurales que les permitan ser viables para su uso. Deben ser **resistentes** para oponerse a la acción de fuerzas externas que podrían deformar su **estructura** y culminar con su vida útil, deben ser **consistentes** por lo cual no pueden perder su estabilidad ni su solidez (Meneses, Corrales, & Valencia, 2007). Deben tener un nivel de **humedad** adecuado, de forma que la cantidad de agua que contenga el material le permita tener la consistencia deseada (Ferrer, Marfisi, Danglad, Ceconelo, & Rojas, 2013), ya que de presentarse un exceso de esta, se provocaría que el material pierda consistencia por la cantidad de poros presentes (Meneses, Corrales, & Valencia, 2007).

El **salvado de trigo**, también conocido como harinilla, es un subproducto de la industria de molienda del trigo, resultante de los procesos de molturación y cernido del grano para la obtención de harina. Este subproducto representa cerca del 25% del peso total del trigo, y está constituido por fracciones de germen, aleurona, endospermo harinoso y variables de tegumentos. Alcanza un contenido de 20% de almidón en función de la amilosa y la amilopectina que contiene el germen (De Blas, Mateos, & Rebollar, 2011). Este subproducto es potencialmente útil para la elaboración de los pitillos comestibles dado su alto contenido en almidón, su bajo costo y su alta disponibilidad en el mercado. Es considerado como un alimento, por lo que no implica tratamiento especial para reducir características de peligrosidad y tiene un gran aporte nutricional de vitaminas y diferentes nutrientes (García G. , 2016).

Para evaluar la viabilidad del pitillo comestible a base de salvado de trigo se debe tener en cuenta su **potencial técnico y de mercado**. Para el primero, es necesario tener en cuenta las condiciones de fabricación de la composición adecuada, los insumos requeridos y el espacio que será utilizado (Lemus, Castillo, & Soto, 2016), así como los resultados de las pruebas aplicadas a la composiciones obtenidas que permitirán evaluar su resistencia de modo que el producto sea útil para su uso (Ruiz G. , 2006). Se debe tener en cuenta aspectos cualitativos como la apariencia, la fragilidad, la textura, el olor y el color de cada composición. Es importante que no haya presencia de polvos ni manchas superficiales al tacto, ni olores desagradables que puedan perjudicar la percepción del producto. También se debe considerar la humedad y la **capacidad de absorción del agua**, en donde se tiene en cuenta la cantidad de agua que es capaz de retener la composición y su hinchamiento (Ferrer, Marfisi, Danglad, Ceconelo, & Rojas, 2013).

La evaluación del potencial de mercado hace referencia a las oportunidades de venta que tiene el producto dentro del entorno comercial. Se debe contemplar el interés por adquirir un producto de este tipo, teniendo en cuenta la competencia y la oferta que ésta genera (Lemus, Castillo, & Soto, 2016).

Para la fase inicial se debe tener claro el **mercado objetivo** es decir el grupo target en el que se deben centrar las acciones y esfuerzos para poder ingresar el producto al mercado teniendo en cuenta el sector, tamaño, ubicación geográfica y cultura organizacional (Trillo, 2011).

#### 8.4. Marco Teórico

A continuación, se desarrollan las principales teorías que enmarcan la investigación sobre pitillos comestibles. Se parte por entender que la complejidad de los problemas ambientales actuales radica en la percepción errónea que se tiene de los sistemas del entorno, pues hasta el momento se han estudiado como sistemas cerrados y aislados y sus consecuencias han sido encapsuladas en el sistema que se conoce. En la realidad se sabe que la interacción entre los componentes, los subsistemas y los sistemas componen un sistema mayor conocido como universo, que es abierto, continuo y cambiante y esto da pie para el desarrollo del enfoque sistémico (Tellez, 2012). Bajo este contexto, la sostenibilidad busca la conservación de los sistemas de la mejor forma que sea posible, de modo que se han desarrollado diferentes tipos de sostenibilidad con puntos de vista alternativos como la sostenibilidad económica, social y ecológica correspondientes cada una a un tipo de sistema independiente. La sostenibilidad bajo la percepción del enfoque sistémico comprende que tanto el entorno como las relaciones específicas dentro de él, son altamente cambiantes, y cada cambio representa un avance para el sistema que se conoce (Gallopín, 2003).

Lo fundamental entonces, no es intentar suprimir los cambios de los sistemas, sino evitar que esas fluctuaciones destruyan los recursos y sus fuentes de renovación, asegurando que los sistemas logren recuperarse de las perturbaciones a las que están expuestos por ser abiertos. El “desarrollo” busca entonces un cambio gradual y hacia una dirección específica, y lo que se debe “sostener” es la idea de mejorar la condición de vida; así nace el término **desarrollo sostenible**, buscando que los cambios futuros mejoren siempre la calidad de vida de las comunidades. Este desarrollo se basa en la interacción armónica de sus tres pilares fundamentales: El social, el ecológico y el económico. Se busca que las comunidades, naturales o antrópicas, puedan hacer frente a los cambios de la mejor manera y sufran la menor cantidad de impactos asociados como les sea posible (Gallopín, 2003).

Para avanzar hacia el Desarrollo Sostenible es necesario primero eliminar los obstáculos que impiden el progreso armónico, identificar y proteger la base de los conocimientos y la experiencia adquirida, sostener las bases naturales para la adaptación y renovación de las interacciones, y por último estimular la innovación, la experimentación y la creatividad (Gallopín, 2003). El presidente de la Asamblea General de las Naciones Unidas, Mogens Lykketoft afirma que la Agenda 2030 sobre Desarrollo Sostenible es ambiciosa ya que “se necesita reducir las inequidades y proteger nuestro hogar común, cambiando los patrones insostenibles de consumo y producción” (UN, 2015).

El desarrollo sostenible se concibe bajo una **visión ecocentrista**, que se basa en la noción del ser humano como ser ecodependiente, y que incluye a su entorno como principio básico para su desarrollo. La carencia de una visión ecocentrista ha llevado al crecimiento del modelo de civilización dominante, que se centra en la superproducción de bienes, y el superconsumo (para los privilegiados económicamente) o subconsumo (para quienes tienen limitaciones económicas) de estos bienes, incrementando paulatinamente la brecha de la desigualdad en el mundo (Novo, 2009).

Para resolver los problemas del crecimiento y desarrollo insostenible, nace la **economía ecológica**, como una ciencia que busca abordar la evolución armónica entre el hombre y la naturaleza, evitando

que la actividad económica supere la capacidad de carga del planeta (Cadenas, 2012). Define como lineamiento que el sistema económico es un sistema abierto que se relaciona constantemente con los ecosistemas y los sistemas sociales, y busca que todos sus componentes sean valorados, teniendo en cuenta las funciones que cumplen para el mantenimiento de la biósfera y la calidad de vida humana (García M. , Apuntes de Economía Ecológica, 2003). Este tipo de economía entiende que para el funcionamiento del sistema es necesario el consumo de recursos, de forma que la generación de desperdicios al ambiente es también una actividad necesaria. Sin embargo, la economía ecológica busca contemplar y centrarse en las posibilidades para frenar la utilización de recursos a un ritmo desmesurado, que ocasiona que se emitan contaminantes a un ritmo incapaz de ser aceptado por los ecosistemas (Foladori, 2010).

Como estrategia fundamental para disminuir los impactos del crecimiento económico insostenible debido a la demanda desmesurada de bienes y servicios, nace el modelo de **producción y consumo sostenible**, que responde al doceavo objetivo de los *17 Objetivos del Desarrollo Sostenible* establecidos por las Naciones Unidas en el 2000. Este objetivo busca fomentar el uso eficiente de los recursos y la energía, la construcción de infraestructuras que no dañen el medio ambiente, la mejora del acceso a los servicios básicos y la creación de empleos ecológicos, justamente remunerados y con buenas condiciones laborales. La meta fundamental es hacer más y mejores cosas con el consumo de menor cantidad de recursos, generando un valor agregado por la reducción de los recursos consumidos y la contaminación asociada a éstos (UN, S.F.). La estrategia no se centra únicamente en las empresas productoras y comercializadoras que deben analizar el ciclo de vida del producto que están fabricando, o los puntos críticos de sus procesos de comercialización; también es importante la participación de los consumidores, quienes deben encargarse de actuar de forma reflexiva a la hora de comprar, y deben elegir las opciones sostenibles siempre que sea posible (UN, 2016).

Colombia ha afianzado estas metas mediante la creación de la Política de Producción y Consumo Sostenible, que busca dirigir los patrones de producción y consumo hacia la sostenibilidad ambiental, contribuyendo a la competitividad de las empresas y al bienestar de la población, incrementando la oferta y la demanda de productos y servicios más sostenibles, reduciendo la contaminación y fomentando el uso sostenible de la biodiversidad y sus recursos, ya que se utiliza el mercado como fuente generador de beneficios sociales y ambientales. Una de las estrategias propuestas para alcanzar estas metas, es el **emprendimiento de negocios verdes**, los cuales son productos o servicios que cuentan con cualidades ambientales, o que aprovechan sosteniblemente los recursos. Esta estrategia va dirigida a empresas que desarrollen actividades a favor del uso energético eficiente, de la adaptación al cambio climático, del manejo de residuos, de las tecnologías más limpias y del uso sostenible de la biodiversidad (MADS, 2012).

En el 2013, el Estado colombiano se adhirió a la Declaración de Crecimiento Verde de la OCDE (Organización para la cooperación y el Desarrollo Económico), con la finalidad de aprovechar los recursos naturales del país al máximo, mediante el reconocimiento del capital natural como un factor de producción sostenible, enfatizando en los procesos de innovación o desarrollo tecnológico que permiten agregar valor al producto durante todo su ciclo de vida (MADS, 2016)

## 8.5. Marco Legal

En las tablas que se presentan a continuación, se encuentra la normativa a nivel internacional y nacional que aplica para la realización de este proyecto que busca evaluar el potencial técnico del

salvado de trigo como materia prima para la elaboración de pitillos comestibles, con el fin de dar una alternativa de solución para disminuir la cantidad de residuos plásticos que contaminan los ecosistemas alrededor del mundo.

Tabla 2. *Normativa internacional referente al proyecto*

<b>Declaración de Estocolmo sobre el Medio Ambiente Humano (ONU, 1972)</b>
<p><b>Tema general.</b> Proclama 7 declaraciones y 26 principios sobre el Medio Ambiente Humano</p> <p><b>Ítems específicos.</b></p> <p><b>Declaraciones</b></p> <p>2. La protección y mejoramiento del medio ambiente humano es una cuestión fundamental que afecta al bienestar de los pueblos y al desarrollo económico del mundo entero, un deseo urgente de los pueblos de todo el mundo y un deber de todos los gobiernos.</p> <p>3.El hombre debe hacer constante recapitulación de su experiencia y continuar descubriendo, inventando, creando y progresando.</p> <p><b>Principios</b></p> <p>1. El hombre tiene derecho fundamental a la libertad, la igualdad y el disfrute de condiciones de vida adecuadas en un medio ambiente de calidad tal que le permita llevar una vida digna y gozar de bienestar, y tiene la solemne obligación de proteger y mejorar el medio ambiente para las generaciones presentes y futuras.</p> <p>2. Los recursos naturales de la tierra incluidos el aire, el agua, la tierra, la flora y la fauna y especialmente muestras representativas de los ecosistemas naturales, deben preservarse en beneficio de las generaciones presentes y futuras, mediante una cuidadosa planificación u ordenación, según convenga.</p> <p>5. Los recursos no renovables de la tierra deben emplearse de forma que se evite el peligro de su futuro agotamiento y se asegure que toda la humanidad comparte los beneficios de tal empleo.</p> <p>6. Debe apoyarse la justa lucha de los pueblos de todos los países contra la contaminación.</p> <p>7. Los Estados deberán tomar todas las medidas posibles para impedir la contaminación de los mares por sustancias que puedan poner en peligro la salud del hombre, dañar los recursos vivos y la vida marina, menoscabar las posibilidades de esparcimiento o entorpecer otras utilidades legítimas del mar.</p>
<b>Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (UNESCO, 1992)</b>
<p><b>Tema general.</b> Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano, aprobada en Estocolmo el 16 de junio de 1972, y tratando de basarse en ella, con el objetivo de establecer una alianza mundial nueva y equitativa mediante la creación de nuevos niveles de cooperación entre los Estados, los sectores claves de las sociedades y las personas, procurando alcanzar acuerdos internacionales en los que se respeten los intereses de todos y se proteja la integridad del sistema ambiental y de desarrollo mundial.</p> <p><b>Ítems específicos</b></p> <p>Los mismos principios que para la Declaración de Estocolmo sobre el Medio Ambiente Humano.</p>
<b>Conferencia Intergubernamental Para La Adopción De Un Programa De Acción Mundial Para La Protección Del Medio Marino Frente A Las Actividades Realizadas En Tierra (ONU, 1995)</b>
<p><b>Tema general.</b> Fortalecer la cooperación internacional y los mecanismos institucionales existentes y, cuando proceda, establecer nuevos arreglos para ayudar a los Estados y a los grupos regionales a tomar medidas continuadas para hacer frente a los efectos en el medio marino de las actividades realizadas en tierra.</p>

<p><b>Ítems específicos.</b> 140. La basura, en particular los materiales plásticos, amenaza la vida marina siendo causa de enmarañamientos, asfixia u objeto de ingestión, además de estropear el paisaje de las zonas marinas y costeras, como se reconoce en forma generalizada, con los consiguientes perjuicios para el turismo y la estética en general. Se entiende por basura todo material sólido persistente, manufacturado o elaborado, que se desecha, elimina o abandona en el medio marino y costero; a veces se la denomina detritos marinos. La basura presente en el medio marino también puede destruir los hábitats costeros y, en ciertos casos, afectar a la producción biológica de las zonas costeras.</p>
<b>ISO 17422 (2002)</b>
<p><b>Tema general.</b> Proporciona una estructura para la inclusión de aspectos ambientales en las normas para productos de plástico. <b>Ítems específicos.</b> La totalidad de la guía es útil. Se rescata: el estándar proporciona una guía de valor para aquellos involucrados en el trabajo de diseño y otras actividades donde se consideran los aspectos ambientales de los plásticos.</p>
<b>Declaración Rio +20 el futuro que queremos (ONU, 2012)</b>
<p><b>Tema general.</b> Se renueva el compromiso en pro del desarrollo sostenible y de la promoción de un futuro económico, social y ambientalmente sostenible para nuestro planeta y para las generaciones presentes y futuras. <b>Ítems específicos.</b> Ítem 163 y 218 del Marco para la acción y seguimiento: 163. Observamos con preocupación que la salud de la biodiversidad de los océanos y los mares está afectada negativamente por la contaminación marina, incluidos los detritos marinos, en especial los plásticos, los contaminantes orgánicos persistentes, los metales pesados y los compuestos nitrogenados, procedentes de varias fuentes marinas y terrestres, entre ellas las actividades navieras y las escorrentías. Nos comprometemos a tomar medidas para reducir la incidencia y los efectos de esa contaminación en los ecosistemas marinos, entre otras cosas mediante la aplicación efectiva de los convenios pertinentes adoptados en el marco de la Organización Marítima Internacional (OMI) y el seguimiento de las iniciativas pertinentes, como el Programa de Acción Mundial para la protección del medio marino frente a las actividades realizadas en tierra, así como a adoptar estrategias coordinadas a tal fin. Nos comprometemos además a tomar medidas, para 2025, basadas en los datos científicos reunidos, para lograr una reducción significativa de los detritos marinos a fin de prevenir los daños para el medio costero y marino.</p>
<b>Conferencia sobre los océanos (ONU, 2017)</b>
<p><b>Tema general.</b> La Conferencia de alto nivel de las Naciones Unidas para Apoyar la Consecución del Objetivo de Desarrollo Sostenible 14: Conservar y Utilizar Sosteniblemente los Océanos, los Mares y los Recursos Marinos para el Desarrollo Sostenible. <b>Ítems específicos.</b> Objetivo 1 de la conferencia: Encontrar formas de apoyar la consecución del Objetivo de Desarrollo Sostenible 14.</p>

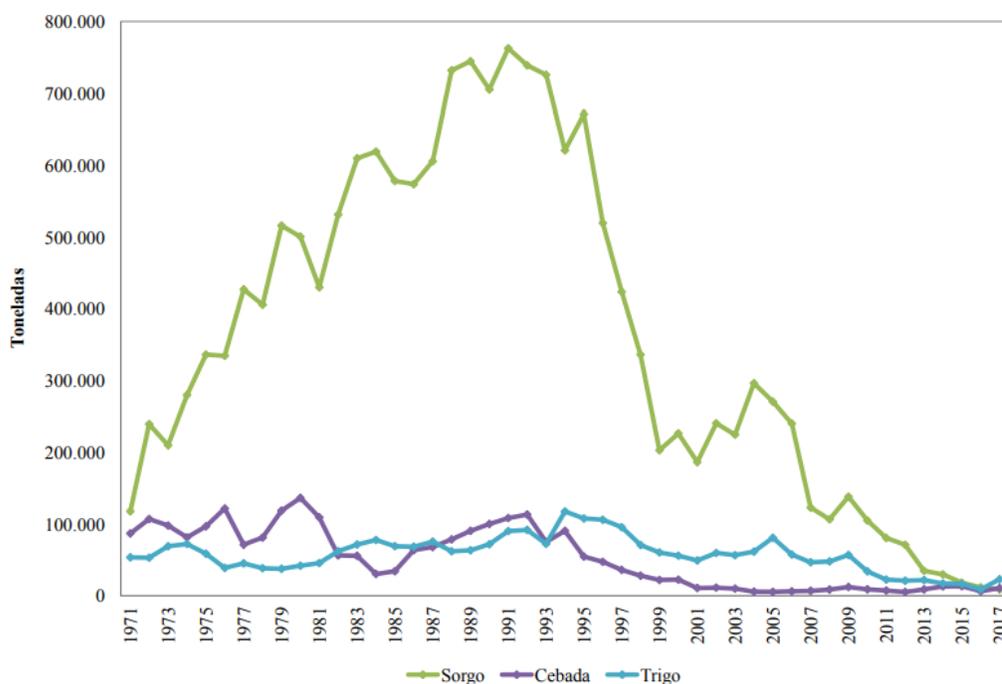
Tabla 3: Normativa Nacional referente al proyecto

Norma	Año	Expide	Título
<b>Constitución Política Colombiana</b>	<b>1991</b>	Rama Judicial República de Colombia	La Carta Magna de la República de Colombia

<b>Numerales específicos:</b>			
<u>Artículo 79:</u> Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.			
<u>Artículo 80:</u> El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.			
<b>Decreto-Ley 2811</b>	<b>197 4</b>	Gobierno Nacional	Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
<b>Numeral específico:</b>			
<u>Artículo 1:</u> El ambiente es patrimonio común. El Estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo, que son de utilidad pública e interés social.			
<b>Ley 9</b>	<b>197 9</b>	Congreso de Colombia	Ley Sanitaria Ambiental
<b>Numeral específico:</b>			
<u>Artículo 1:</u> Para la protección del Medio Ambiente la presente ley establece las normas generales que servirán de base a las disposiciones y reglamentaciones necesarias para preservar, restaurar y mejorar las condiciones sanitarias en lo que se relaciona a la salud humana.			
<b>Ley 99</b>	<b>199 3</b>	Congreso de Colombia	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental -SINA- y se dictan otras disposiciones.
<b>Numeral específico:</b>			
<u>Artículo 1:</u> El proceso de desarrollo económico y social del país se orientará según los principios universales y del desarrollo sostenible contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de junio de 1992 sobre Medio Ambiente y Desarrollo.			
<b>Decreto 3095</b>	<b>199 7</b>	Presidencia de la República	Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 09 de 1979 y se dictan otras disposiciones.
<b>Numeral específico:</b>			
<u>Artículo 1:</u> La salud es un bien de interés público. En consecuencia, las disposiciones contenidas en el presente Decreto son de orden público, regulan todas las actividades que puedan generar factores de riesgo por el consumo de alimentos.			
<b>Resolución 1555</b>	<b>200 5</b>	MAVDT	Por medio de la cual se reglamenta el uso del Sello Ambiental Colombiano.
<b>Numeral específico:</b>			
<u>Artículo 2:</u> Establézcase el Reglamento de Uso del Sello Ambiental Colombiano, para la promoción de productos que pueden reducir los efectos ambientales adversos, en comparación con otros productos de la misma categoría, contribuyendo así a un uso eficiente de los recursos naturales y a un elevado nivel de protección del medio ambiente.			
<b>Política Nacional de Producción y Consumo</b>	<b>201 1</b>	MADS	“Orientar el cambio de los patrones de producción y consumo de la sociedad colombiana hacia la sostenibilidad ambiental, contribuyendo a la

<b>Sostenible</b>			competitividad de las empresas y al bienestar de la población.”
<b>Plan Nacional de Negocios Verdes</b>	<b>2014</b>	MADS	Definir los lineamientos y proporcionar herramientas para la planificación de decisiones que permitan el desarrollo, el fomento y la promoción tanto de la oferta como de la demanda de los Negocios Verdes y Sostenibles en el país, a través de la implementación de una plataforma adecuada de instrumentos, incentivos, coordinación y articulación institucional que conlleve al crecimiento económico, la generación de empleo y la conservación del capital natural de Colombia.
<b>Resolución 668</b>	<b>2016</b>	MADS	Por la cual se reglamenta el uso racional de bolsas plásticas y se dictan otras disposiciones.
<b>Resolución 1407</b>	<b>2018</b>	MADS/ANLA	Por la cual se reglamenta la gestión ambiental de los residuos de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio, metal y se toman otras determinaciones.
<b>Proyecto de Ley 099</b>	<b>2017</b>	N/A	Fomenta el uso de recipientes plásticos biodegradables. <i>Aprobado en primer debate</i>
<b>Proyecto de Ley 123</b>	<b>2018</b>	N/A	Regular la fabricación, comercialización y distribución de elementos plásticos de un solo uso <i>Nuevo</i>

### 8.6. Marco Geográfico



a 3. Producción de trigo 1971 - 2017. Fuente: (Fenalce, 2017).

El trigo, es un cereal originario de las montañas de Turquía en el año 12.000 a.C. (aproximadamente), que fue distribuido por la cuenca del Mediterráneo

durante varios años, hasta llegar al continente europeo en el 7.000 a.C. Durante el periodo de colonización y conquista de las Américas, los colonos introdujeron semillas de trigo, avena y cebada a los territorios de la India, de forma que la aparición de estos granos en el Nuevo Reino de Granada se dio a través del puerto de Santa Marta. En el año 1540 se instalaron los primeros molinos en las zonas altas de Nariño y en lo que ahora se conoce como el altiplano cundiboyacense, convirtiendo estos dos departamentos en las zonas potencialmente productoras de trigo dentro del país, pues las condiciones geográficas de estos departamentos favorecía la formación del grano, pues se cuenta con relieves entre los 2.200 y los 3.000 m.s.n.m. (Álvarez & Chaves, 2017).

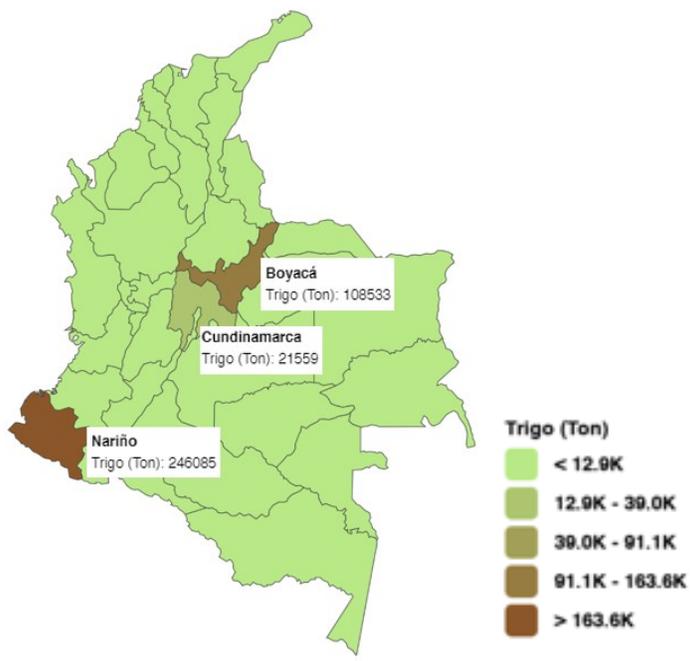


Figura 4: Mapa de producción de trigo en Colombia 2005-2017. Fuente: Autores.

En el año 1950 fueron sembrados cerca de 145.000Ha de trigo en todo el país y para el 2016 solamente se reportaron 6.195Ha. El decrecimiento en la producción ha sido significativo en los últimos años como se muestra en la Figura 3, principalmente como consecuencia del fortalecimiento de los tratados de libre comercio firmados en 2007 y 2008 con EEUU y Canadá respectivamente, que han incrementado las brechas de desigualdad de los agricultores internacionales tienen subsidios 16 veces más grandes que los colombianos. Sin embargo, el trigo se rehúsa a desaparecer. Las 6.195 Ha producidas en 2016, buscan satisfacer nichos de mercado específico como la repostería, la pastelería y el mejoramiento de la calidad harinera. Estos nuevos intereses de la industria junto con el creciente mejoramiento agronómico del país, que se enfoca en el desarrollo de la producción en zonas agroecológicas específicas, hacen que la tendencia de los cultivos de trigo no disminuya más, pero permanezcan en equilibrio (Álvarez & Chaves, 2017).

Para el periodo de 2005 a 2017, los departamentos de Nariño, Boyacá y Cundinamarca produjeron un total 377.543 Toneladas de trigo, como se muestra en la Figura 4 (Fenalce, 2017). Esta actividad dejó una cifra aproximada de 94.386 toneladas de residuos como subproductos del procesamiento del trigo, dentro de los cuales se destaca el Salvado de Trigo (De Blas, Mateos, & Rebollar, 2011). El desarrollo de este proyecto plantea la utilización de este subproducto que aparece como residuo del procesamiento

del trigo, para lograr disminuir el impacto negativo asociado a la generación de residuos y al desperdicio de materias primas.

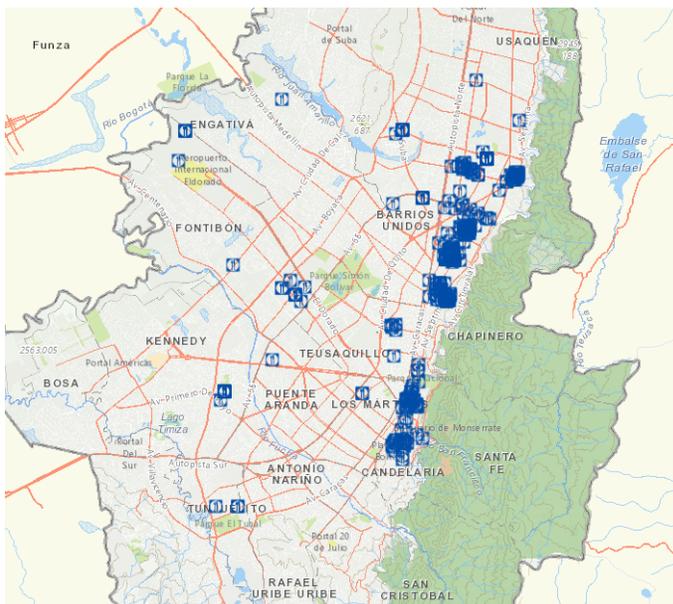


Figura 5. Distancia promedio de transporte terrestre de la materia prima desde los departamentos de Nariño, Cundinamarca y Boyacá. Fuente: Autores.

Las pruebas elaboradas para producción de los pitillos comestibles a base de salvado de trigo, tienen lugar en los laboratorios del programa de innovación tecnológica del Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, que se ubican en el Tecnoparque SENA, los cuales se encuentran en la localidad de Chapinero en la ciudad de Bogotá. En este lugar se cuenta con la ventaja de tener 2 de los departamentos con más altos niveles de producción de trigo, a una corta distancia, lo que beneficiaría la obtención y el transporte de la materia prima hasta los laboratorios. Si se trae el salvado de trigo directamente desde Cundinamarca o Boyacá, se transportaría aproximadamente por 400 Km vía terrestre (Figura 5). El salvado de trigo actualmente es comercializado para consumo animal, así que hay cadenas comerciales que distribuyen este producto dentro de la ciudad de Bogotá, lo que acortaría significativamente la distancia de

transporte, pero incrementaría el costo de adquisición.

Los pitillos comestibles son objeto de interés de los establecimientos comerciales dedicados a la venta de productos gastronómicos en Colombia, ya que para la mejora de su imagen como marca, pueden optar por el consumo de este tipo de productos de bajo impacto ambiental asociado (García G. , 2016). Solamente en la capital del país, se registraron para finales del año total de 334 establecimientos gastronómicos, de los cuales el 46% encuentran ubicados en la localidad Chapinero y el 21% en Usaquén, representa en la Figura 6 (Alcaldía Bogotá, 2018).



2017 un  
se  
de  
como se  
de

## 9. Diseño Metodológico

De acuerdo a la clasificación que propone Roberto Hernández Sampieri, reconocido investigador internacional, en su libro “*Metodología de la Investigación*”, este proyecto cuenta con un *enfoque mixto* (Hernandez, 1991), ya que se desarrolla una investigación cualitativa que tiene en cuenta necesidades y problemas, como es el caso de la contaminación por plásticos que está afectando ecosistemas y comunidades, y también es una investigación cuantitativa pues se espera realizar mediciones para estructurar la composición apropiada que permita evaluar el potencial técnico del salvado de trigo como materia prima para elaborar pitillos comestibles (García G. , 2016), y posee las características de ser probatoria y secuencial, ya que se debe comprobar la validez o invalidez de la hipótesis planteada inicialmente, ya que sin comprobar la validez de ésta hipótesis no es posible continuar con la realización del proyecto (Hernandez, 1991):

---

*El salvado de trigo tiene el potencial técnico adecuado para la elaboración de pitillos comestibles, y son lo suficientemente resistentes hasta por 40 minutos después de ser introducido en alguna bebida.*

---

Según lo propuesto por Roberto Hernández, el proyecto tiene un alcance *exploratorio*, ya que pretende ahondar en la información existente sobre un tema que ha sido poco estudiado, pues, aunque se encuentran estudios en cuanto a biodegradabilidad de los materiales naturales, la fabricación de pitillos comestibles exige innovación para la proposición de nuevas materias primas resistentes, biodegradables y comestibles. Para esto es necesario detallar las propiedades y características de los materiales naturales como el salvado de trigo, para poder determinar la composición adecuada del mismo, proceso que le da al proyecto un alcance *descriptivo*, y también uno *correlacional* pues finalmente se comparan diferentes variables que componen sus atributos técnicos, con las variables de un pitillo convencional elaborado a base de polímeros plásticos, lo que permitirá determinar si el pitillo elaborado es útil para su uso o no (Hernandez, 1991).

De este modo, el objetivo del proyecto es evaluar el potencial técnico del salvado para elaborar el pitillo comestible, basándose en la observación y la experimentación, de forma que se pueda identificar la influencia de las variables que permiten elaborar el pitillo comestible, lo cual define al proyecto como una *investigación inductiva*. Este tipo de investigaciones parten de la recolección de datos mediante la observación, de forma que estos sirvan para el planteamiento de nuevos experimentos en base a las conclusiones obtenidas durante el proceso (Bisquerra, 1989). Lo anterior se debe llevar a cabo mediante la ejecución de las siguientes metodologías para el desarrollo de cada uno de los objetivos planteados como se muestra en la Figura 7:

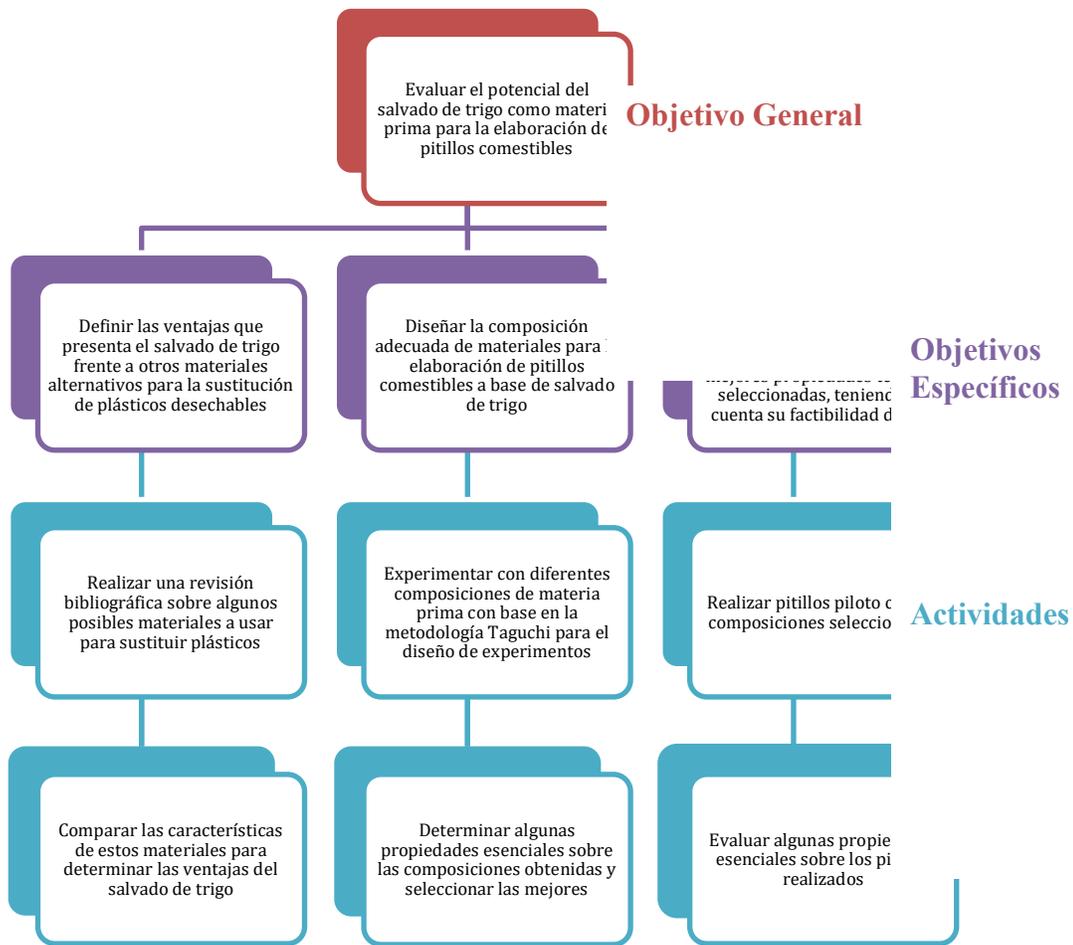


Figura 7. Diseño metodológico para el desarrollo del proyecto. Fuente: Autores

9.1. Identificar las ventajas que presenta el salvado de trigo frente a otros materiales alternativos existentes para la sustitución de plásticos desechables.

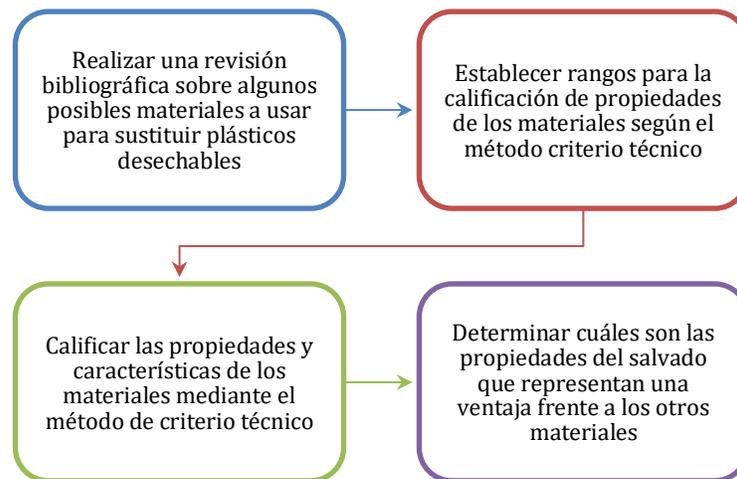


Figura 8. Diseño metodológico para encontrar posibles materiales para la sustitución de plásticos. Fuente: Autores.

Con el fin de lograr comprender y describir las propiedades que hacen viables o no a los materiales para la fabricación de pitillos comestibles, se sigue la metodología presentada en la Figura 8. Para realizar de forma adecuada la búsqueda de referencias bibliográficas que nos aporten conocimiento sobre la elaboración de pitillos comestibles, se parte por emplear términos clave como “pitillo comestible”, “pitillo biodegradable”, “plástico comestible” o “plástico biodegradable” (Jurado, 2005).

La información recopilada debe ser registrada a medida que se va obteniendo (Peña, 2014), y las conclusiones sobre las características de los materiales deben ser estructuradas a través de la tabla que se plantea a continuación, que hace referencia al “método de criterio técnico” el cual permite evaluar por medio de la comparación, la calidad del mejor producto obtenido. En este caso ayuda a calificar a través de un rango base las ventajas que tiene el salvado de trigo como material viable para el desarrollo de pitillos comestibles frente a otros bioplásticos (Ángeles, 2015).

Tabla 4. *Método de criterio técnico para la comparación de materiales.*

<b>Características</b>	<b>Rango base</b>	<b>Material 1</b>	<b>Material 2</b>	<b>Material 3</b>	<b>Material 4</b>
<b>Tipo de fuente de obtención</b>					
<b>Fuente obtención</b>					
<b>Degradabilidad</b>					
<b>Diámetro del gránulo (µm)</b>					
<b>Contenido de amilosa y amilopectina</b>					
<b>Resistencia a rangos de temperatura</b>					
<b>Permeabilidad</b>					
<b>Impactos sociales</b>					
<b>Impactos ecológicos</b>					
<b>Impactos económicos</b>					

### 9.2. Diseñar la composición adecuada de materiales para la elaboración de pitillos comestibles a base de salvado de trigo

Para poder elaborar los pitillos comestibles se siguen los procedimientos que se plantean en la Figura 9, en donde se emplean dos métodos principales: el método científico y el método de observación sistemática controlada. El primero de estos consiste en un método teórico en donde su punto de partida y llegada es un conjunto racional de ideas acerca de la realidad percibida, por lo que se basa en la duda y la incertidumbre (Albert, 2006). Para esto, se emplea la metodología “Taguchi” para el diseño de experimentos, mediante pruebas de contraste y réplica con los diferentes materiales sugeridos para la

elaboración del pitillo comestible, obteniendo resultados a partir de revisiones y comprobaciones experimentales (Albert, 2006).

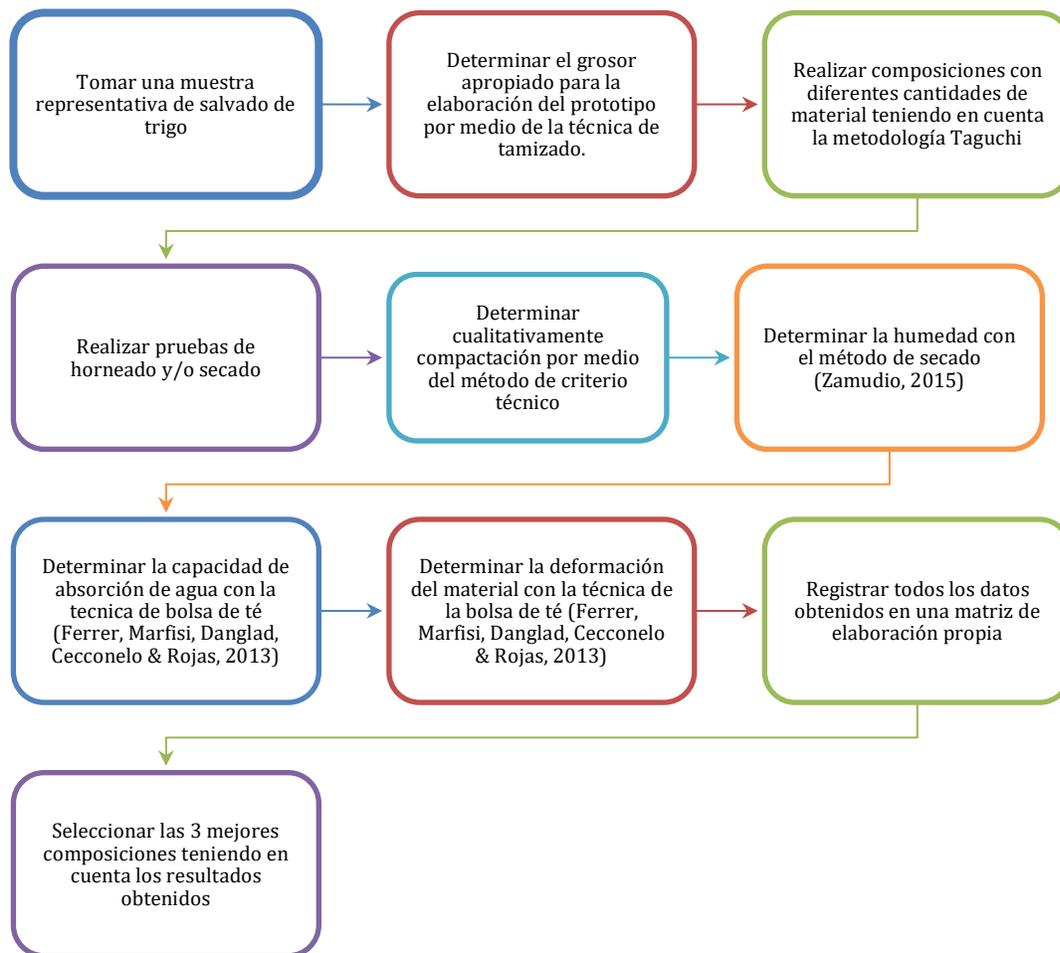


Figura 9. Diseño metodológico para la obtención del material física y mecánicamente adecuado para elaborar pitillos a base de salvado de trigo. Fuente: Autores.

Por otro lado, la observación sistemática controlada consiste en planificar el desarrollo de las pruebas que se deben elaborar para la elaboración de los pitillos. Para garantizar la correcta toma de datos de la observación sistemática, el investigador debe contar con una libreta de notas en donde se registren los resultados durante la experimentación (no puede hacerse tiempo después para evitar la pérdida de detalles) (Cerdeña, 1991). Los datos básicos de cada laboratorio deben ser registrados en una libreta de notas y recopilados en el ANEXO 1. Tablas de laboratorios.

Los experimentos son diseñados con la metodología “Taguchi”, la cual consiste en un sistema matricial en donde se involucran las variables necesarias (mostradas en la Tabla 5) para la elaboración de los pitillos. Esta metodología arroja resultados aleatorios y representativos, en la menor cantidad de experimentales como sea posible (Meneses, Corrales, & Valencia, 2007). Para este proyecto se plantea la siguiente matriz que debe ser resuelta a medida que transcurren los experimentos:

Tabla 5. *Diseño de experimentos para la elaboración de pitillos comestibles.*

Composición	Salvado de trigo (g)	Agua (mL)	Glicerina (mL)	T (°C)	Fecha/ hora de realización	Fecha/ hora inicial de cocción	Fecha/hora final de cocción	Observaciones
n*								

\*n = Número de composiciones.

Los ingredientes para la elaboración de los pitillos comestibles fueron ajustados tomando como referencia los valores usados por Meneses, Corrales y Valencia para la elaboración de bioplásticos a partir de almidón de yuca. Se plantea el uso de agua y glicerina como plastificantes del almidón principal para lograr la gelatinización y posterior solidificación del salvado. Para la obtención del gránulo fino de salvado de trigo, se ajusta la metodología para utilizar un molino manual de hierro que permite obtener los gránulos deseados (Meneses, Corrales, & Valencia, 2007).

A las composiciones obtenidas se les deben evaluar características importantes como lo es la *humedad*, comparando la masa del material antes y después de ser secado durante 2 horas (Zamudio, 2005), y los datos obtenidos deben ser registrados en una tabla de la siguiente forma:

Tabla 6. *Determinación de humedad por el método de secado.*

Composición	W <sub>0</sub> (g)	W <sub>f</sub> (g)	Humedad (g)	% humedad
n*				

\*n = Número de composiciones.

La *capacidad de absorción del agua* debe ser cuantificada empleando la técnica de la bolsa de té, para la cual se deben elaborar empaques de tela similares a una bolsa de té, con el material dentro. Se debe pesar cada empaque antes de ser sumergido en un volumen de agua durante 2 horas. Posterior a ello, la bolsa de té se deja escurrir por 5 minutos y se vuelve a pesar para conocer la cantidad de agua absorbida por el material (Ferrer, Marfisi, Danglad, Ceconelo, & Rojas, 2013). Los datos obtenidos se deben consolidar en las siguientes tablas, donde se registra la información sobre la capacidad de absorción de agua (Tabla 7) y la deformación de la composición (Tabla 8).

Tabla 7. *Determinación de capacidad de absorción del agua por el método de la bolsa de té*

Composición	W <sub>0</sub> (g)	W <sub>f</sub> (g)	Absorción de agua (g)
n*			

\*n = Número de composiciones.

Tabla 8: *Observaciones de la deformación del material*

Composición	Observaciones	Imagen
n*		

\*n = Número de composiciones.

### 9.3. Elaborar un prototipo de pitillo comestible con la composición que presente las mejores propiedades técnicas seleccionadas, teniendo en cuenta su factibilidad de uso.



Figura 10: *Diseño metodológico para la elaboración del prototipo del pitillo comestible.* Fuente: Autores.

Para evaluar la factibilidad de uso del pitillo comestible, es necesario realizar la determinación de algunas propiedades físicas esenciales que permitirán utilizar el pitillo comestible como alternativa al pitillo convencional.

Para obtener el grosor ideal del pitillo es necesario experimentar con varillas de acero de 6mm y 7mm de diámetro que se prueban con diferentes técnicas que permiten obtener la forma cilíndrica del pitillo. La primera de éstas es la técnica de *tubo* que consiste en envolver la masa manualmente en la varilla de acero inoxidable y sellarla en el molde de sellado; la segunda es la técnica de *sellado* en donde se obtiene la forma presionando el material directamente en el molde. Este molde es diseñado a medida y

fabricado en una impresora 3D en ABS (acrilonitrilo butadieno estireno), el cual es un termoplástico rígido con el que se realizan impresiones en 3D.

La prueba de absorción de agua es un procedimiento interno de Tecnoparque que se realiza sumergiendo cada uno de los pitillos piloto directamente en agua embotellada y agua con 40% de contenido en peso de azúcar morena y azúcar blanca durante 2 horas. El registro de la información (fotografías y peso de las muestras) durante la primera hora se realiza cada 20 minutos, y durante la segunda hora cada 30 minutos (Sánchez, Prueba de absorción de agua, 2018). Las pruebas de humedad y deformación de las composiciones se desarrollan de la misma forma que en el objetivo anterior (Página ).

Para la evaluación de la degradabilidad del prototipo final, se utiliza el método de degradabilidad controlada que requiere la utilización de una cámara climática, instrumento que permite acelerar el proceso de degradación natural de un material, por la modificación de los factores de humedad y temperatura ambientales. Para su evaluación, es necesario tomar diariamente datos del peso (g) y longitud de la muestra (cm), hasta terminar su degradación (Figueroa, Salcedo, & Narváez, 2013).

Finalmente, se comparan las propiedades obtenidas experimentalmente del pitillo comestible de salvado de trigo, con las de un pitillo convencional plástico, consolidando la información en la tabla que se encuentra a continuación.

Tabla 9. Comparación de las propiedades del material obtenido y el plástico convencional

No.	Propiedad	Valor base	Polímero plástico	Polímero seleccionado
1	Humedad			
2	Peso			
3	Capacidad de absorción de agua			
4	Deformación del material			

Adicionalmente, la factibilidad de uso del pitillo comestible requiere un acercamiento al mercado objetivo del producto, por lo cual se realizan 15 encuestas virtuales a representantes de establecimientos comerciales como restaurantes, hoteles y cines, para conocer la percepción del mercado sobre la utilización masificada del pitillo comestible. El formato de encuesta se encuentra en el anexo 4.

#### 9.4. Tabla resumen

A continuación, se presenta la tabla que resume el diseño metodológico del proyecto, organizando las metodologías empleadas para cada objetivo específico y los resultados esperados de cada fase.

Tabla 10. Diseño de objetivos, actividades y metodologías empleadas.

Objetivos		Actividades	Metodología		Resultados
General	Específico		Técnica	Instrument	

	<b>s</b>			<b>o</b>	
<b>Evaluar el potencial técnico del salvado de trigo como materia prima para la elaboración de pitillos comestibles.</b>	Definir las ventajas que presenta el salvado de trigo frente a otros materiales alternativos existentes para la sustitución de plásticos desechables	Realizar una revisión bibliográfica sobre algunos posibles materiales para sustituir plásticos desechables.  Calificar las propiedades de los materiales encontrados para determinar las ventajas del salvado de trigo frente a estos	Investigación documental  Método de criterio técnico	Recopilación de información  Textos escritos  Matriz de criterio técnico	Comparación de las características de los materiales y las ventajas que potencializan al salvado de trigo
	Diseñar la composición adecuada de materiales para la elaboración de pitillos comestibles a base de salvado de trigo.	Determinar de composición granulométrica del salvado de trigo.  Seleccionar el tamaño de partícula adecuado para elaborar el pitillo comestible  Realizar composiciones con diferentes cantidades de material  Realizar pruebas de horneado y secado  Determinar la compactación, humedad, capacidad de absorción de agua y la deformación del material  Seleccionar las 4 mejores composiciones	Análisis granulométrico  Metodología "Taguchi"  Método de criterio técnico  Método de secado simple  Técnica de la bolsa de té	Diario de Campo  Instrumentos de laboratorio  Tablas de registro de datos  Matriz de criterio técnico  Matrices de elaboración propia  Cámara fotográfica	La composición exacta de materiales que permitan diseñar y elaborar un pitillo comestible con la textura adecuada para su uso

	<p>Elaborar un prototipo de pitillo comestible con la composición que presente las mejores propiedades técnicas seleccionadas, teniendo en cuenta su factibilidad de uso.</p>	<p>Realizar el pitillo en un molde de sellado prefabricado</p> <p>Repetir las pruebas de la fase anterior en los pitillos piloto</p> <p>Seleccionar el mejor pitillo piloto y llevarlo a la cámara climática</p> <p>Realizar 15 encuestas a establecimientos comerciales (hoteles, cinemas y restaurantes)</p>	<p>Técnica de moldeo por sellado</p> <p>Metodología "Taguchi"</p> <p>Método de criterio técnico</p> <p>Método de secado simple</p> <p>Técnica de absorción de agua del Tecnoparque</p> <p>Método de degradabilidad controlada</p> <p>Método de la encuesta</p>	<p>Diario de Campo</p> <p>Tablas de registro de datos</p> <p>Matriz de criterio técnico</p> <p>Molde de sellado</p> <p>Cámara climática</p> <p>Formato de encuesta</p> <p>Cámara fotográfica</p>	<p>Tener el prototipo final de pitillo a base de salvado de trigo que sea útil para su uso final.</p> <p>Tener un primer acercamiento a la percepción del mercado objetivo sobre los pitillos comestibles.</p>
--	---	--	--	--	--

## **10. Resultados y análisis de resultados**

A continuación, se presentan los resultados alcanzados durante el desarrollo del proyecto con su respectivo análisis, teniendo en cuenta las metodologías usadas para cada uno de los objetivos específicos. Se obtuvieron resultados significativos como que el salvado de trigo es una opción viable de materia prima principal para la elaboración de biopolímeros como los pitillos comestibles y, que las partículas de salvado de trigo con menos de  $0.25 \mu m$  de diámetro son las que permiten obtener una mejor composición, favoreciendo las características de resistencia, maleabilidad, humedad y capacidad de absorción de agua.

Es importante resaltar que la ingeniería ambiental es un pilar fundamental para la realización del proyecto, ya que, por medio de la experimentación para inventar, y el concepto de sostenibilidad, se logra el cumplimiento de los objetivos del trabajo. Adicionalmente, este proyecto se presenta como una solución ambiental que puede reducir el impacto negativo del plástico desechable.

### 10.1 Identificar las ventajas que presenta el salvado de trigo frente a otros materiales alternativos existentes para la sustitución de plásticos desechables.

Para elaborar un pitillo comestible, se parte del conocimiento de las características de los materiales que actualmente son utilizados para elaborar bioplásticos, dentro de los cuales se destacan los almidones de yuca, de papa y de maíz, que son derivados directamente de alimentos de consumo humano. Por otro lado, el bagazo de caña es un subproducto del procesamiento de la caña de azúcar, y el PLA (ácido poliláctico por sus siglas en inglés) es un plástico semi-sintético que contiene aditivos naturales que aceleran el proceso de degradación respecto al del plástico sintético convencional. La comparación de diferentes características de los materiales mencionados anteriormente, los cuales son los más utilizados en la actualidad, se encuentra en la tabla presentada a continuación.

Tabla 12. Comparación de posibles materiales que sustituyen los plásticos desechables.

Características	Salvado de trigo	Almidón de yuca	Almidón de papa	Almidón de maíz	PLA	Bagazo de caña
<b>Origen de fuente de obtención</b>	Natural	Natural	Natural	Natural	Semi-sintético	Natural
<b>Método de obtención</b>	Es el subproducto del refinamiento del grano de trigo. Son las capas externas que son conocidas como pericarpio. <sup>1</sup>	A partir del afrecho que se obtiene rayando la yuca. <sup>1</sup>	A partir de la pulpa de papa que se obtiene raspando el tubérculo. <sup>1</sup>	Se obtiene tras el cernido, remojo, trituración y maceración de los granos de maíz. <sup>1</sup>	Se obtiene a partir del ácido poliláctico producto de la fermentación del maíz. <sup>1</sup>	Se obtiene a partir de los residuos resultantes de la extracción de azúcar de la caña de azúcar.
<b>Degradabilidad</b>	Alta (30 días) <sup>6</sup>	Media (180 días) <sup>1</sup>	Media (180 días) <sup>1</sup>	Media (180 días) <sup>1</sup>	Baja (18 meses en compostaje) <sup>1</sup>	Alta (90 días)
<b>Diámetro del tubo (µm)</b>	1-45 <sup>2</sup>	4-35 <sup>6</sup>	5-100 <sup>1</sup>	5-30 <sup>8</sup>	5-30 <sup>2</sup>	N/A
<b>Porción de almidón y pectina</b>	25-75 <sup>2</sup>	22-78 <sup>2</sup>	20-80 <sup>1</sup>	25-75 <sup>1</sup>	N/A	N/A
<b>Resistencia a cambios de temperatura</b>	2°C – 70°C	-15°C a 95°C <sup>1</sup>	-20°C a 70°C <sup>1</sup>	-20°C a 120°C <sup>2</sup>	-22°C a 15°C <sup>1</sup>	-20°C a 40°C
<b>Permeabilidad</b>	Media <sup>2</sup>	Baja <sup>1</sup>	Media <sup>1</sup>	Baja <sup>2</sup>	Nula <sup>1</sup>	Media
<b>Efectos sociales</b>	Reduce la tasa de absorción de glucosa por lo que ayuda a controlar la diabetes. Acelera el metabolismo disminuyendo el tránsito lento y la incidencia en cáncer gastrointestinal <sup>4</sup>	El consumo de este tubérculo ayuda a estabilizar los niveles de colesterol, la frecuencia cardíaca y la presión arterial. Sin embargo, también incrementa la demanda de la yuca, el cual es un alimento básico que	El 90% de la masa total de la papa es comestible, y la demanda excesiva de este tubérculo hace que todo este volumen que es destinado principalmente para alimentación humana, sea utilizado en otro proceso productivo perjudicando la	Son una fuente importante de Vitamina B1 y ácido fólico. La producción de empaques a base de almidón de maíz, afecta la disponibilidad y accesibilidad del grano, lo cual es un riesgo pues el maíz se considera uno de los 3 granos de	En vista de que el PLA no es un elemento degradable de forma natural, su disposición inadecuada (fuera de plantas de compostaje) contribuiría a las cifras de generación de residuos, que deterioran las	El tratamiento de la caña de azúcar para la obtención de azúcar a partir del bagazo de caña es un proceso que requiere un gran cantidad de recursos industriales y de obra especializada. El incremento de la demanda de azúcar a partir de la caña fomenta el desarrollo

		garantiza la alimentación adecuada de las comunidades <sup>3</sup>	canasta básica familiar. <sup>2</sup>	importancia alimentaria a nivel global. <sup>3 4</sup>	condiciones de vida de diferentes comunidades. <sup>3</sup>	empleo actualmente los 180.0 empleado Colombi
<b>Impactos ecológicos</b>	El procesamiento del material se encuentra libre de químicos sintéticos, por lo que en su fabricación no se liberan contaminantes a los medios naturales que afecten la biodiversidad. A su vez, al ser un subproducto de la molienda de trigo, favorece la disminución en la generación de residuos por la industria harinera. <sup>1</sup>	Los cultivos de yuca son fuertes agentes transformadores de los bosques colombianos, ya que los usos del suelo de carácter agrícola generan competencia con las capas forestales de los bosques, ocasionando una lucha frecuente por la disponibilidad del recurso hídrico y del suelo. <sup>4</sup>	Los cultivos de papa, se encuentran en ecosistemas fríos y de montaña. Los agricultores tienden a deforestar éstas áreas para incrementar su disponibilidad de terreno para la siembra, ocasionando daños sobre el 53% de las especies endémicas de los ecosistemas fríos. <sup>3 4</sup>	El uso de grano del maíz genera una alta cantidad de residuos agroindustriales que contaminan diversos recursos naturales bien sea por el incremento en la carga orgánica, como por la liberación de los agroquímicos que se albergan en su superficie. <sup>5</sup>	El PLA para completar su degradación exige condiciones de humedad y radiación solar específicas, que son muy difíciles de lograr en un medio natural. En Colombia solo se recicla el 17% de los residuos, así que no hay como garantizar que el PLA llegue a composteras (el cual es su proceso de disposición adecuado) <sup>3 4</sup>	La expansión de cultivos de caña de azúcar por el incremento de la demanda ocasiona la pérdida de tierras agrícolas y el cambio de uso del suelo de tierra que se conserva como bosques húmedales hace unos años
<b>Impactos económicos</b>	Se favorece el crecimiento y desarrollo de los mercados verdes, en vista de que se fomenta la utilización y el reprocesamiento de diferentes residuos y subproductos de otros procesos. <sup>1</sup>	Aunque el incremento en la demanda de yuca favorece el empleo justo y digno, también ocasiona un incremento en los precios de un producto básico en la canasta familiar. <sup>5</sup>	La papa es el tubérculo más consumido en Colombia. El incremento en su demanda ocasiona que su disponibilidad disminuya incrementando el costo de adquisición. Sin embargo, los cultivos de papa aportan cerca del 3.3% del PIB del país. <sup>5</sup>	En vista de que en los últimos años la demanda de maíz y en el país se ha duplicado, el gobierno le ha apostado al fomento de los cultivos nacionales, reduciendo hasta en un 44% las importaciones del grano del exterior. <sup>6 7</sup>	Tienen un proceso de producción limitado y su bajo peso reduce el gasto de transporte. Sin embargo, son frágiles y quebradizos por lo que se incrementan las pérdidas. <sup>1</sup>	Además del consumo hídrico energético del bagazo requiere blanqueamiento químico y periodo prolongado de tiempo lo que incrementa el costo de su tratamiento. Sin embargo, los cultivos de caña de azúcar representan actualmente el 0.7% del PIB colombiano
<b>Objetos realizados</b>	Platos	Platos, vasos, cubiertos	Platos, vasos y cubiertos.	Platos, vasos, cubiertos, mezcladores.	Vasos, cubiertos, pitillos, cubrecomidas.	Platos, vasos, cucharas
<b>Fotografía del objeto</b>						
<b>Citas</b>	1. (Juárez & Quispe, 2016)	1. (Ángeles, 2015) 2. (De la Torre,	1. (Aristizábal & Sánchez, 2007)	1. (García A. , 2015) 2. (Vargas & Pérez,	1. (Ramírez A. G., 2018)	1. (Hernández, 2013)

<ul style="list-style-type: none"> <li>2. (Aceituno &amp; López, 2012)</li> <li>3. (Aristizábal &amp; Sánchez, 2007)</li> <li>4. (Kellogg's, 2015)</li> <li>5. (Medina &amp; Salas, 2008)</li> <li>6. (Ecoware, 2018)</li> <li>7. Dato obtenido experimentalmente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rivera, Ruiz , &amp; Veloz, 2007).</li> <li>3. (PESA, 2012)</li> <li>4. (IDEAM, 2011)</li> <li>5. (Hernández K. , 2013)</li> <li>6. (Aristizábal &amp; Sánchez, 2007)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2. (Devaux, Andrade, Ordinola, Velasco, &amp; Hareau, 2013)</li> <li>3. (IDEAM, 2011)</li> <li>4. (El Tiempo, 2008)</li> <li>5. (Elcampesino, 2018)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2018)</li> <li>3. (Gómez, 2014)</li> <li>4. (Food Security &amp; Nutrition Network, 2017)</li> <li>5. (IDEAM, 2011)</li> <li>6. (DANE, 2017)</li> <li>7. (Alfonso, 2017)</li> <li>8. (Hernández K. , 2013)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2. (Hernández K. , 2013)</li> <li>3. (Greenpeace, 2018)</li> <li>4. (Caracol Radio, 2017)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2. (Manzano,</li> <li>3. (Murga, 20</li> </ul>
--	---	---	--	---	---

Teniendo en cuenta la información obtenida de las características de los materiales, se realiza una calificación por criterio técnico, asignando un valor base a cada variable, de tal forma que entre más alto sea este valor, más se acerca a las condiciones ideales del material.

Un material cuyo **tipo de fuente de obtención** sea natural recibirá una calificación más alta, ya que su descomposición será rápida y sencilla. Esta es una desventaja que tiene el PLA, pues aunque contiene aditivos naturales, su base continúa siendo los hidrocarburos (Ramírez A. G., 2018). Cuando la **fuente de obtención** del material es un subproducto de otro proceso, se brinda una mayor calificación al material ya que se están disminuyendo los impactos ecológicos y sociales de la demanda de alimentos, característica que resalta al salvado de trigo y al bagazo de caña sobre los demás materiales (Juárez & Quispe, 2016).

La **degradación** alta (o acelerada), favorece el proceso de descomposición de los productos, y se garantiza que no permanezcan en el medio por periodos prologados de tiempo. Esta es una de las dificultades que enfrenta el PLA pues su tiempo de degradación es elevado y sólo es posible en condiciones de humedad y temperatura específicas, por lo que necesita ser llevado a compostaje (Ramírez A. G., 2018). Por otro lado, el **diámetro** pequeño del material, es calificado con un valor alto pues se reduce la necesidad de molienda excesiva del grano, el cuál debe tener un **contenido de amilosa** entre el 22% y el 25% (Aceituno & López, 2012) para asegurar la gelatinización y desestructuración del material, es decir la formación de una masa con estructura de gel provocada por el hinchamiento de los gránulos en presencia de agua, y posterior rompimiento de los puentes de hidrógeno para la formación de una masa homogénea (Ruiz G. , 2006). El almidón de papa y de yuca tiene una baja cantidad de amilosa, lo que provoca que la estructura no se obtenga como se espera, haciendo productos más quebradizos y por ende, menos resistentes a esfuerzos físicos externos (Aceituno & López, 2012).

La **resistencia a amplios rangos de temperatura** es una característica importante ya que nos permite saber a qué tipo de mercado se dirigen los productos. Este es el caso del PLA que es viable sólo para el contacto con alimentos fríos, pues por encima de los 20°C el material pierde su forma y su resistencia; por el contrario, los otros materiales resisten rangos de temperatura más amplios, por lo que pueden tener usos diversificados. La baja **permeabilidad de agua** es una característica fundamental para el desarrollo de los productos, pues garantiza que pueda estar en contacto con alimentos secos y húmedos sin perder sus propiedades. El PLA realmente es el material que tiene mejor puntaje pues al ser un plástico semisintético, sus propiedades químicas lo hacen totalmente impermeable, así que sin importar la cantidad de tiempo que se esté en contacto con un líquido mantiene sus propiedades físicas estables.

El proceso de obtención de cada tipo de material varía según su naturaleza. Los impactos que cada uno genera favorecen o perjudican los aspectos sociales, ecológicos y ambientales del entorno en el cual se producen. Dentro de la calificación descrita, se califica con un punto cada impacto positivo encontrado en cada variable. Allí se puede resaltar la importancia de que el salvado de trigo brinde gran cantidad de beneficios a la salud de quienes lo consumen, así como su aporte a la disminución de las cifras de generación de residuos en el sector harinero pues se aprovecha un subproducto para tal fin.

La calificación otorgada por criterio técnico a cada material según las variables definidas se presenta a continuación. Los valores base asignados a cada variable se encuentran en la Tabla 20 del anexo 2.

Tabla 13. Criterios de comparación y calificación de materiales

Características	Salvado de trigo	Almidón de yuca	Almidón de papa	Almidón de maíz	PLA	Bagazo de caña
<b>Tipo de fuente de obtención</b>	3	3	3	3	2	3
<b>Fuente obtención</b>	3	2	2	2	1	3
<b>Degradación</b>	3	2	2	2	1	3
<b>Diámetro del gránulo (µm)</b>	2	2	1	3	3	N/A
<b>Proporción de amilosa y amilopectina</b>	2	1	1	2	1	N/A
<b>Resistencia a rangos de temperatura</b>	2	3	2	3	1	2
<b>Permeabilidad</b>	2	3	2	3	4	2
<b>Impactos sociales (+)</b>	1	0	-1	0	1	1
<b>Impactos ecológicos (+)</b>	2	-1	-1	0	-1	-2
<b>Impactos económicos (+)</b>	1	0	-1	1	-1	-1
<b>Puntaje promedio</b>	<b>2,1</b>	<b>1,5</b>	<b>1</b>	<b>1,9</b>	<b>1,2</b>	<b>1,3</b>

Los materiales seleccionados para esta comparación son los más frecuentemente utilizados en el mercado para la sustitución de plástico. Se puede evidenciar que la gran mayoría de ellos son de origen natural, los cuales son obtenidos directamente de diferentes alimentos como lo son el maíz, la papa o la yuca. Su alto contenido de almidón, y la posibilidad de extraerlo con muy bajas cifras de impureza convierte a estos materiales, en el principal objetivo de la innovación referente a la producción de bioplásticos.

La capacidad del material de descomponerse, es conocida como degradabilidad. De forma general, los materiales evaluados presentan una degradación muy buena. Si se toma como punto de referencia el tiempo que tarda un plástico en descomponerse (entre 500 y 1000 años). El hecho de que estos materiales se degraden en un tiempo inferior a 2 años es una ganancia significativa. Sin embargo, materiales como el PLA sólo satisface esta cifra bajo condiciones ambientales de temperatura y humedad controladas, lo cual se conoce como el proceso de compostaje, que busca acelerar la degradación de la materia orgánica. Fuera de este proceso, el PLA no se degrada de la misma forma, pues se estima que cerca a los 50 años logra su fragmentación y queda suspendido en el medio en forma de microplásticos ((GEOPACK), 2018).

Por otro lado, los productos elaborados con estos materiales presentan resistencia a temperaturas muy variadas. El PLA no puede ser sometido a más de 15°C porque pierde por completo su forma y su estructura, mientras que los materiales totalmente naturales resisten el contacto con bebidas frías y calientes sin perder sus propiedades. Esto es una ventaja significativa ya que para la implementación de

estos materiales no se debería establecer ningún tipo de condicional sobre qué tipo de alimento consumir, sino que el producto este abierto a cualquier posible uso. Sin embargo, estudios previos comprueban que los materiales naturales tienden a absorber una mayor cantidad de agua al estar en contacto con líquidos, de forma contraria a los materiales sintéticos o semisintéticos, ya que justamente su composición inorgánica hace una excelente barrera contra la permeabilidad de fluidos (Hernández K. , 2013).

El salvado de trigo como posible material para la sustitución de plásticos desechables, presenta una ventaja principal: Su fuente de obtención. El salvado de trigo es considerado un subproducto del proceso de la molienda del trigo, pues esta es la capa que recubre el grano de trigo que es procesado para consumo humano. Esta comparación de los diferentes materiales más comunes para la sustitución de plásticos desechables, parte de considerar más allá de las características técnicas del material, diferentes implicaciones a nivel social, ecológico y económico que su producción y uso trae. De esta forma, se resalta el salvado de trigo como un material con muchas cualidades para la fabricación de pitillos comestibles, ya que además de obtener las características técnicas necesarias para elaborar un pitillo comestible, no se afecta la seguridad alimentaria de las comunidades.

## **10.2 Diseñar la composición adecuada de materiales para la elaboración de pitillos comestibles a base de salvado de trigo**

Para obtener la composición adecuada de materiales a usar, es decir las fracciones de materias primas ideales para la fabricación del pitillo comestible (salvado de trigo, agua, glicerina), fue necesario realizar inicialmente 17 pruebas piloto en el laboratorio de físico-química del Tecnoparque del SENA. Para iniciar se tuvo en cuenta la composición utilizada por Meneses, Corrales y Valencia en 2007 para caracterizar un polímero de almidón de yuca, y adicionalmente la metodología “Taguchi” que permite modificar las variables a lo largo de la experimentación, como se muestra en el diseño metodológico de este proyecto. Dentro de los resultados más importantes para la solución del objetivo 2 se encuentran los enumerados a continuación.

### **10.2.1 Obtención del grosor del salvado de trigo adecuado.**

Gracias al tamizaje realizado sobre una muestra representativa de 100g de salvado de trigo, se obtuvo la siguiente composición granulométrica del material (resultados completos en la Tabla 23 del anexo 2):

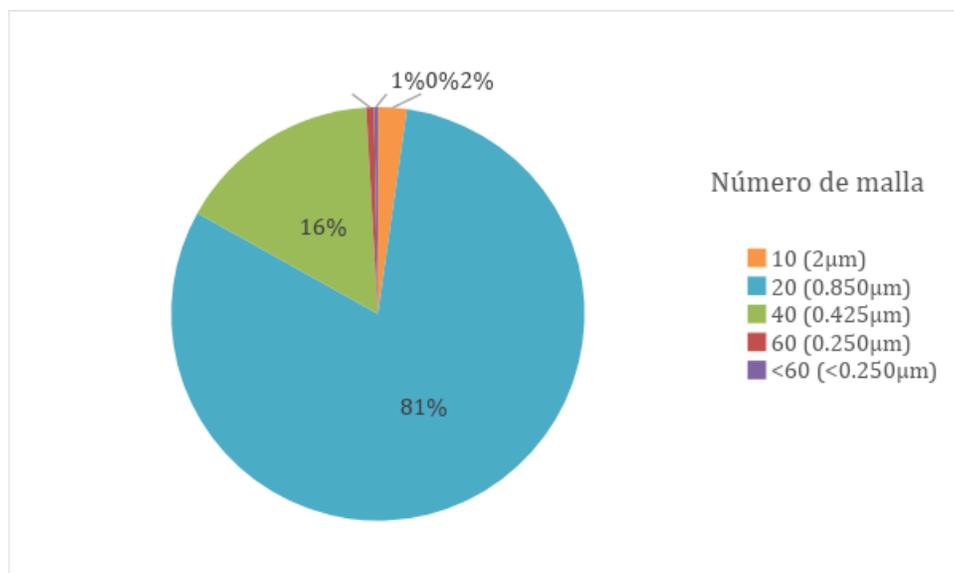


Figura 11. Porcentaje de salvado de trigo por tamiz

El 80.85% de los gránulos de salvado de trigo tiene un grosor entre 0,850 y 2 micras. Sin embargo, por medio de la experimentación al mezclar este grosor de salvado con glicerina y agua, su textura no fue uniforme y su compactación fue nula como se muestra en la Figura 13. Por esto, se decidió trabajar inicialmente con el salvado de trigo de la malla número 60 y el material que pasa la malla 60 (<60), ya que a pesar de su dificultad de obtención, sus partículas al ser más finas se adhieren mucho mejor al mezclar con la fracción líquida de la composición, como se puede observar en la Figura 12.



La granulometría homogénea es un factor influyente en la realización de bioplásticos ya que de allí se define el tamaño de las partículas que se quieren obtener. Para tener un menor espesor se requiere de la disminución de la granulometría del salvado de trigo, para así evitar la formación de grumos que evitan que se forme una masa homogénea de fácil manejo (Lopretti, 2017) a causa de la falta de adhesión entre partículas que se puede fácilmente evidenciar en la apariencia visual de la muestra cuando esta no se encuentra como una plastilina (Zárate Ramírez, 2011).

### 10.2.2 Diseño de composiciones piloto.

Se realizaron inicialmente 17 muestras teniendo en cuenta el diseño de experimentos de la metodología “Taguchi” mostrado en la Tabla 5 que se encuentra en el diseño metodológico, mediante el cual se

modifican las cantidades de cada material necesario, la temperatura y la duración de secado de las muestras. La cantidad de material utilizado para cada una de las composiciones es reservada por las autoras, a excepción de la composición base que se detalla en la tabla a continuación. Esto con el fin de proteger los derechos de autor del producto.

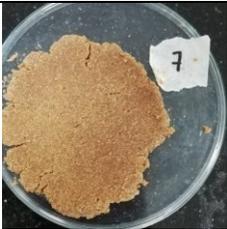
Tabla 14. Cantidades de materia prima y condiciones base de experimentación

Composición	Salvado de trigo (g)	Agua (mL)	Glicerol (mL)	T (°C)	Fecha/Hora de realización	Fecha/Hora Inicial de cocción	Fecha/Hora Final de cocción	Observaciones
1	10,0458	8,6	3,1	40	31 ago. / 5:30 pm	31 ago. / 6:45 pm	1 sept / 5:30 pm	Malla No. 60

En las imágenes a continuación se muestra el resultado de cada una de las composiciones, en donde se logra evidenciar su textura y consistencia. Las composiciones representadas con la letra “A”, tienen como única diferencia la temperatura a la cual fueron realizadas, pues estas se dejaron a temperatura ambiente 24 horas antes de ser llevadas a la mufla.

Tabla 15. Imágenes de las composiciones elaboradas

Composición	Foto de la preparación de cada composición	Composición	Foto de preparación de cada composición
1		2	
3		4	
5		5A	
6		6A	

7		7A	
8		8A	
9		10	 Muestra destapada  Muestra tapada
11		12	

En la tabla anterior se evidencia que las composiciones 2, 4, 5A, 8 y 8A presentan las mejores características. Estas muestras tienen propiedades en común como su homogeneidad y rigidez; que no cambian su apariencia ni estado frente a esfuerzos mecánicos externos y no son quebradizas posterior al secado. Adicionalmente, se evidencia que la proporción de agua para estas muestras es mayor que la de glicerina, lo que hace que permanezcan más estables.

**10.2.3 Determinación cuantitativa de la humedad y determinación cualitativa de la compactación de cada una de las composiciones (posterior al secado).**

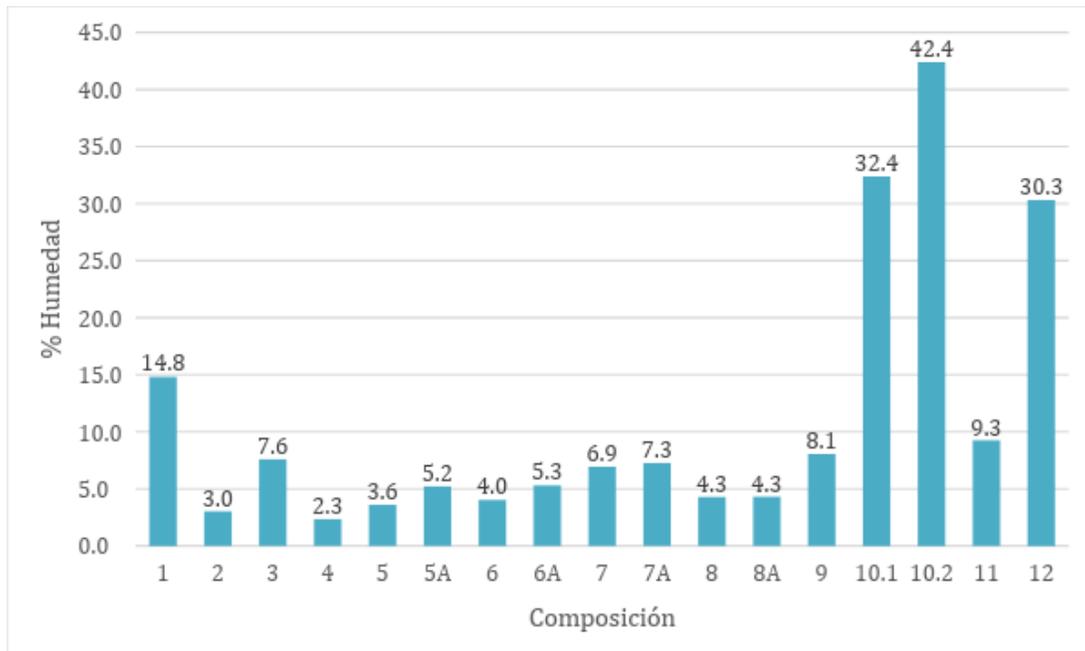


Figura 14. Humedad de cada tipo de composición.

Como se puede evidenciar en la gráfica anterior, las composiciones que tienen más baja retención de humedad son la 2, 4, 5, 5A, 6, 8 y 8A. Esta característica hace que se preserve la calidad del producto, ya que cuando existe mucha humedad “libre”, que se comprende como la sobresaturación de agua por la retención bajo tensión osmótica en las células del material biológico, se acelera el desarrollo de hongos y levaduras en el material (Marques & Marcal, 2003), como se muestra en la Figura 15, donde se evidencia el desarrollo de microorganismos en las muestras 10 y 12. Adicionalmente, a nivel económico las composiciones húmedas incrementan las pérdidas en el proceso de moldeado del pitillo comestible ya que se queda menos material adherido en los instrumentos utilizados (Van der Heijden & Haan, 2012).



Figura 15. Evidencia de desarrollo de microorganismos en la muestra

No obstante, es importante aclarar que la humedad debe ser baja pero no nula, ya que el aporte de agua en la composición es necesario para conseguir la desestructuración del material, la cual es a

responsable de la estructura de este (Ruiz G. , 2006). Para ello se requiere realizar experimentación constante cambiando los valores de agua que contiene el material hasta encontrar el ideal que impacte positivamente la dureza del pitillo comestible (Van der Heijden & Haan, 2012). La tabla en donde se evidencia la diferencia de pesos para hallar la humedad de la muestra se encuentra en el anexo 2, Tabla 24.

En la gráfica a continuación se muestra la calificación cualitativa otorgada por criterio técnico de las autoras a la compactación de las diferentes composiciones. La descripción de los valores otorgados se encuentra en el anexo 2, Tabla 21.

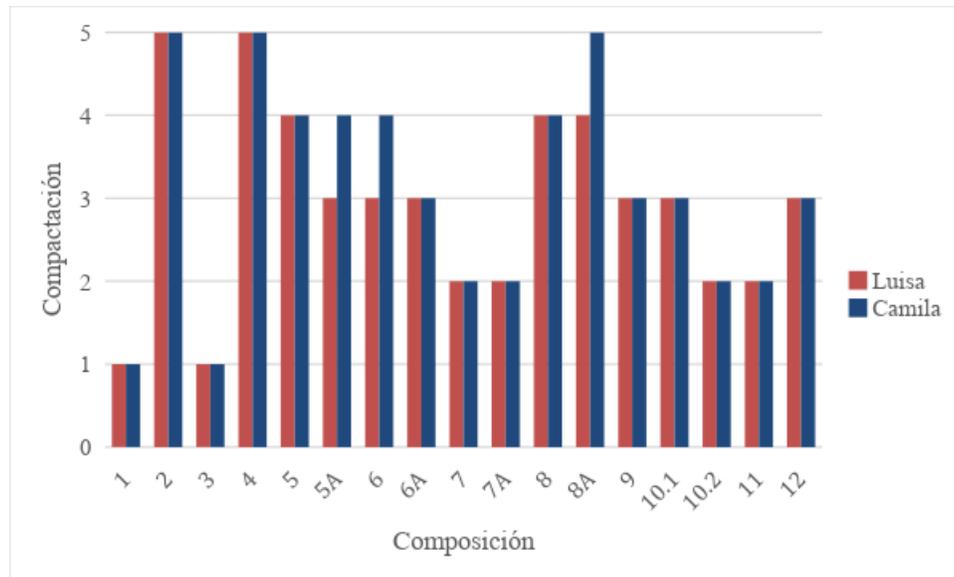


Figura 16. Calificación compactación de las composiciones

Para esta prueba, se escogen las composiciones que visiblemente están más compactas, las menos porosas y con las partículas más adheridas que las demás; estas características son indispensables ya que el pitillo comestible para cumplir su función debe estar en contacto con líquido constantemente en su tiempo de vida útil. Las pruebas que resultaron más compactas fueron la 2, 4 y 8A, las cuales tienen en común dentro de su composición una baja cantidad de plastificante que permite lograr la compactación ideal. Experimentalmente se observó que en casos donde la cantidad de glicerina es muy baja, las moléculas no se adhieren adecuadamente y se obtiene una mezcla heterogénea difícil de manejar. Por el contrario, cuando la cantidad de glicerina es muy alta se crea una muestra arcillosa igual de difícil de manejar a la anterior, poco resistente al contacto con el agua y de difícil secado.

#### 10.2.4 Determinación cuantitativa de la absorción de agua por medio del método de la bolsa de té

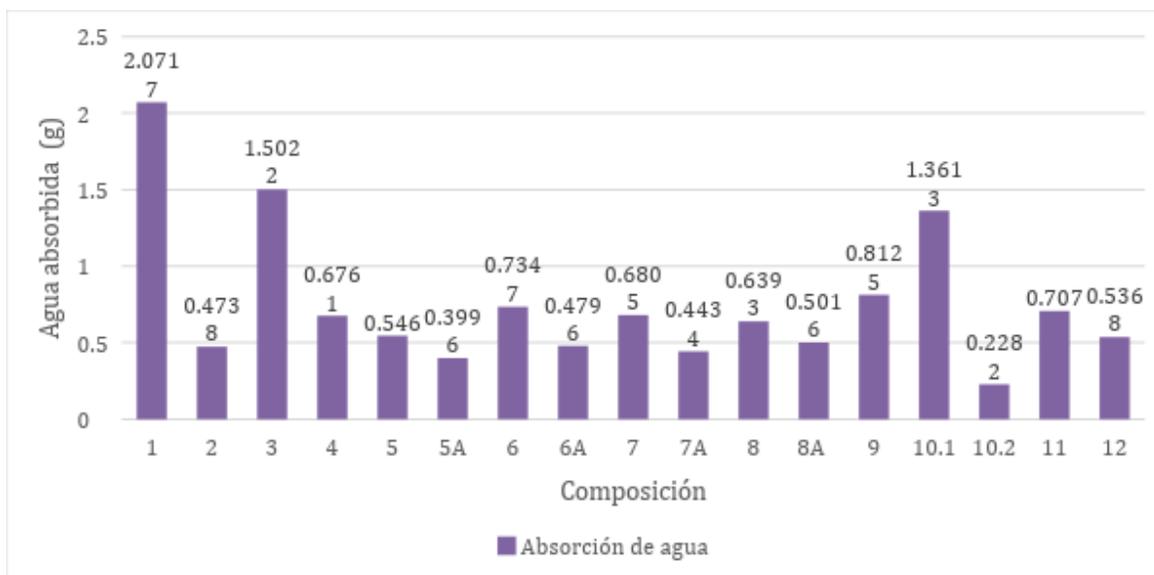


Figura 17. Cantidad de agua absorbida por cada composición

La composición ideal debe absorber poca agua, ya que el pitillo no puede cambiar su forma significativamente ni presentar partículas disueltas en la bebida. Para ello se requiere que el material repela la mayor cantidad de agua como sea posible. En este caso las composiciones 10.2, 5A y 7A son las que menor agua absorben y en todos los casos la cantidad de agua de la composición es mayor a la de glicerina, ya que como se mencionó anteriormente, con cantidades elevadas de glicerina no se logra la compactación apropiada. Por otro lado, se evidencia la variación en el comportamiento de las composiciones que estuvieron 63 horas a temperatura ambiente y posteriormente 24 horas en el horno (Composiciones con la letra A), ya que las que se introdujeron de inmediato en el horno absorben mayor cantidad de agua, porque sus moléculas no han tenido suficiente tiempo de absorber la fase líquida por la transferencia osmótica de las membranas celulares que componen la muestra. Si las moléculas no están lo suficientemente hinchadas al calentarse, se perderá la totalidad de la fase líquida, lo que hace que se obtenga un material quebradizo y frágil, como se puede observar comparando las composiciones 6 vs 6A, 7 vs 7A y 8 vs 8A (Niño, 2018).

Esto indica que se obtiene un mejor material si la composición es secada primero en condiciones ambientales, y posteriormente es llevada a altas temperaturas. Las imágenes que evidencian el desarrollo del proceso se encuentran en el anexo 3, Figura 48; y los datos que respaldan la gráfica anterior se encuentran en el Anexo 2, Tabla 25.

### 10.2.5 Determinación cualitativa de la deformación del material (Posterior al método bolsa de té).

La calificación cualitativa de la deformación del material se muestra en la gráfica a continuación, teniendo en cuenta los criterios de calificación que se muestran en el Anexo 2, Tabla 22.

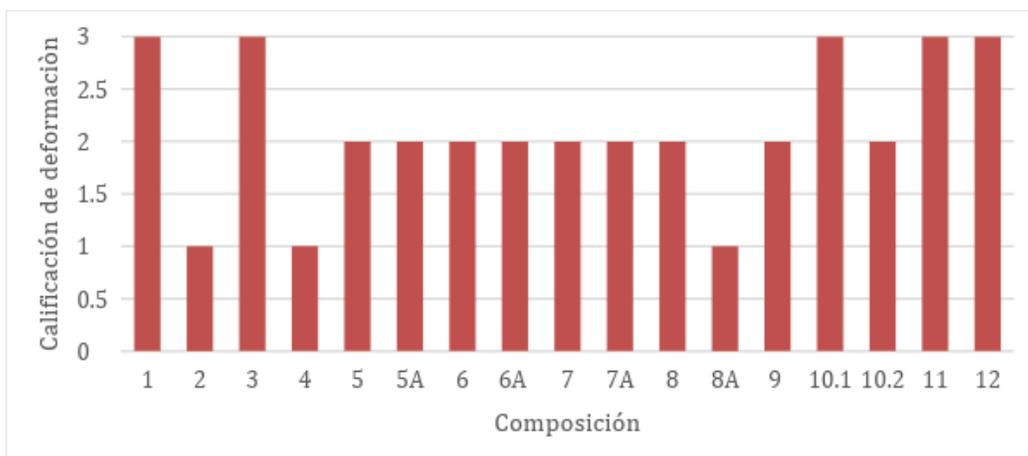


Figura 18. Calificación deformación de las composiciones

Entre más alta es la deformación, la prueba es menos útil para el proceso de realización del pitillo comestible, ya que no es viable que un pitillo pierda su forma cilíndrica antes de 40 minutos acorde con la hipótesis planteada, porque no sería factible su utilización dentro de una bebida. Sin embargo, para la experimentación, las características se miden a un tiempo de 120 minutos siguiendo el procedimiento metodológico. Las observaciones que sustentan la calificación se muestran en la Tabla 26 del anexo 2 con su respectiva imagen.

Se puede inferir que las muestras que fueron expuestas a altas temperaturas y que absorbieron una mayor cantidad de agua, resultaron ser más quebradizas al ejercer presión sobre el material. Por lo anterior se comprueba que la temperatura es un factor determinante para la realización de los pitillos comestibles, esta no debe ser muy alta porque la composición se vuelve quebradiza, ni muy baja porque queda una masa blanda. Como resultado se obtuvo que la temperatura ideal de secado está entre 50°C y 60°C.

### 10.2.6 Selección de las tres mejores composiciones para llevar al molde de sellado.

Las tres composiciones seleccionadas por los resultados de las pruebas medidas fueron: 2, 5A y 8A, ya que a lo largo del proceso mostraron las mejores características para ser probadas en la realización del pitillo. Los resultados consolidados de estas pruebas se muestran a continuación:

Tabla 16. Composiciones seleccionadas

Composición	Humedad (%)	Compactación n	Absorción de agua (g)	Deformación
2	3	5	0,4738	1
5A	5.2	3.5	0,3996	2
8A	4.3	4.5	0,5016	1

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se infiere que las muestras absorbieron una gran cantidad de agua debido al elevado contenido de amilosa dentro del material, ya que este es 2% mayor que en otros tipos de materiales. Esto, sumado al incremento en la proporción de agua en la composición, y la disminución en la cantidad del plastificante (glicerina), ocasiona que las moléculas

tengan características hidrofílicas y se desestructuren en presencia del agua (Ferrer, Marfisi, Danglad, Ceconelo, & Rojas, 2013). Por otro lado, se observa que a mayor cantidad de glicerina en la muestra, la compactación disminuye y el material tiende a deformarse más fácilmente, ya que un incremento significativo en la cantidad de glicerina representa un problema debido al carácter hidrofílico de la molécula de almidón, y perjudicaría la adhesión de la composición (Escobar, Sala, Silvera, Harispe, & Márquez, 2009).

### 10.3 Elaborar un prototipo de pitillo comestible con la composición que presente las mejores propiedades técnicas seleccionadas, teniendo en cuenta su factibilidad de uso.

Teniendo en cuenta las tres composiciones seleccionadas previamente, se procede a armar pruebas piloto de pitillo comestible con cada una de las masas. Para ello, se utiliza el molde de sellado prefabricado (que se muestra en la Figura 19), que maneja un diámetro de 1 cm (el cuál será el diámetro externo del pitillo). Con base a esto, seleccionan varillas de diferentes diámetros (6 mm y 7 mm) con el fin de evaluar cuál de estas permite obtener un grosor adecuado para la elaboración de los pitillos, utilizando las técnicas de *tubo* y *sellado* que fueron explicadas en el diseño metodológico.



#### 10.3.1 Pruebas en pitillos piloto elaborados con la técnica de sellado



Figura 20. Pruebas en pitillos piloto elaborados con la técnica de sellado

Todos los prototipos piloto elaborados en esta sección se realizaron con la técnica de sellado. Sin embargo, la adhesión de los gránulos del material no es suficiente para lograr la estructura deseada por lo que se hizo necesario buscar formas alternativas para lograr una completa adhesión, probando con la adición de más glicerina y mezclando las técnicas utilizadas

La prueba de humedad dio como resultado la gráfica que se muestra a continuación, la cual representa cada prueba con el siguiente nombre: Composición / diámetro (mm) interno / técnica de moldeo. En dicha gráfica se observa que aunque los porcentajes de humedad son muy similares entre sí, los prototipos con más baja humedad son los que se realizaron con un diámetro interno de 7 mm, y de forma paralela estos se evidenciaron mucho más quebradizos y su resistencia a las fuerzas externas fue mucho menor (como se puede ver en la Tabla 27 del anexo 2, en dónde se condensan los datos y las imágenes de la determinación de humedad). Esto se puede explicar porque cierta cantidad de humedad hace que un material sea viscoelástico, lo que provoca que se pierdan las características de fragilidad, obteniendo un material mucho más flexible y menos fracturable. En vista de que los prototipos elaborados con diámetro interno de 7 mm estuvieron en igualdad de condiciones (temperatura de cocción) que los de diámetro de 6 mm, se puede inferir que la penetración de la temperatura fue más fuerte y directa para los diámetros de 7 mm, pues el material tenía menos espesor y por ende, menos cantidad de agua que debía ser secada (Rojas & Aristizábal, 2012).

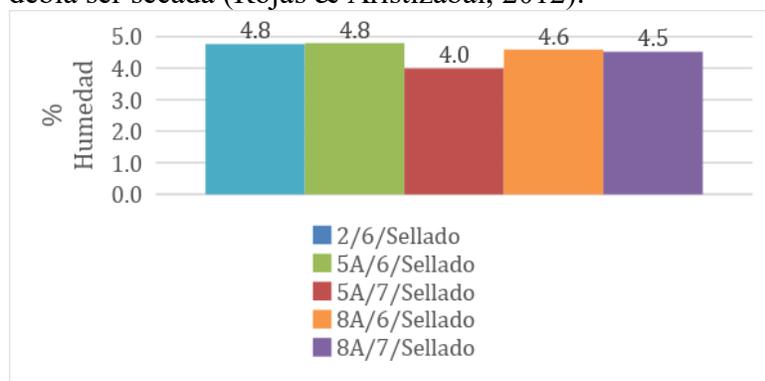


Figura 21. Prueba de humedad en pitillos piloto con la técnica de sellado

Posteriormente, en la prueba de absorción de agua (imagen siguiente), se evidencia que los pitillos piloto absorben gran cantidad de agua dentro de los primeros 20 minutos en los que son sumergidos, y después de esto la absorción disminuye y tiende a mantenerse estable. Esto sucede porque en los primeros 20 minutos la parte física del material absorbe cierta cantidad de agua que es almacenada en las membranas porosas de los gránulos, de forma que se alcanza rápidamente la saturación del material, y en el tiempo restante la hidratación ocurre por la absorción osmótica de las membranas celulares, que es mucho más lenta que la física.

Sin embargo, hay pitillos piloto que presentan fluctuaciones en el proceso de absorción de agua, disminuyendo o incrementando la cantidad de forma inesperada. El pitillo piloto 8A/6 es el que más estable mantiene su absorción durante las 2 horas, y el 2/6 presenta fluctuaciones en la cantidad de agua absorbida, motivo por el que su comportamiento frente al agua se vuelve impredecible. Los pitillos piloto absorbieron en promedio 0.022mL de agua en cada minuto que permanecieron sumergidos, por lo que al transcurrir los 120 minutos de la prueba, alcanzaron a duplicar su peso inicial.

Los pitillos piloto 5A/7 y 8A/7 se desintegran tan rápidamente en el agua, que no fue posible completar las 2 horas de la prueba con una estructura lo suficientemente consistente que permitiera pesar la muestra. Los datos que soportan el desarrollo de esta prueba se encuentran en la Tabla 26 y 27 del anexo 2.

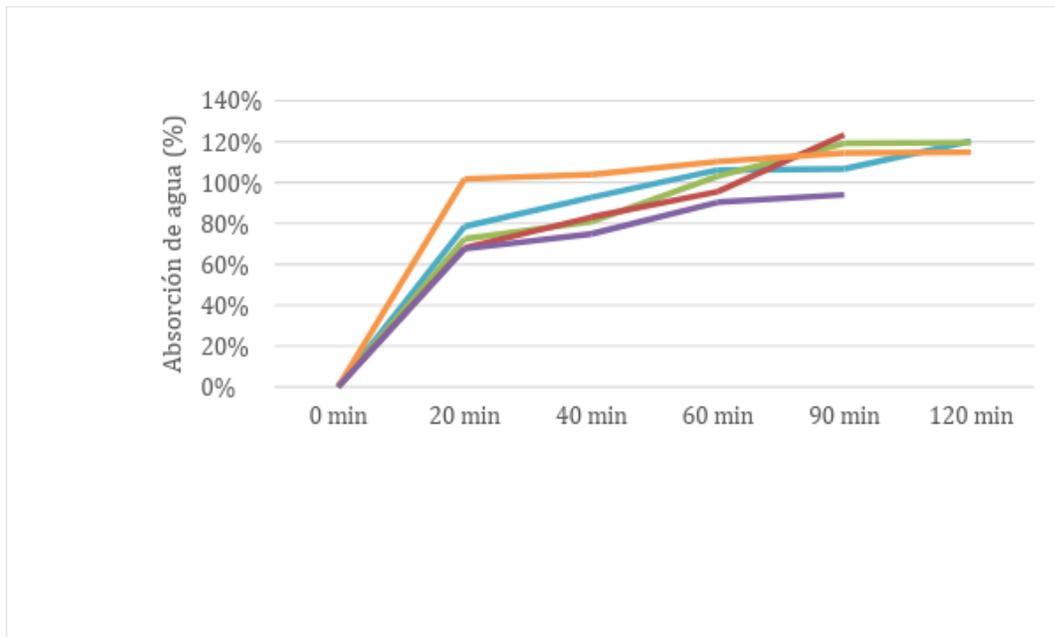


Figura 22. Absorción de agua en el tiempo para pitillos piloto elaborados con la técnica de sellado

En la siguiente gráfica se evidencia la calificación cualitativa de la deformación de los pitillos piloto pasados los 120 minutos de la anterior prueba, la cual fue registrada en simultáneo con la absorción de agua. Se puede observar que las composiciones que menos se deforman al contacto directo con agua embotellada son la 2/6 y 8A/6. La tabla que contiene el registro de observaciones y fotografías se encuentra en el anexo 2 Tabla 30.

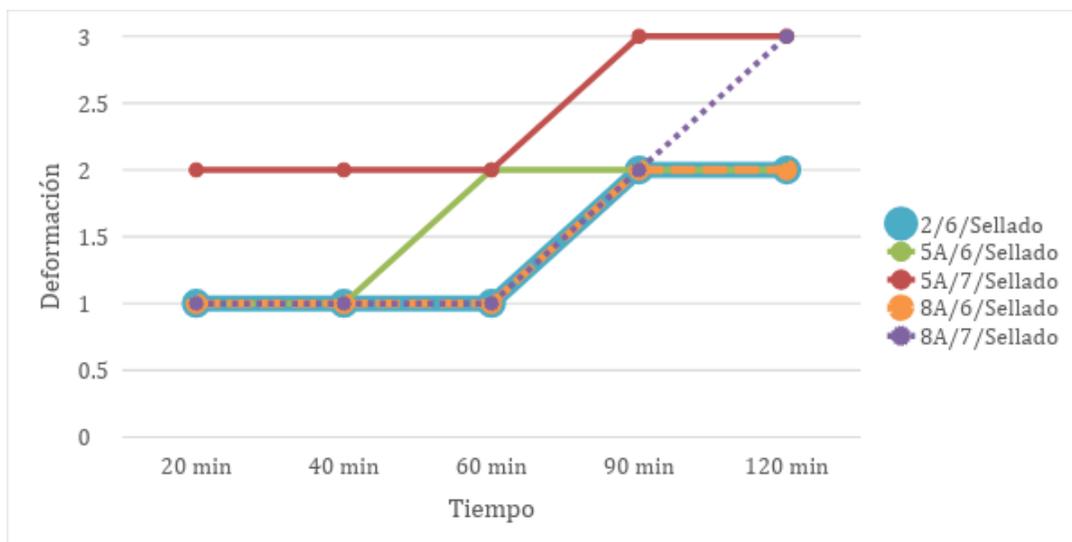


Figura 23. Deformación para pitillos piloto elaborados con la técnica de sellado

A partir de los resultados obtenidos y con el fin de continuar con la experimentación se descartan en primera medida los prototipos realizados con un diámetro interno de 7 mm, pues estos son menos consistentes y reaccionan desfavorablemente frente a los líquidos. De igual forma, se descarta la composición 5A/6 porque es muy blanda en comparación con las otras dos estudiadas, pese a que muestre buenas características en la prueba de humedad y absorción de agua.

### 10.3.2 Pruebas en pitillos piloto elaborados con la técnica de tubo



Figura 24. Pruebas en pitillos piloto elaborados con la técnica de tubo

Con el fin de obtener mayor adhesión sobre el material del prototipo, se realizan nuevos prototipos con la técnica llamada “tubo”, la cual consiste en envolver el material alrededor de la varilla de acero inoxidable, moldearlo suavemente y posterior a ello se le da forma y compactación al material con el molde de sellado.

La prueba de humedad realizada sobre estos prototipos se muestra en la gráfica a continuación y sus datos se encuentran registrados en el anexo 2, Tabla 31. Se puede observar que la composición 2/6 es la más húmeda pues tiene un 5.1% de agua contenida. Sin embargo, este resultado se encuentra por debajo del límite máximo de humedad que puede tener el trigo para que sea conservado hasta por 1 año (13.5%), garantizando su conservación adecuada e inhibiendo el crecimiento de microorganismos (García M. , Tecnología de los cereales, 2004).

Al comparar las gráficas de humedad de los prototipos de estos dos métodos, se puede observar que los valores de humedad para la técnica de sellado (Figura 21) son mucho más altos que los obtenidos en la técnica de tubo (Figura 25). Esto es atribuible al hecho de que la técnica de *tubo*, implica que el material sea amasado y moldeado frecuentemente y por mucho más tiempo que en la técnica de sellado, lo cual permite la evaporación de una fracción del total de contenido húmedo del material.

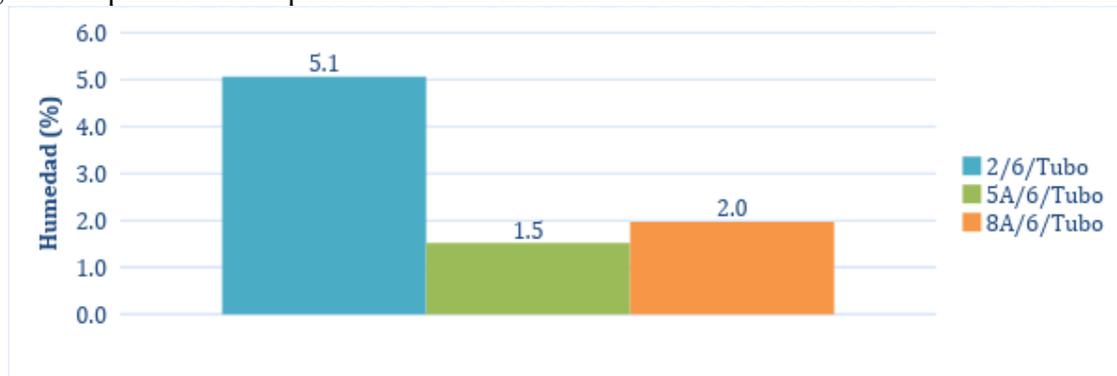


Figura 25. Prueba de humedad en pitillos piloto con técnica de tubo

En cuanto a la prueba de absorción de agua, se puede observar en la imagen a continuación que los pitillos piloto 2/6 y 5A/6 se comportan de forma similar a lo largo del tiempo aunque la composición de estos pitillos piloto es muy diferente la una de la otra. Esto puede explicarse por el hecho de que la técnica de tubo favorece la compactación del material, disminuyendo los microporos que pueden almacenar agua (Alonso, Benavente, García, & González, 2014). Para el primer prototipo, la primera,

la proporción de agua:glicerina es de 10:1, mientras que en la segunda es de 2:1. Los datos base de este resultado se encuentran en el anexo 2, Tabla 32 y 33.

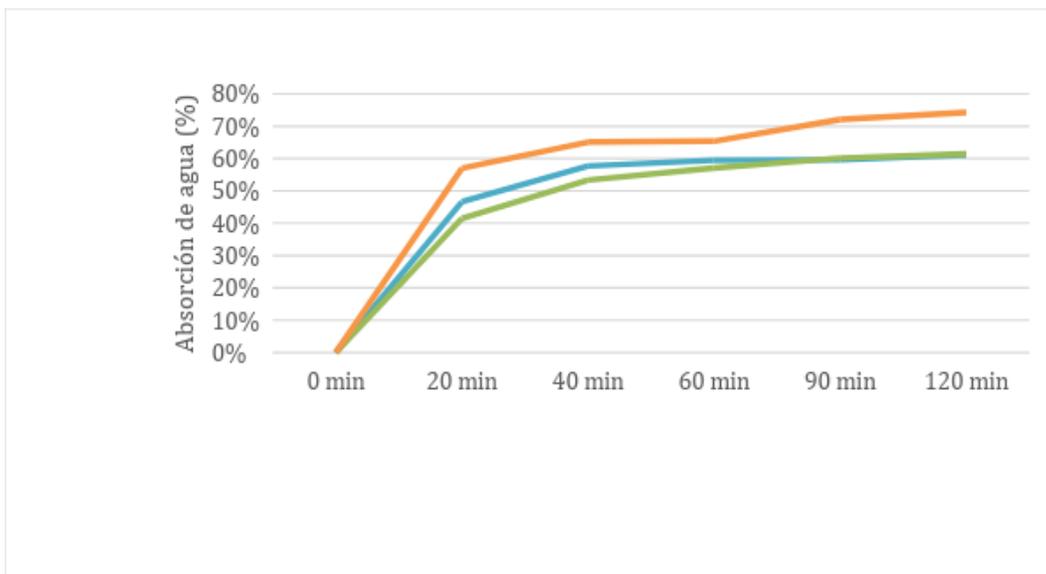


Figura 26. Prueba de absorción de agua, para los pitillos piloto elaborados con la técnica de tubo

Para la prueba de deformación del material, el prototipo 8A/6 se mantuvo consistente y no presentó modificaciones significativas en su forma durante los 120 minutos de la prueba, lo que indica que, a pesar de su alta humedad, el prototipo no se ve afectado al momento de estar en contacto directo con los líquidos. Esto se debe a que la fracción de humedad que permanece en el prototipo corresponde al agua retenida osmóticamente, y a que sus poros fueron sellados por la acción de la fuerza externa aplicada y la temperatura a la que fueron expuestos (Alonso, Benavente, García, & González, 2014). La prueba que más pronto se deformó fue la 5A/6, lo que se puede explicar por el bajo contenido de humedad que ocasiona que el pitillo piloto sea más quebradizo y pierda su estructura fácilmente al estar en contacto con el agua. Los resultados se muestran en la gráfica a continuación y sus observaciones e imágenes correspondientes se encuentran en el Anexo 2, Tabla 34.

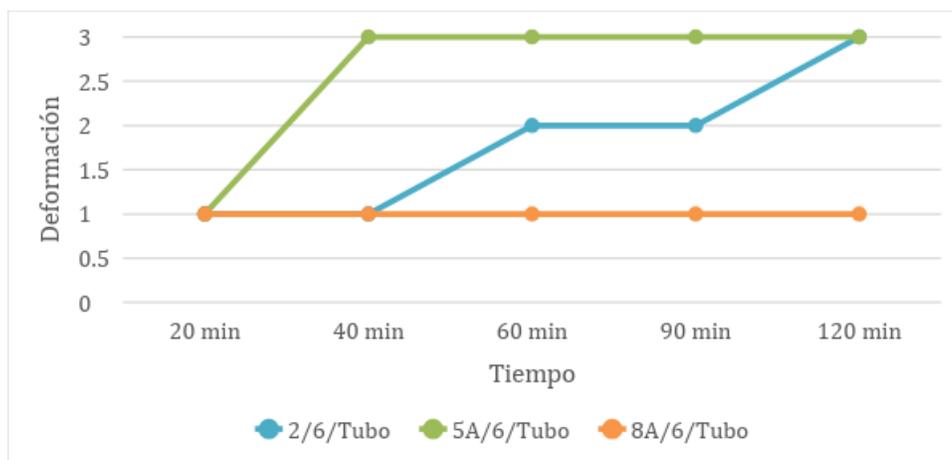


Figura 27. Deformación prototipos de pitillo técnica tubo

Debido a los resultados obtenidos en esta fase, el pitillo piloto 5A/6 se descarta ya que su acelerada dilución en el agua lo hace no apto para la realización del pitillo comestible, que de forma necesaria debe resistir el contacto con bebidas líquidas. Con las dos composiciones restantes se procede a revisar el comportamiento del pitillo con bebidas azucaradas, que simulen las propiedades de un jugo.

### 10.3.3 Pruebas en agua con azúcar del prototipo de pitillo

Al tener el prototipo de pitillo elaborado con las composiciones 2/6 y 8A/6, se realiza la prueba de determinación de humedad ya mencionadas. Para las otras dos variables analizadas (absorción de agua y deformación) se realizan las pruebas en agua azucarada, 40% p/p de azúcar, para así observar el comportamiento de los prototipos de pitillo en una bebida que simula ser un jugo.

Como se muestra en la Figura 28 , la humedad de los prototipos se mantiene dentro del contenido máximo de humedad óptimo (13.5%). En este caso el prototipo 2/6 tiene 7.9% y el 8A/6 tiene 7.1% de humedad, lo que demuestra que ambos prototipos tienen una composición similar antes y después de 2 horas de secado.

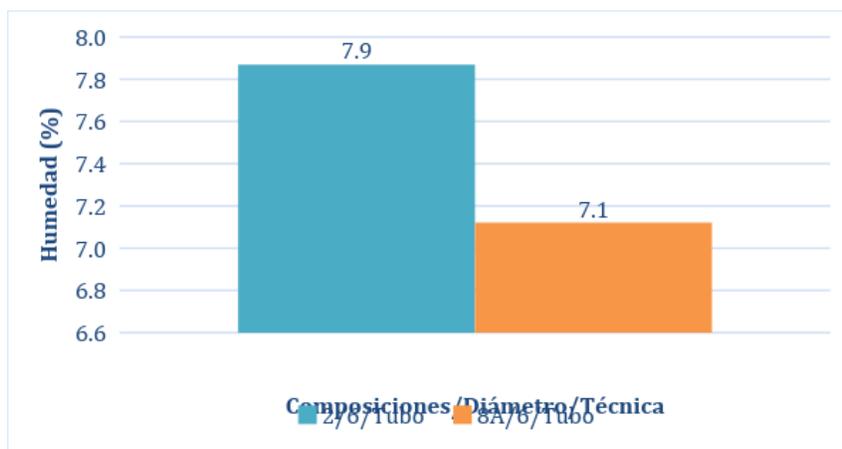


Figura 28. Prueba de humedad en prototipos de pitillos elaborados con la técnica de tubo.

Posteriormente, gracias a las pruebas con agua azucarada se evidencia que la deformación del material es mayor cuando el prototipo se sumerge en este tipo de bebida, ya que ninguna de las dos pruebas soportó los 120 minutos sin deshacerse, tanto así que no fue posible tomar el peso final de las muestras. Sin embargo, los datos hasta el minuto 90 de la prueba permiten afirmar que la cantidad de agua absorbida no alcanza a duplicar el peso del material (antes y después de ser sumergido). Los datos se encuentran condensados en el anexo 2, Tabla 36 y 37.

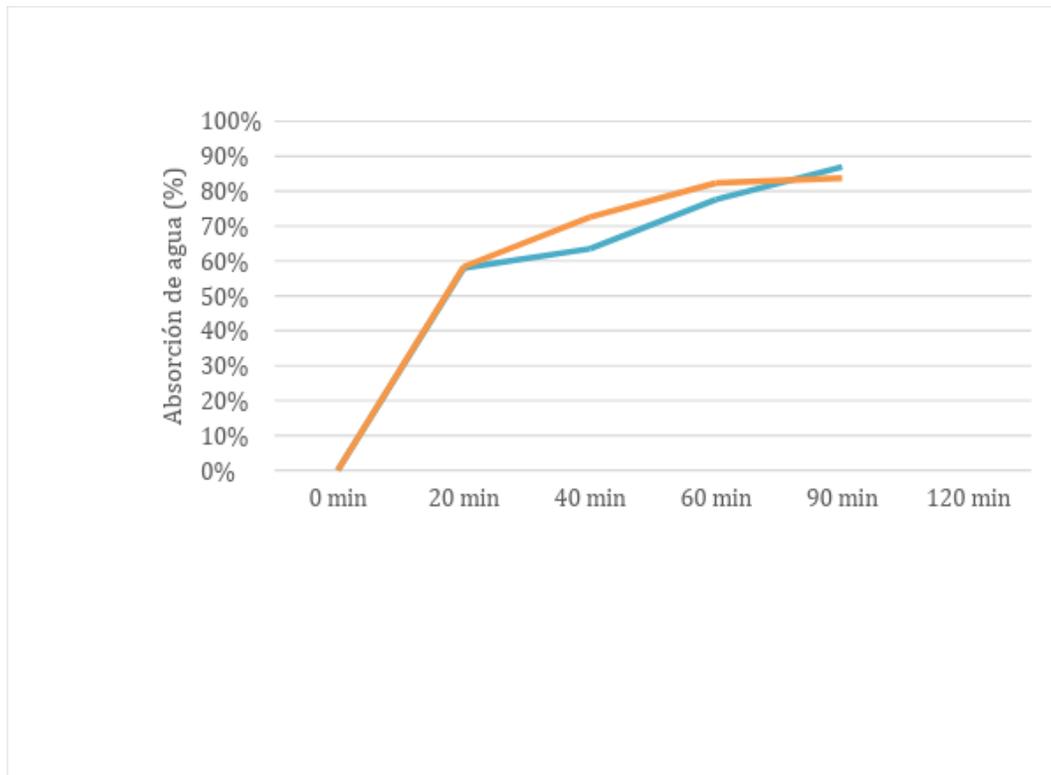


Figura 29. Prueba de absorción de agua azucarada en el tiempo, de prototipos con técnica de tubo.

Tal como sucedió con las pruebas de absorción de agua embotellada (agua pura), la absorción fue mayor durante los primeros 20 minutos de la prueba, y transcurrido este tiempo la cantidad de agua absorbida incrementó lentamente, y tendió a estabilizarse entre los 60 y 90 minutos. Al igual que en las pruebas anteriores, esto es atribuible a la capacidad máxima de absorción de agua que tiene el material, que depende de la cantidad de poros disponibles en él. Acorde con los resultados de esta gráfica, es posible afirmar que ambos prototipos inician con un comportamiento similar, absorbiendo la misma cantidad de agua durante los primeros 20 minutos, mientras que en los siguientes 20 minutos el prototipo 8A/6 absorbió cerca de 7.5 veces más la cantidad de agua que el 2/6. Al final del experimento, el prototipo 2/6 absorbe un 3% más de agua que el 8A, por lo que el material sufre mayor deformación, como se evidencia en las imágenes de la Tabla 38 del anexo 2 y en la gráfica a continuación, donde se evidencia que el prototipo 2/6 pierde por completo su estructura a los 60 minutos, mientras que el 8A/7 a los 90 minutos.

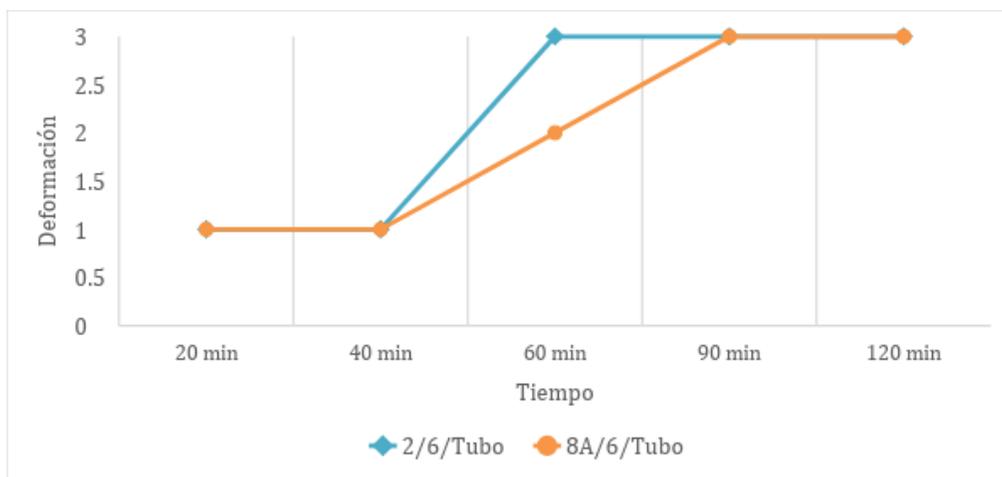


Figura 30. Deformación prototipos de pitillo técnica tubo en azúcar

### 10.3.4 Adición de almidón de maíz

Para lograr mayor adhesión de los gránulos de material, se agregan diferentes cantidades de almidón de maíz que no superan el 8% del peso total de la muestra, el cual es un valor muy pequeño que garantiza que el pitillo sigue siendo elaborado a base de salvado de trigo. Para evaluar el comportamiento de la composición 8A con la adición de esta materia prima, se realizan nuevamente las pruebas de humedad, absorción de agua azucarada y deformación del material, obteniendo un prototipo con estructura mucho más rígida, compacta y resistente. No obstante, tal y como se muestra a continuación, este primer prototipo presenta una serie de defectos físicos en su forma que son objeto de interés para los siguientes experimentos.



Figura 31. Primer prototipo completo del pitillo comestible.

Inicialmente se realizaron 4 muestras de la composición 8A nombradas como 13, 14, 15 y 16, en donde la cantidad de almidón varía entre sí (0.3g, 1.5g, 0.5g y 1.0g respectivamente). Sin embargo, la muestra número 14 no pudo ser medida porque su estructura era extremadamente rígida y no se logró retirar del molde (como se muestra en el Anexo 3, Figura 25). Esto se explica porque un incremento considerable en la cantidad de almidón provoca un aumento en la dureza de la composición, cambiando la textura y maleabilidad del prototipo (Agudelo, Sepúlveda, & Restrepo, 2015). Los resultados de humedad para las muestras exitosas se evidencian en la siguiente gráfica, y los datos se condensan en la Tabla 39.

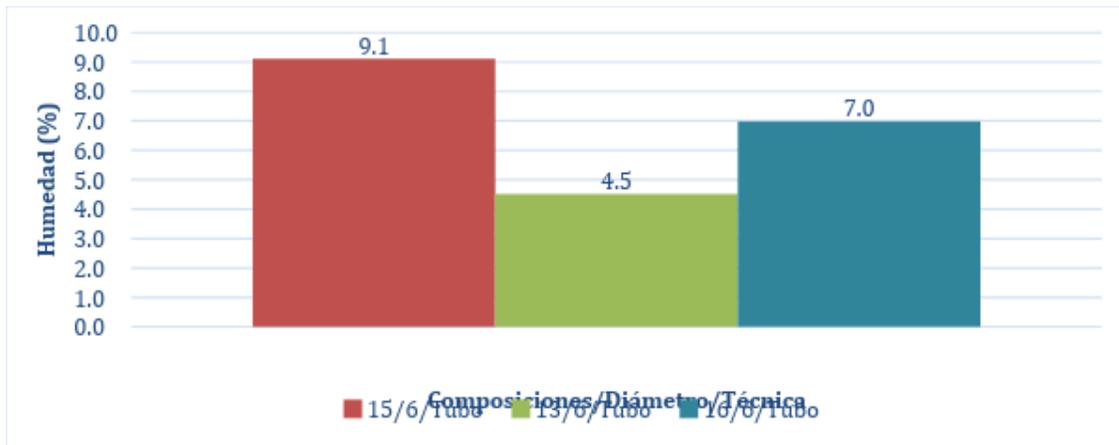


Figura 32. Prueba de humedad en pitillos piloto con almidón de maíz

En cuanto a los resultados de absorción de agua azucarada se obtuvo la siguiente gráfica, en la cual se observa la variación del peso a medida que pasa el tiempo y se evidencia que la prueba 13 se diluye tanto en agua que no es posible realizar mediciones después del minuto 60. Por el contrario, la composición 15 se muestra muy estable después del minuto 40, y el incremento en su absorción es mínimo. Los datos condensados de los pesos se encuentran en la Tabla 40 y Tabla 41.

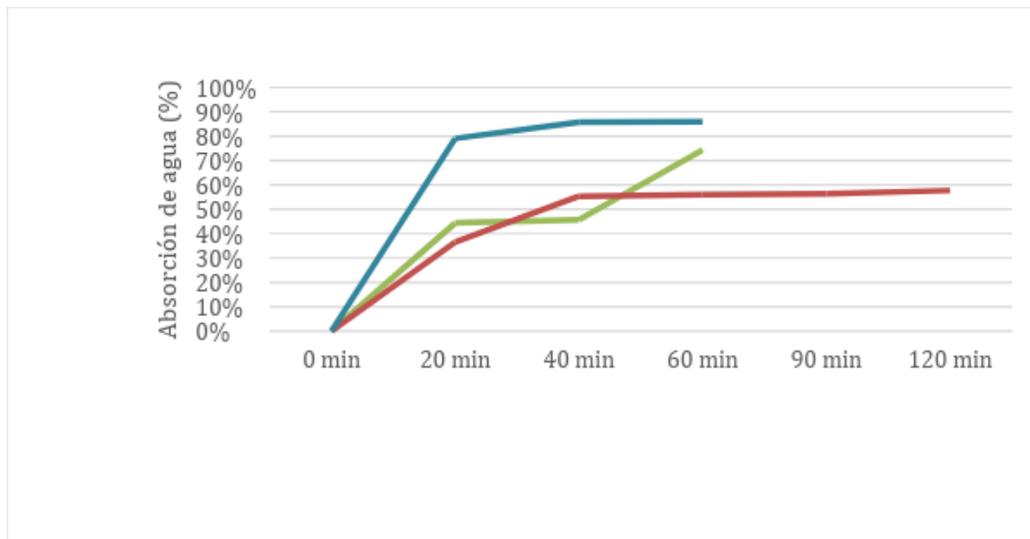


Figura 33. Absorción de agua azucarada en pitillos piloto con almidón de maíz

La deformación del prototipo 15 es baja durante los primeros 60 minutos de estar sumergido en agua azucarada, lo que hace que esta composición sea ideal para la realización del pitillo comestible; ya que como se observa en las imágenes de la Tabla 42, el prototipo no libera partículas y es capaz de mantener su forma. Por el contrario la composición 13 se deforma rápidamente entre los 40 y 60 minutos de absorción, y esto ocurre porque al tener un contenido de almidón tan bajo, las pocas moléculas de amilosa y amilopectina no logran distribuirse adecuadamente, de forma que la ramificación y conformación de las moléculas permita obtener un material resistente (Rodríguez, Lascano, & Sandoval, 2012).



Figura 34. Deformación de pitillos piloto con almidón de maíz en agua con azúcar

### 10.3.5 Degradabilidad del pitillo comestible

Para conocer el tiempo de degradabilidad del pitillo comestible, se utiliza una cámara climática la cual está a condiciones de temperatura de 31°C y humedad del 50%. Los resultados obtenidos se muestran en la gráfica a continuación, y los datos e imágenes de soporte se encuentran en la Tabla 43, en donde las letras “A” y “H” hacen referencia al lugar de permanencia del pitillo piloto, siendo “A” en el ambiente, y “H” en el horno.



Figura 35. Degradabilidad del pitillo comestible en el tiempo

Aunque el proceso de degradabilidad no se encuentra terminado, se evidencia un incremento en peso al ingresar los prototipos a la cámara climática debido a la captación de humedad de estos (lo que facilitará posteriormente la descomposición). A causa de la humedad relativa, cuando se alcanza el punto de equilibrio, es decir el momento en el cual el material no puede contener más agua, la masa comienza a disminuir y formalmente comienza el proceso de degradación (Escobar & Cervantes,

2016). En los resultados se evidencia que la degradación inicia en el día 5 para ambas muestras, no siendo un factor determinante el lugar de secado de estas (sólo ambiente o ambiente-horno).

### 10.3.6 Factibilidad de uso, un acercamiento al mercado

Por último, se aplica una encuesta para tener un acercamiento sobre la aceptación de los pitillos comestibles a base de salvado de trigo en el mercado y conocer la percepción que tienen los encargados de diferentes establecimientos sobre el uso de pitillos plásticos convencionales. La encuesta se dirige a un grupo específico de establecimientos comerciales dentro de los que se encuentran restaurantes, cines, tiendas de helados y bebidas y, hoteles, ya que estos son los establecimientos donde se hace uso de los pitillos.

En la tabla a continuación se encuentra la información consolidada de los establecimientos encuestados y el cargo que ocupan quienes respondieron la encuesta dentro de cada una de las empresas. El formato de encuesta se encuentra en el anexo 4 del documento.

Tabla 17. Establecimientos y encargados encuestados

<b>Tipo</b>	<b>Nombre Establecimiento</b>	<b>Cargo del entrevistado</b>
Restaurantes	Crepes & Waffles	Gerente Punto de Venta Gran Estación
	Rústico - Chancho Artesanal	Propietaria
	La Biferia	Administradora
	Takami	Coordinadora de Sostenibilidad
	Go Green	Propietario
	Mc Donald's	Gerente Punto de Venta Calle 80
	Olímpica	Asistente de Proyectos
	Frisby	Director de Abastecimiento y Retail
Cines	Procinal	Administradora Punto C.C Bulevar
	Cinemark	Coordinador de Operaciones Punto C.C Colina
Tiendas de helados y bebidas	Popsy	Directora de Campaña
	Cosechas	Administrador Punto Calle 62
	Nativos	Gerente General
Hoteles	Hotel Bogotá Plaza	Gerente de Alimentos y Bebidas (A&B)
	JW Marriott	Administradora hotelera Sede Salitre
<b>TOTAL ENCUESTAS</b>	<b>Quince (15)</b>	

Las respuestas obtenidas para cada una de las preguntas se muestran a continuación con su respectivo análisis.

La frecuencia diaria de entrega de pitillos en los establecimientos comerciales se muestra a continuación:

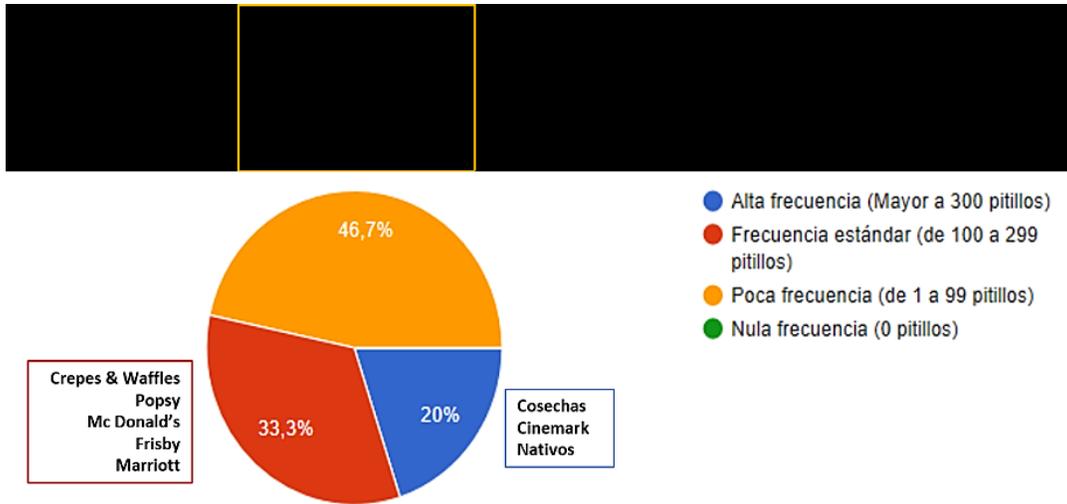


Figura 36. Frecuencia diaria de entrega de pitillos en establecimientos

Como se puede observar en la gráfica, en un día de ventas promedio se entregan pitillos convencionales en todos los establecimientos encuestados, pero no con la misma frecuencia. Esto se debe a que el resultado es mayor para aquellos lugares en los cuales el negocio depende intrínsecamente de los pitillos plásticos como Cosechas y Nativos, mercados especializados en la venta de bebidas y batidos de pulpa de fruta; y Cinemark, un cine en el cual sus clientes usan pitillos por la facilidad para tomar sus bebidas durante las películas.

Por otro lado, la frecuencia es estándar (entre 100 y 299 pitillos diarios) para restaurantes como Crepes & Waffles y Frisby que han implementado la Campaña “*No Pitillo Por Favor*”, la cual ha motivado a sus clientes a disminuir el uso de estos elementos; y baja (Mayor porcentaje encontrado) para negocios con menor cantidad de comensales (Rústico Chanco Artesanal, La Biferia) o establecimientos donde se han gestionado temas para la sostenibilidad como Takami.

El número de clientes y de pitillos plásticos entregados mensualmente se pregunta con el fin de conocer el porcentaje de comensales que hacen uso de pitillo en cada uno de los establecimientos encuestados. La gráfica a continuación resume tales resultados:

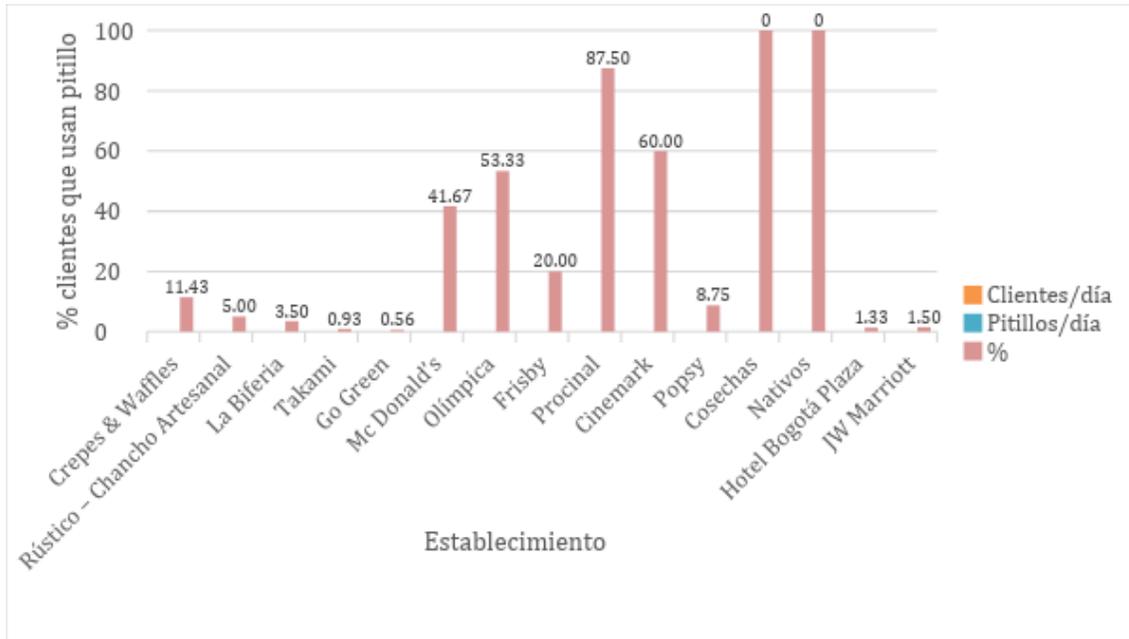


Figura 37. Porcentaje de clientes que usan pitillo del total de clientes del mes

A partir de la información obtenida, es evidente que los clientes que más usan pitillos plásticos son Cosechas, Nativos, Procinal, Cinemark, Olímpica y Mc Donald's, ya que la relación de consumo pitillos:clientes supera el 50%, por lo que se deduce que los clientes potenciales son los establecimientos de bebidas y cines principalmente.

Takami es un grupo que está incursionando en la gestión de la sostenibilidad, por lo que también es un mercado importante para la posible implementación del pitillo comestible de salvado de trigo. No obstante, actualmente usa pitillos de papel en vez de pitillos plásticos y por ello el bajo porcentaje de uso de estos con respecto a los demás establecimientos.

Para conocer el tipo de cliente que más demanda el uso de pitillo, los encuestados ordenaron sus respuestas de 1 a 5, siendo 1 quien menos lo usa y 5 el tipo de cliente que más lo solicita.

En vista de que los resultados obtenidos de la frecuencia de consumo de pitillos son variables según cada tipo de cliente, se realiza un promedio ponderado que permite obtener el puntaje correspondiente a estos, tal y como se muestra en el ejemplo a continuación:

$$\bar{x} = \frac{\sum (f_i \cdot x_i)}{n} = \frac{(7 \cdot 1) + (2 \cdot 2) + (1 \cdot 3) + (4 \cdot 4) + (1 \cdot 5)}{5} = 7$$

Donde  $f_i$  = a la frecuencia con que el cliente consume pitillos.

La gráfica que muestra los resultados y el puntaje promedio final para cada tipo de cliente se muestra a continuación, teniendo en cuenta que 1 es el que demanda pitillos con menos frecuencia, y 5 el que los demanda más frecuentemente.

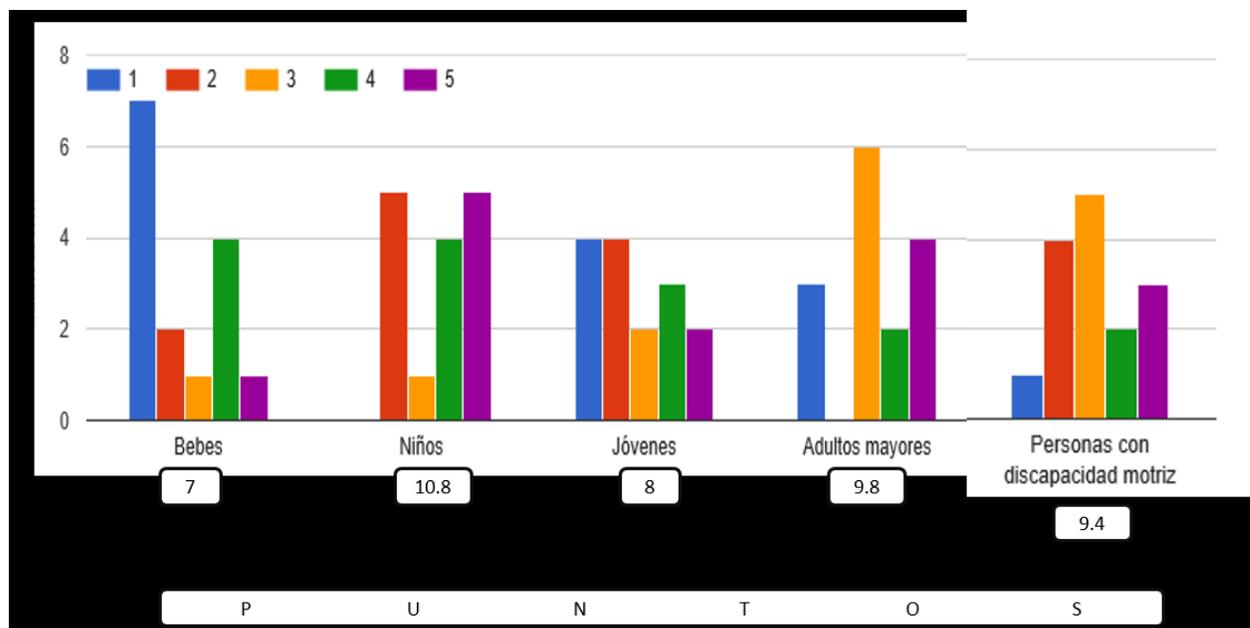


Figura 38. Demanda de uso de pitillos por tipo de cliente

A partir de los datos obtenidos, se concluye que los tipos de cliente que más demandan el uso de pitillos son los niños, los adultos mayores y las personas con discapacidad motriz. Por ello, se hace necesario enfocarse en estos comensales brindándoles un producto que supla la necesidad del pitillo convencional y además brinde posibles beneficios para su salud, con opciones como el pitillo de salvado de trigo.

Cada día los países son más estrictos con la restricción de uso plásticos desechables debido a su corta vida útil. Por ejemplo, en Francia se prohibirá por ley el uso de vasos y cubiertos de plástico, migrando a elementos que suplan esta necesidad pero sean fabricados con 50% materiales biodegradables para el 2020 y el 60% para el 2025 (Valderrama , 2016). Por otro lado, en países como Perú se avanza en la regulación de uso de bolsas plásticas, envases de poliestireno expandido y pitillos en todo el país para el 2021 (Actualidad Ambiental Perú, 2018) . En Colombia se adelantan los Proyectos de Ley No. 099 de 2017 y No. 123 de 2018, los cuales buscan fomentar el uso de recipientes hechos de plásticos biodegradables y, regular la fabricación, comercialización y distribución de elementos plásticos de un solo uso respectivamente (ANDI, 2018). Todos estos argumentos, llevan a que se innove con ideas alternativas que satisfagan la necesidad de quienes realmente necesitan utensilios como el pitillo (como es el caso de las personas con discapacidad motriz) o de quienes lo requieren para facilitar la ingesta de bebidas espesas, con hielo, etc.

En la gráfica a continuación se evidencia que para la mayoría de los establecimientos encuestados, el uso de pitillos es uniforme en todas las temporadas del año. Sin embargo, para empresas como Popsy, Frisby, Procinal, Cinemark y Nativos se expresa que las temporadas de mayor consumo son las vacaciones, temporadas de calor y fines de semana.

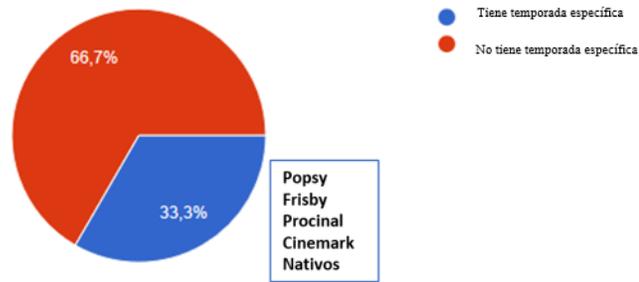


Figura 39. Porcentaje de establecimientos que tienen una temporada específica en la que incrementa la demanda de pitillos

Más del 50% de los establecimientos encuestados afirma que sus clientes han notificado inconformidad por el uso de pitillos plásticos. Sin embargo, los resultados se encuentran divididos, y este 53.3% de establecimientos corresponde al mercado objetivo de los pitillos comestibles, pues son quienes tienen interés en opciones alternativas al pitillo plástico, con el fin de satisfacer sus comensales. Los resultados a esta pregunta se muestran a continuación:

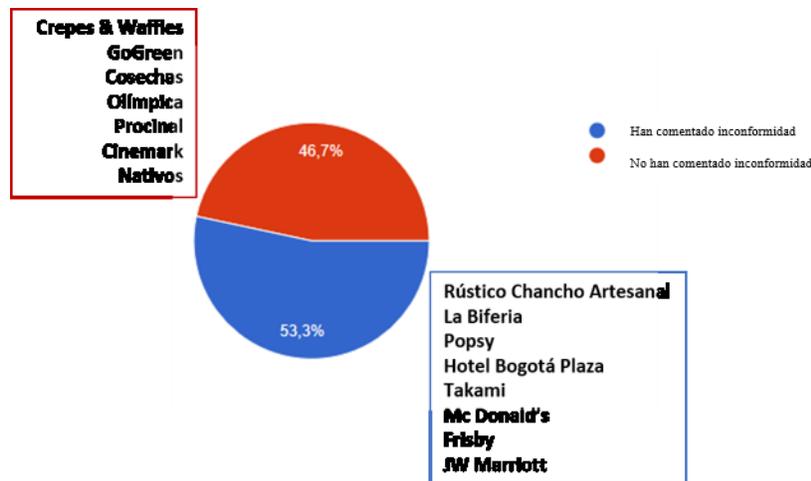


Figura 40. Porcentaje de clientes que han comentado conformidad o inconformidad de los clientes por uso de pitillos plásticos

A pesar de que la respuesta anterior se encontraba dividida, la mayoría de los entrevistados evidencia una disminución en el uso de pitillos plásticos en sus establecimientos. Según ellos, esto se debe principalmente a la creación de conciencia ambiental que ha hecho que las personas en general cada día se preocupen más por la protección del ambiente, por lo que se ha implementado publicidad sobre el tema, desarrollando alternativas como las campañas “Sin Pitillo Por Favor” o reemplazando estos utensilios plásticos. Vale aclarar que Cinemark, que fue uno de los establecimientos que afirmó que no se ha disminuido el consumo de pitillos plásticos, hace la salvedad que esto aplica para la sede entrevistada, porque ha visto disminución en los otros puntos. Los resultados se muestran a continuación:

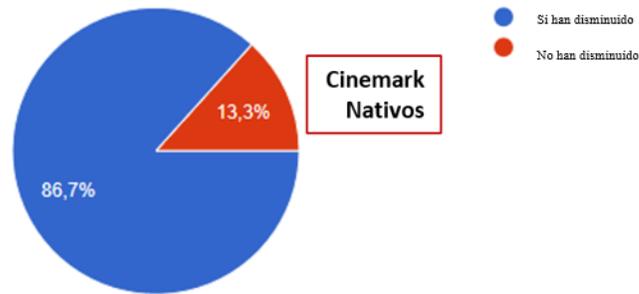


Figura 41. Porcentaje de establecimientos que no consideran que ha disminuido el uso de pitillos plásticos con el paso del tiempo.

El uso de plásticos desechables sigue siendo tendencia en el mercado, pues como se observa en la gráfica a continuación, cerca del 67% de los establecimientos encuestados no ha utilizado productos hechos a partir de materiales naturales.

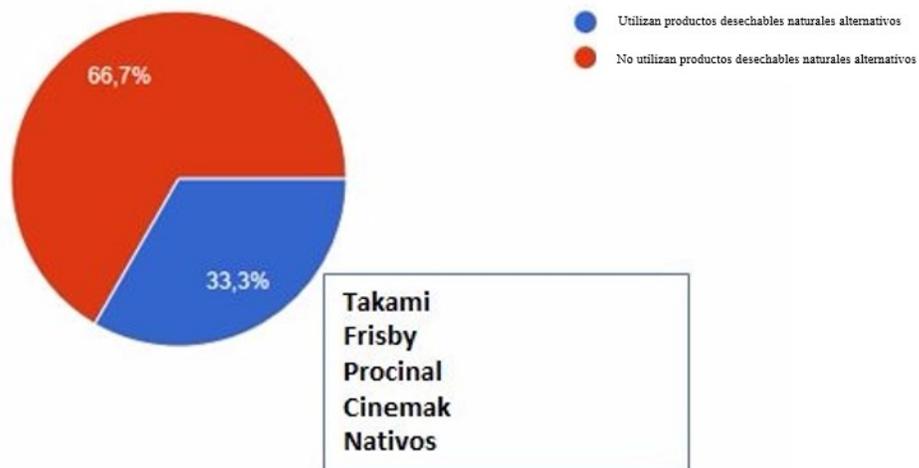


Figura 42. Porcentaje de establecimientos que utilizan productos desechables hechos de materiales alternativos naturales.

Sin embargo, algunos establecimientos como Takami, Frisby, Procinal, Cinemark y Nativos expresan haber implementado en sus establecimientos el uso de productos alternativos como se muestra a continuación:

Tabla 18. Establecimientos y sus respectivos productos alternativos

Establecimiento	Productos desechables de materiales alternativos
Takami	Pitillos y bolsas de papel
Frisby	Servilletas ecológicas, cartones reciclados, cucharas de maíz y pitillos oxo-biodegradables.
Procinal	Pitillos oxo-biodegradables

Cinemark	Vasos de cartón ecológico y reutilización de gafas 3D
Nativos	Pitillos ecológicos

No obstante, los pitillos oxo-biodegradables o los mal denominados “ecológicos” no son considerados productos a base de materiales alternativos, ya que en el mercado este es el nombre que se les da, pero de hecho son más contaminantes que los plásticos convencionales por su descomposición en pequeñas partículas conocidas como microplásticos, que afectan ecosistemas marinos y terrestres.

Acorde a las respuestas obtenidas por parte de los entrevistados de los establecimientos seleccionados, se identificó que el precio del pitillo plástico oscila entre 40 y 150 pesos colombianos. Para disminuir el consumo de estos, se utiliza en su mayoría cucharas (73.3%). No obstante el 33.3% de los establecimientos, dentro de los cuales se encuentra Olímpica, Frisby, Procinal y Nativos, aún no utilizan ninguna alternativa natural al pitillo convencional.

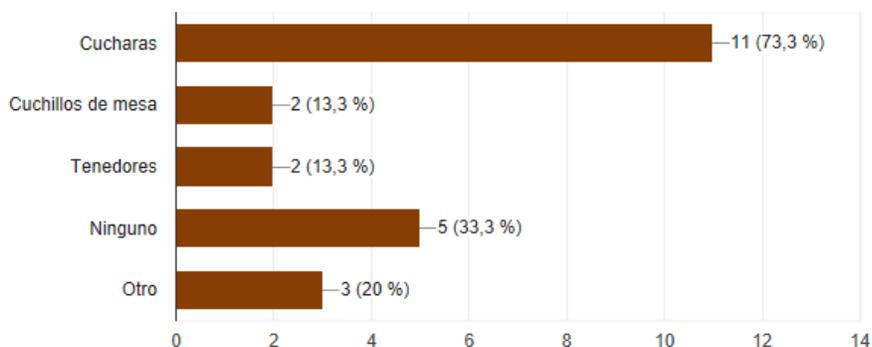


Figura 43. Porcentaje de uso de productos alternativos al pitillo convencional

El 40% de los establecimientos encuestados afirma conocer el costo de entregar productos alternativos biodegradables a sus clientes. Sin embargo, se evidencia que hay restaurantes como el de Olímpica que conoce el precio de estos productos biodegradables, pero no los utiliza en su operación; por el contrario restaurantes como Crepes & Waffles los usa sin conocer con exactitud el costo adicional que les representa. Los resultados se muestran en la gráfica a continuación:

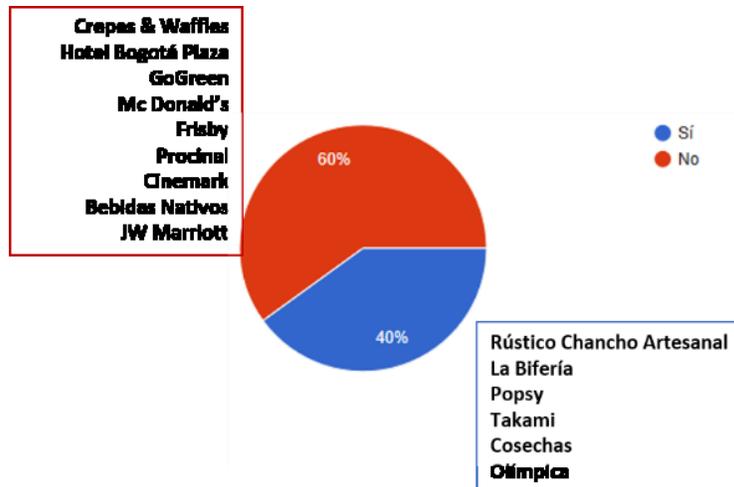


Figura 44. Conocimiento del costo de productos alternativos en establecimientos.

Adicionalmente, se evidencia en la siguiente gráfica el precio máximo que los establecimientos estarían dispuestos a pagar por estos productos. Es posible afirmar que no hay una tendencia general en el precio, pero que a excepción de Olímpica, todos los establecimientos están dispuestos a pagar un costo adicional con el fin de satisfacer la necesidad de sus clientes, aportando a la disminución en la generación de pitillos plásticos residuales que contaminan los ecosistemas.

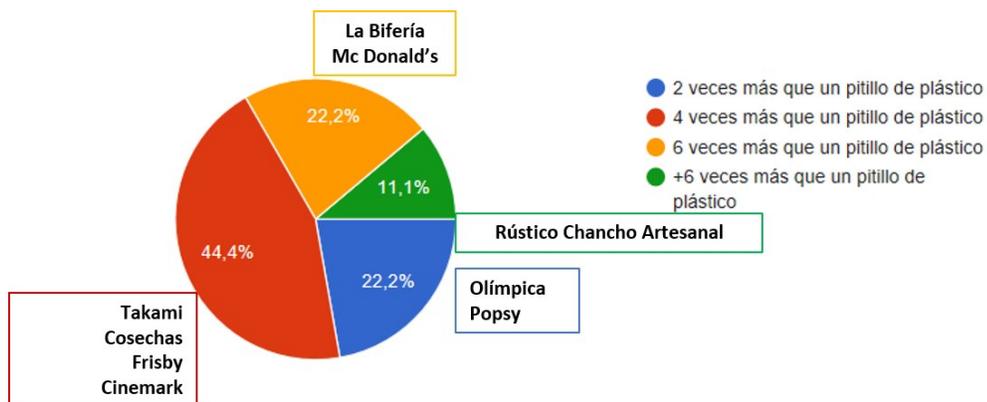


Figura 45. Precio máximo que estarían dispuestos a pagar los establecimientos por la adquisición de un pitillo biodegradable.

Teniendo en cuenta la figura anterior y el costo mínimo que pagan por un pitillo plástico (40 COP), los establecimientos que estarían dispuestos a pagar el costo del pitillo comestible de salvado de trigo (176.8 COP, precio estimado que se encuentra en la Tabla 44 del anexo 2), son: La Bifería, Mc Donald's y Rústico Chancho Artesanal.

El 80% de los establecimientos consideran viable un pitillo comestible, aunque este tenga un costo adicional, ya que tiene múltiples beneficios a la salud humana y ambiental, los cuales se muestran de color azul en la gráfica a continuación:

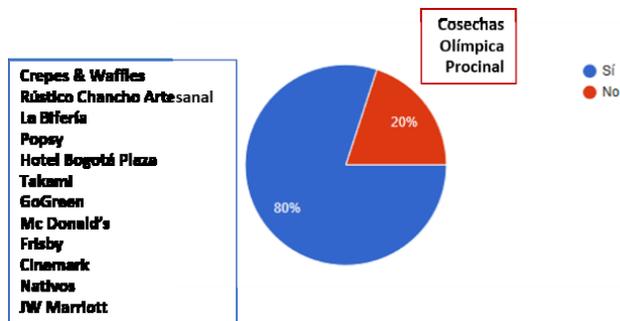


Figura 46. Viabilidad de pitillo comestible

Al estudiar las respuestas de los establecimientos que dijeron “No” al uso de los pitillos comestibles, se encuentra que en el caso de Cosechas aunque afirman usar productos alternativos como las cucharas, no arriesgarían el sabor de sus bebidas ante un posible cambio. En cuanto a Olímpica, este establecimiento no usa productos alternativos al pitillo convencional y afirman que no están dispuestos a pagarlo ya que conocen su elevado precio. Por último, actualmente en Procinal no hay ningún tipo de aceptación a productos alternativos al pitillo comestible, pues ellos no han estudiado su precio y tampoco están dispuestos a cambiarlo por ahora.

Para complementar la respuesta anterior, se evidencia que, aunque Procinal y Olímpica temen al cambio de pitillo convencional a pitillo comestible, creen que la aceptación de sus clientes podría a llegar a ser favorable. Por el contrario, Cosechas y Frisby creen que no lo sería. Lo anterior se puede evidenciar en la siguiente gráfica:

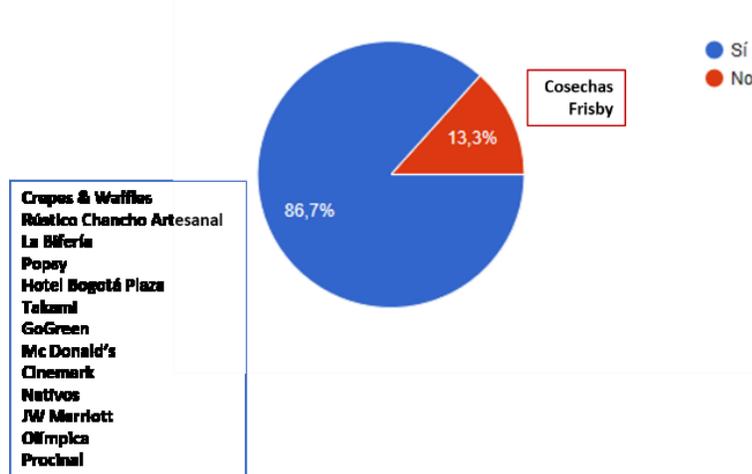


Figura 47. Establecimientos que consideran que los pitillos serían aceptados de forma favorable por sus clientes

Por último, se consolida en la siguiente tabla la opinión de cada uno de los encuestados sobre la posibilidad de que los pitillos en general desaparezcan.

Tabla 19. Opinión de los establecimientos sobre la posibilidad de desaparición del pitillo plástico

Nombre Establecimiento	Los pitillos van a desaparecer	Motivo	Posibilidad de Pitillo de material alternativo no contaminante
------------------------	--------------------------------	--------	--

	<b>r</b>		
Crepes & Waffles	SI	Conciencia ambiental	SI
Rústico – Chancho Artesanal	SI	Contamina	SI
La Biferia	SI	Conciencia ambiental. Será un tema a largo plazo	SI
Takami	NO	Aunque disminuya el consumo, las personas contemplan alternativas más responsables, pero no eliminarlas por completo, se requiere desarrollo y evolución de conciencia de cada individuo para eso. Si es específicamente de plástico, puede pasar si el gobierno lo regula y prohíbe este material.	SI
Go Green	SI	Conciencia ambiental	SI
Mc Donald's	SI	Afecta considerablemente el planeta	SI
Olímpica	SI	-	SI
Frisby	NO	La gente no tiene esa cultura todavía y hay ocasiones que es necesario. Nosotros cometemos un error y es que con productos como Frisby Snacks obligamos a los clientes a que consuman pitillo quieran o no	SI
Procinál	NO	Es muy importante. Acá todo el mundo usa pitillos	SI
Cinemark	SI	Por el cuidado del ambiente	SI
Popsy	NO	Se usa en muchas ocasiones por facilidad y practicidad al consumo	SI
Cosechas	NO	Se usa para facilitar la vida de las personas	NO
Nativos	NO	El comercio los hace necesarios	SI
Hotel Bogotá Plaza	SI	Apoyo al medio ambiente y Disminución en los	SI

		gastos	
JW Marriott	SI	A menos que cambien los materiales	SI

Teniendo en cuenta las respuestas de la tabla anterior, se infiere que los establecimientos creen que el pitillo de plástico desaparecerá por la contaminación que éstos generan al ambiente. Sin embargo, se cree que esta es una percepción bastante útil si se consideran otras alternativas más amigables con el planeta, de forma que los establecimientos que creen que los impactos negativos de los pitillos los llevan hacia su desaparición, abren la posibilidad del desarrollo de pitillos amigables.

A continuación, se muestran las fotografías de algunos empleados de la empresa Helados Popsy haciendo uso del pitillo.



De acuerdo con los resultados obtenidos en este primer acercamiento al mercado, a partir de la aplicación de la encuesta, se concluye que la aceptación general del pitillo comestible es buena y este podría ser una opción viable económica y ambientalmente para sustituir el uso de pitillos plásticos y satisfacer la necesidad de quienes requieren o desean usar este producto.

Ideas de Negocio como la de Cusinnova que fabrica cucharas comestibles y biodegradables a base de fécula de maíz y las vende a grupos de restaurantes como Takami (Sipote, 80 sillas, Central Cevichería, etc.) demuestran que si es posible desarrollar proyectos de este tipo que ayuden a mitigar los problemas relacionados con el deterioro ecológico y suplan la necesidad del plástico desechable (García G. , 2016).

#### 10.4 Resumen del análisis de los resultados

A continuación, se presenta una síntesis de los análisis de resultados más importantes obtenidos a lo largo del proyecto.

El salvado de trigo desde un punto de vista integral, como materia prima principal es un material apropiado para la elaboración de pitillos comestibles, ya que este es un subproducto del proceso de molienda de trigo (De Blas, Mateos, & Rebollar, 2011), que al ser utilizado garantiza que no se vea

afectada la seguridad alimentaria de las poblaciones, como ocurre con los bioplásticos elaborados a base de almidones de maíz, de papa o de yuca, los cuales han sido destacados en múltiples investigaciones previas por sus propiedades técnicas que los hacen muy buenos materiales para reemplazar el plástico desechable (López, y otros, s.f). No obstante, en estas investigaciones no se ha tenido en cuenta el riesgo que representa para la seguridad alimentaria un incremento en la demanda de estos alimentos básicos para alimentación humana, como sucede en “*Biodegradación de envases elaborados a base de fécula de maíz, papa, caña de azúcar, papel y oxo-biodegradables*”, (Hernández K. , 2013).

Adicionalmente, el consumo de salvado de trigo trae múltiples beneficios a la salud humana, como la prevención del desarrollo de enfermedades gastrointestinales, regulación de la distensión abdominal, estreñimiento y falta de energía (Kellogg's, 2015), además de suministrar una gran cantidad de vitaminas (B y E) y minerales (Chaquilla, Balandrán , Mercado, & Mendoza, 2017). Pese a todos los beneficios encontrados para utilizar al salvado como posible sustituto de los plásticos, al momento de elaborar el pitillo se evidenció que el contenido de almidón dentro del salvado de trigo no fue suficiente para lograr la adhesión adecuada de las partículas, por lo que se hizo necesario utilizar almidón de maíz en una proporción del 4% de la masa total del pitillo.

La fase líquida del material no puede ser muy elevada, ya que un alto contenido de humedad en la composición del pitillo favorece el desarrollo de microorganismos y causa su pérdida estructural (García M. , Tecnología de los cereales, 2004). Además, se evidencia que la glicerina no debe superar la proporción de 45% con respecto a contenido de agua, porque de ser así la composición no es homogénea y, el pitillo pierde consistencia y estabilidad. Según el estudio de “*Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca*”, para lograr las mejores propiedades del material se necesita un contenido del 17.5% de glicerina. Este resultado contrasta con el obtenido experimentalmente, y la diferencia es atribuible a las propiedades de cada uno de los materiales, por ejemplo el almidón presenta una granulometría más fina y un mayor grado de pureza, por lo que necesita una mayor cantidad de glicerina para lograr una consistencia adecuada (Meneses, Corrales, & Valencia, 2007). Esto se convierte en un incremento del costo del producto debido al elevado precio de la glicerina pura para alimentos.

Sin embargo, estas no son las únicas variables que hay que controlar para elaborar el pitillo comestible. En primera medida se debe garantizar que el contacto inicial entre la fase sólida y líquida sea de mínimo 15 minutos, tiempo requerido para que las membranas celulares absorban la cantidad de agua necesaria para lograr la estabilidad de las fases en la composición. De lo contrario, el agua no es correctamente absorbida por los gránulos, y se pierde rápidamente al estar expuestos a altas temperaturas, ocasionando rupturas en el material (Niño, 2018). En segunda instancia y de forma complementaria, se debe realizar una agitación constante y fuerte, que permita homogenizar por completo la composición, y lograr la inclusión de la fase líquida. Por último, se debe garantizar que el secado de la composición se dé a temperatura ambiente por no más de 24 horas (etapa en la que se pierde la fase líquida), y posterior a ello que el horneado se dé entre 50°C y 60°C, por un tiempo no mayor a 3 horas (etapa en la que se alcanza el endurecimiento de la composición).

Los pitillos plásticos convencionales son elaborados con una máquina extrusora, que requiere tener el plástico en fase líquida (con la exposición a altas temperaturas) para que sea inyectado a presión a través del tornillo de extrusión (Beltrán & Marcilla, 2008). Sin embargo, por factores adversos como las elevadas temperaturas requeridas, el costo y la densidad de la composición de salvado de trigo, es

necesario reformular el proceso de fabricación del pitillo. Para este proyecto fue necesario complementar las técnicas de *tubo* y *sellado* explicadas en el diseño metodológico, fusionando los procesos para moldear la masa a un tubo, y posteriormente sellarla con un molde.

En cuanto a la degradabilidad de los pitillos, se sabe que los plásticos tardan un largo periodo de tiempo en degradarse (500 y 1000 años), debido a sus componentes sintéticos derivados del petróleo que los hacen permanentes (Ramírez E. , 2016). Los pitillos naturales como el de salvado de trigo, al ser de origen 100% orgánico tienen un periodo de degradación corto, que favorece la disminución en la cantidad de residuos plásticos que son depositados diariamente en diferentes ecosistemas. Sin embargo, se debe tener en cuenta que no todos los pitillos que dicen ser biodegradables, son 100% naturales, pues se complementan con una fracción sintética para lograr sus propiedades (Hernández K. , 2013).

La factibilidad de uso del pitillo no sólo debe incluir las características técnicas que permiten que el pitillo sea usado adecuadamente, pues además se debe contemplar la posibilidad de que este producto sea incluido en el mercado. Se pudo determinar que los mercados que demuestran un mayor interés por la adquisición de este tipo de productos son los restaurantes y tiendas de helados, y demuestran aceptar la idea de implementar estas alternativas son importantes si se escucha la creciente preocupación de la sociedad por disminuir la cantidad de plásticos que son desechados.

El potencial técnico del salvado de trigo como materia prima principal para la elaboración de pitillos comestibles, es el apropiado porque se utiliza un subproducto de otro proceso, permite obtener las características de maleabilidad y resistencia necesarias para lograr la forma del pitillo, puede estar en contacto con bebidas líquidas por lo menos durante 40 minutos, y son aceptados por la mayoría de los establecimientos comerciales encuestados, definidos como mercado objetivo del producto.

## 11. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos, se puede identificar que el salvado de trigo como materia prima para la elaboración de pitillos comestibles, tiene ventajas representativas frente a otros materiales como los almidones de maíz, papa o yuca, el bagazo de caña de azúcar, o el PLA (plásticos a base de ácido poliláctico), principalmente por sus beneficios a la salud humana como la reducción de enfermedades gastrointestinales, y el aprovechamiento de un subproducto del proceso de la molienda de trigo, por lo que no se pone en riesgo la seguridad alimentaria.

Aunque actualmente se han desarrollado bioplásticos a partir de diferentes tipos de almidones y salvado de trigo, no se ha estudiado específicamente la fabricación de pitillos comestibles ni de pitillos 100% biodegradables, ya que en su composición hay trazas de plástico sintético. En vista de la ausencia de investigación específica sobre este tema, y con el fin de poder brindar un pitillo que pueda ser usado en todas las situaciones en las que es requerido sin incrementar las cifras de residuos plásticos, y que además brinde la posibilidad de ser consumido, proporcionando múltiples beneficios a la salud, se desarrolla una composición que además de ser biodegradable, es comestible.

El prototipo obtenido presenta excelentes características en cuanto a la humedad, la absorción de agua, y la consistencia, logrando que el pitillo se conserve por más tiempo, y pueda permanecer dentro de una bebida por al menos 40 minutos. Estas pruebas fueron realizadas en múltiples ocasiones y a partir de ellas se pudo determinar que la temperatura es una variable determinante de la estructura de los pitillos, ya que a mayor temperatura de exposición, mayor es la pérdida de la fase líquida, variable que garantiza la adhesión de la composición.

Sin embargo, la fracción de almidón dentro del salvado de trigo no es lo suficientemente elevada como para lograr la adhesión necesaria para completar la forma cilíndrica del pitillo. Por lo que es necesario añadir una cantidad de 4% de almidón de maíz puro, logrando la textura adecuada primordial para la obtención de la forma. Debido a la alta densidad del material, este no puede fluir en un molde común, por lo que debe ser formado y ajustado con técnicas alternativas como las de *tubo* y *sellado*.

La finalidad del prototipo es que éste pueda entrar a formar parte de los mercados verdes, por lo que se determina a partir de las encuestas realizadas que este es un producto inicialmente aceptado por los encargados de diferentes establecimientos comerciales que fueron definidos como mercado objetivo: Restaurantes, hoteles, cinemas y tiendas de bebidas y helados. La inclusión de este producto dentro del mercado permite combatir el estigma del pitillo actual, ya que este es un elemento útil y necesario en algunas ocasiones como para el consumo de bebidas espesas.

Actualmente en Colombia y en el mundo, se favorecen este tipo de iniciativas que buscan disminuir el uso del plástico desechable, motivo por el cual se debe promover la investigación sobre estos proyectos, continuando con iniciativas como las presentadas en este documento, que requieren de más tiempo para alcanzar una mayor cantidad de resultados respecto a las propiedades técnicas, la degradabilidad y biodegradabilidad y, la inclusión completa del producto en el mercado.

Por las razones expresadas, se concluye que el salvado de trigo como materia prima principal presenta un potencial técnico suficiente para la realización de pitillos comestibles que debe seguir siendo perfeccionado para su posterior puesta en el mercado.

## **12. Recomendaciones**

El desarrollo de este proyecto favorece los tres pilares de la sostenibilidad (social, ecológico y económico), por medio de la evaluación del potencial técnico del salvado de trigo como materia prima para elaborar pitillos comestibles, ya que a partir de esto se beneficia la salud humana, se aporta a la reducción de la cantidad de residuos plásticos que son desechados en diferentes ecosistemas y se contribuye al crecimiento de los mercados verdes.

Sin embargo, el proceso de innovación es un camino largo, por lo que para seguir este estudio se sugiere continuar con el perfeccionamiento del producto, teniendo en cuenta todas las regulaciones que establece el INVIMA, el MADS (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) y el MINSALUD (Ministerio de Salud) para la fabricación de alimentos.

Para continuar con la fase de laboratorio, se debe perfeccionar el producto con la medición de características microbiológicas, dureza, resistencia, comportamiento en bebidas frías, sabor e incluso el diseño y estética del pitillo comestible. Se debe tener especial cuidado con el tamaño del gránulo y la temperatura. Adicionalmente, se recomienda hacer un estudio de biodegradabilidad del pitillo comestible para conocer el tiempo que tarda en degradarse naturalmente el pitillo comestible.

Por otra parte, se debe realizar un estudio de factibilidad de mercado para continuar con la siguiente fase del proyecto que corresponde a la comercialización del pitillo comestible, donde se espera que el producto sea escogido por el mercado objetivo que son los restaurantes, hoteles, cines y, tiendas de helados y bebidas.

## Bibliografía

- (GEOPACK), A. R. (17 de julio de 2018). Características de los desechables de PLA. (L. F. Bonilla, Entrevistador)
- Aceituno, F., & López, J. (Diciembre de 2012). Caracterización morfológica de almidones de los géneros *Triticum* y *Hordeum* en la península Ibérica. *Trabajos de Prehistoria*, 69(2), 332-348.
- Actualidad Ambiental Perú. (05 de junio de 2018). Ley para regular bolsas plásticas, sorbetes y tecnopor sólo espera aprobación del Pleno. *Actualidad Ambiental*.
- Agudelo, C., Sepúlveda, J., & Restrepo, D. (2015). Efecto de la adición de dos tipos de almidones en las propiedades texturales del queso análogo. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 68(1), 7545-7555.
- Albert, M. (2006). *La investigación educativa*. Madrid, España: McGraw-Hill.
- Alcaldía de Bogotá. (2018). *Mapas Bogotá*. Recuperado el 27 de Agosto de 2018, de IDECA: <http://mapas.bogota.gov.co/#>
- Alfonso, K. (10 de Agosto de 2017). Los cultivos de maíz y yuca fueron los que más crecieron durante el año pasado. *La República*.
- Almeida, S., Aguilar, T., & Hervert, D. (2014). La fibra y sus beneficios a la salud. *Scielo*, 27, 73-76.
- Alonso, J., Benavente, M., García, K., & González, K. (Diciembre de 2014). Producción de harina de papa para puré instantáneo. *Nexo*, 27(2), 99 - 114.
- Álvarez, D., & Chaves, D. (2017). El cultivo de trigo en Colombia: Su agonía y posible desaparición. *Revista de Ciencias agrícolas*, 34(2), 125-137.
- ANDI. (2018). Comité Usuarios Envases y Empaques. Bogotá: ANDI.
- Ángeles, P. (2015). *Diseño de un proceso industrial para obtener plástico biodegradable (TPS) a partir de almidón de yuca*. Lambayeque, Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Arboleda, C., García, E., Posada, A., & Torres, R. (2009). Diseño y construcción de un prototipo de interfaz cerebro - computador para facilitar la comunicación de personas con discapacidad motora. *EIA*(11), 105-115.
- Arévalo, K. (2015). *Elaboración de plásticos biodegradables a partir de polisacáridos y su estudio de biodegradación a nivel de laboratorio y campo*. Nuevo León: UANL.
- Aristizábal, J., & Sánchez, T. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Roma: FAO.
- ASTM. (2012). ASTM D6400 - 12. *Standard Specification for Labeling of Plastics Designed to be Aerobically Composted in Municipal or Industrial Facilities*.
- Beltrán, M., & Marcilla, A. (2008). Tecnología de polímeros: Extrusión. *Universidad de Alicante*, 116 - 139.
- Betancur, L. (20 de Agosto de 2016). ¿Se acerca el final de los pitillos plásticos? *El Tiempo*.
- Bisquerra, R. (1989). *Métodos de investigación educativa: Guía práctica* (1 ed.). Barcelona: CEAC.
- Brueck, H. (25 de Julio de 2018). *the real reason why so many cities and businesses are banning plastic straws*. Recuperado el 26 de Agosto de 2018, de Business insider: <https://www.businessinsider.com/plastic-straw-ban-why-are-there-so-many-2018-7>
- Bustamante, B. (2012). La degradación de los plásticos. *Revistas académicas EAFIT*.
- Cabrera, C. (16 de abril de 2017). En el 2050 habrá más plástico que peces en el mar. *El Tiempo*.
- Cadenas, A. (2012). *La economía ecológica como ciencia del desarrollo sostenible*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- Caracol Radio. (17 de Mayo de 2017). *En Colombia sólo se recicla el 17% de las basuras*. Obtenido de [http://caracol.com.co/radio/2017/05/17/nacional/1495047458\\_796244.html](http://caracol.com.co/radio/2017/05/17/nacional/1495047458_796244.html)

- Castellón , C., Tejeda , L., & Tejeda , L. (2016). Evaluación de la degradación ambiental de bolsas plásticas biodegradables. *Revista SENA*, 26.
- Castellón, H. (2013). *Plásticos oxo-biodegradables vs Plásticos biodegradables: ¿Cuál es el camino?* Caracas: CORAMER.
- Cerda, H. (1991). *Los elementos de la investigación* . Bogotá: El Búho .
- Chaquilla, G., Balandrán , R., Mercado, J., & Mendoza, A. (2017). Propiedades y posibles aplicaciones de las proteínas de salvado de trigo. *CienciaUAT*, 137-147.
- DANE. (2017). *Producto interno bruto (PIB) - Segundo trimestre de 2017*. Bogotá.
- Dávila, E. (30 de Agosto de 2018). Pitillos amigables con el ambiente made in Colombia. *El Espectador*.
- De Blas, C., Mateos, G., & Rebollar, P. (2011). Tablas FEDNA De composición y Valor nutritivo de los alimentos para la fabricación de piensos compuestos. En F. E. FEDNA, *Subproductos de molinería del trigo* (págs. 97-103). Madrid, España: FEDNA.
- De la Torre, R., Rivera, S., Ruiz , J., & Veloz, J. (2007). Proyecto para reciclar el almidón de la yuca para la fabricación de fundas plásticas orgánicas. *Dspace*.
- Devaux, A., Andrade, J., Ordinola, M., Velasco, C., & Hareau, G. (2013). *La papa y la seguridad alimentaria en la región andina: Situación actual y desafíos para la innovación*.
- Ecoware. (2018). *End of life*. Obtenido de Ecoware: <https://www.ecoware.co.nz/end-of-life/>
- El Tiempo. (21 de Julio de 2008). La deforestación pone en peligro a 500 especies de plantas en el país. *El Tiempo*.
- Elcampesino. (1 de Junio de 2018). *El aporte de la papa a la economía colombiana*. Obtenido de <https://www.elcampesino.co/la-produccion-de-papa-en-colombia-genera-empleos/>
- Escobar, A., & Cervantes, M. (2016). Efecto de la humedad relativa sobre el cambio de peso nocturno de *Thillandsia recurvata*. *Sociedad Mexicana de Cactología*, 4-15.
- Escobar, D., Sala, A., Silvera, C., Harispe, R., & Márquez, R. (2009). Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo: Estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservante. *Revista del Laboratorio Tecnológico de Uruguay*(4), 33-38.
- Escuela colombiana de Ingeniería. (2007). *Plásticos*. Recuperado el 12 de noviembre de 2017, de Facultad de Ingeniería Industrial: [http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/2734\\_plimeros.pdf](http://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/2734_plimeros.pdf)
- Fakhouri, F., Martelli, S., Caon, T., Velasco, J., & Innocentini , L. (2015). Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes. *El Servier*, 57-64.
- Fenalce. (2017). *Indicadores Cerealistas -2017*. Bogotá: Fenalce.
- Fenercom. (2012). *La energía de los residuos*. Madrid: Comunidad de Madrid.
- Ferrer, M., Marfisi, S., Danglad, J., Ceconelo, L., & Rojas, B. (2013). *Producción de espumas sólidas de celulosa*. Recuperado el 12 de septiembre de 2017, de Universidad de Oriente: <http://www.redalyc.org/pdf/4277/427739464012.pdf>
- Figuroa, J., Salcedo, J., & Narváez, G. (2013). Efecto de recubrimientos comestibles a base de almidón nativo y oxidado de yuca sobre la calidad de mango (tommy atkins). *Temas agrarios*.
- Foladori, G. (2010). La economía ecológica. En *Desarrollo y migración* (págs. 189-196). México D.F.
- Food Security & Nutrition Network. (2017). *Impacto del desarrollo de la yuca y el maíz en la seguridad alimentaria y la nutrición de los pobres de las zonas rurales*. FAO, Foro # 33.
- Gallopín, G. (2003). *Sostenibilidad y Desarrollo Sostenible: un enfoque sistémico*. (N. Unidas, Ed.) Santiago de Chile: CEPAL - SERIE.
- García , M. (2004). *Tecnología de los cereales*. Granada: Universidad de Granada.

- García, A. (2015). *Obtención de un polímero biodegradable a partir del almidón de maíz*. Santa Tecla, El Salvador.
- García, C. (14 de Diciembre de 2017). El material eterno que volvimos desechable. *Semana Sostenible*.
- García, G. (2016). *Cusinnova*. Recuperado el 15 de agosto de 2017, de Universidad El Rosario: [www.repository.urosario.edu.co](http://www.repository.urosario.edu.co)
- García, M. (2003). Apuntes de Economía Ecológica. *ICE*.
- Gil, P. (24 de Abril de 2018). *Depende: Un mundo sin plástico*. Obtenido de EsGlobal: <https://www.esglobal.org/depende-un-mundo-sin-plastico/>
- Gómez, M. (2014). *El papel de los agronegocios en la seguridad alimentaria: El caso del maíz*. Bogotá: Universidad de La Salle.
- Góngora, J. (2014). La industria del plástico en México y el mundo. *Comercio Exterior*, 64(5).
- GreenPeace. (2017). *¿Cuánto plástico hay en el mundo?* Madrid: GreenPeace.
- Greenpeace. (26 de Julio de 2018). *Los bioplásticos no solucionan la contaminación por plásticos*. Obtenido de <https://es.greenpeace.org/es/noticias/los-bioplasticos-no-solucionan-la-contaminacion-por-plasticos/>
- Guilbert, S., & Gontard, N. (2005). Agro-polymers for edible and biodegradable films: Review of agricultural polymeric materials, physical and mechanical characteristics. *Academic Press*, 263-276.
- Hernández, K. (2013). *Biodegradación de envases elaborados a base de fécula de maíz, papa, caña de azúcar, papel y oxo-biodegradables*. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hernández, M., Torruco, J., Chel, L., & Betancur, D. (2008). Caracterización físicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciencia y tecnología de alimentos*, 28(3), 718-726.
- Hernandez, R. (1991). *Metodología de la Investigación*. Bogotá: McGraw-Hill.
- Hurtado, I. (24 de mayo de 2016). Campaña contra el pitillo, un compromiso también de los restaurantes.
- IDEAM. (2011). *Análisis de tendencias y patrones espaciales de deforestación en Colombia*. Bogotá.
- Jache Chamorro, R. (febrero de 2014). *Gestión de plásticos en el medio marino*. Recuperado el septiembre de 2017, de Universidad de Cantabria: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/6340/Raul%20Jache%20Chamorro.pdf?sequence=1>
- Juárez, J., & Quispe, M. (2016). *Aceptabilidad y evaluación proteica de galletas integrales elaboradas con harina de cañihua (Chenopodium pallidicaule), lactosuero y salvado de trigo*. Arequipa, Perú: Universidad Nacional San Agustín.
- Jurado, M. (2005). *Técnicas de investigación documental: Manual para la elaboración de tesis, monografías, ensayos e informes académicos*. México D.F.: Thomson.
- Kellogg's. (2015). *Beneficios de la fibra. Fibra de Salvado de trigo*. Obtenido de Kelloggs: <https://www.kelloggsnutrition.com/es>
- Lemus, C., Castillo, E., & Soto, L. (2016). Estudio de prefactibilidad para el montaje de una empresa productora de vasos desechables biodegradables comestibles en la ciudad de Bogotá. *ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA "JULIO GARAVITO"*.
- López, C., Soto, J., Díaz, P., Vargas, E., Mora, R., & Hurtado P. (s.f). *Yuca y Seguridad Alimentaria*. Recuperado el agosto de 2018, de Universidad Nacional de Colombia, Manihot Biotec: <http://ciencias.bogota.unal.edu.co/gruposdeinvestigacion/manihot-biotec/informacion-general/yuca-y-seguridad-alimentaria/?L=5>
- Lopez, L. (2015). *Bioplásticos: efectos e impactos sobre la gestión de los envases*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid .

- Lopretti, M. (marzo de 2017). *Plásticos Biodegradables: Una oportunidad de mercado*. Obtenido de Cámara de Industrias del Uruguay:  
<http://www.ciu.com.uy/innovaportal/file/82560/1/biopolimeros.pdf>
- MADS. (2012). *Política de Producción y Consumo Sostenible*. Bogotá.
- MADS. (2016). *Plan Nacional de Negocios Verdes*.
- Manzano, E. (21 de Julio de 2017). *Caña de azúcar: El gran motor de la economía en el Valle del Cauca*. Obtenido de Noticias Caracol: <https://noticias.caracoltv.com/calí/cana-de-azucar-el-gran-motor-de-la-economia-en-el-valle-del-cauca>
- Marques, J., & Marcal, D. (2003). Principios de secado de granos: Psicometría higroscópica. Santiago, Chile: Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.
- Medeiros, R., Soffner, M., Thomé, J., Cacaís, A., Estelles, R., Salles, B., . . . Filho, E. (2000). The production of hemicellulases by aerobic fungi on medium containing residues of banana plant as substrate. *Biotechnol Prog*, 16(3), 522-543.
- Medina, J., & Salas, J. (2008). Caracterización morfológica del gránulo de almidón nativo: Apariencia, forma, tamaño y su distribución. *Revista de Ingeniería*, 56-62.
- Meneses, J., Corrales, C., & Valencia, M. (2007). Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. *EIA*.
- Munguía, S. (2017). Bioplástico a partir de semillas de aguacate. *Ciencia UANL - Universidad Autónoma de Nuevo León*.
- Murga, J. (2016). Impactos ambientales y sociales del cultivo de caña de azúcar y palma africana. *América Latina en Movimiento*.
- Niño, V. (12 de Octubre de 2018). Comportamiento de los granos frente al agua. (L. F. Bonilla, Entrevistador)
- Novo, M. (2009). La educación ambiental, una genuina educación para el desarrollo sostenible. *Revista de Educación*, 195-217.
- Ocean Conservancy. (2017). *Together for our ocean. International Coastal Cleanup 2017 Report*. International Coastal Cleanup.
- ONG Ocean Conservancy. (2017). *Reportes anuales. Together for our ocean*. International Coastal Cleanup.
- ONU. (1972). *DECLARACIÓN DE ESTOCOLMO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE HUMANO*. Estocolmo.
- ONU. (1995). *Conferencia Intergubernamental Para La Adopción De Un Programa De Acción Mundial Para La Protección Del Medio Marino Frente A Las Actividades Realizadas En Tierra*. Washington.
- ONU. (2012). *Declaración Rio +20 el futuro que queremos*. Rio de Janeiro.
- ONU. (2017). *Conferencia sobre los océanos*. Nueva York.
- Peña, L. (2014). La revisión bibliográfica. *Universidad javeriana*.
- PESA. (2012). *Seguridad alimentaria y nutricional*. Honduras: FAO.
- PlasticsEurope. (2014). *How plastics are made*. Recuperado el 15 de Agosto de 2018, de <https://www.plasticseurope.org/what-is-plastic/how-plastic-is-made.aspx>
- PlasticsEurope. (2017). *Plásticos: Situación en 2017*. Madrid.
- PNUMA. (1989). *Convenio de Basilea*. Nueva York.
- Ramírez, A. G. (17 de julio de 2018). Características de los desechables de PLA. (L. F. Bonilla, Entrevistador)
- Ramírez, E. (29 de abril de 2016). Un pitillo se descompone en mil años según estudio. *El Colombiano*.

- 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.
- Rojas, A., & Aristizábal, I. (2012). Efecto del contenido de humedad sobre algunas propiedades mecánicas de la semilla de Vitabosa (*Mucuna deeringiana*). *Facultad Nacional Agrónoma de Medellín*, 65(1), 6553 - 6566.
- Ruiz, G. (Septiembre de 2006). Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. *Ingeniería y Ciencia*, 2(4), 5-28.
- Ruiz, G., Montoya, C., & Paniagua, M. (2009). Degradabilidad de un polímero de almidón de yuca. *EIA*, 67-78.
- Sánchez, J. (2012). *Los métodos de investigación*. Madrid: Albazans.
- Sánchez, J. (21 de Septiembre de 2018). Prueba de absorción de agua. (M. C. Vásquez, Entrevistador)
- Segura, D., Noguez, R., & Espín, G. (2007). Contaminación ambiental y bacterias productoras de plásticos biodegradables. *Bioteχνología*, 361-372.
- Semana Sostenible. (24 de julio de 2017). El boom del plástico y la contaminación del mar.
- Semana Sostenible. (08 de Junio de 2017). Plástico en los ríos, uno de los mayores contaminantes de océanos.
- Szanto, D. (2010). Comestible/Edible : L'aliment comme matériau/Food as material. *Material Culture Review*.
- Tellez, A. (2012). *La complejidad de la problemática ambiental de los residuos plásticos: Una aproximación al análisis narrativo de política pública en Bogotá*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios Ambientales - IDEA.
- Trillo, V. (29 de abril de 2011). La importancia de definir bien tu mercado Diana. *RRHH Digital*.
- UN. (25 de Septiembre de 2015). *UN adopts new Global Goals, charting sustainable development for people and planet by 2030*. Recuperado el 26 de Agosto de 2018, de UN News: <https://news.un.org/en/story/2015/09/509732-un-adopts-new-global-goals-charting-sustainable-development-people-and-planet#.Vgsma3novcs>
- UN. (2016). *Producción y consumo responsables: Por qué son importantes*. UN.
- UN. (S.F.). *Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles*. Recuperado el 27 de Agosto de 2018, de Objetivos del Desarrollo Sostenible. 17 objetivos para transformar nuestro mundo.
- UNESCO. (1992). *Declaración de Rio sobre Medio Ambiente y Desarrollo*. Rio de Janeiro.
- Universidad del Valle. (2017). *En el 2050 habrá más plástico que peces en el mar*. Cali: Universidad del Valle.
- Valderrama, M. (27 de Septiembre de 2016). Francia prohíbe por ley el uso de vasos y cubiertos de plástico. *El mundo*.
- Van der Heijden, M., & Haan, S. (3 de Marzo de 2012). *Optimización de la humedad del alimento manteniendo su calidad*. Obtenido de Engormix: <https://www.engormix.com>
- Vargas, E. (2000). Composición de los subproductos de trigo utilizados para consumo animal en Costa Rica. *Nutrición Animal Vegetal*, 6(1).
- Vargas, Y., & Pérez, L. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Facultad de Ciencias Básicas*, 14, 1-14.
- Zamudio, P. (2005). *Elaboración de películas biodegradables de almidón de plátano: Evaluación de sus propiedades mecánicas y de barrera*. Yautepec: Instituto Politecnico Nacional.
- Zárate Ramírez, L. (2011). *Materiales poliméricos biodegradables preparados mediante procesado termomecánico a partir de mezcla de gluten/plastificante*. Sevilla: Universidad de Sevilla.



## Anexos

Reúne el material que se utilizó para el desarrollo de la investigación; por ejemplo, instrumentos para recolección de información, listado de materiales

### Anexo 1. Tablas de laboratorios

#### Laboratorio 1.

	agosto de 2018
	m a 6:00 pm
de realización	laboratorio de Físicoquímica del Tecnoparque – SENA, Bogotá Colombia
mentos empleados	lo de trigo, glicerina, agua, balanza analítica, tamiz de mallas 10-20-40-60, molino, beaker 50mL, vidrio de reloj, mezclador, horno, cajas de Petri, pipeta pasteur 3mL, pipeta de vidrio 10mL, pipeteador, libreta de apuntes y cámara fotográfica.
ado general de la prueba	ción de los grosores de salvado de trigo con los cuales se realizan las pruebas iniciales y realización de primeras composiciones.

#### Laboratorio 2.

	septiembre de 2018
	m a 5:00 pm
de realización	laboratorio de Físicoquímica del Tecnoparque – SENA, Bogotá Colombia
mentos empleados	lo de trigo, glicerina, agua, balanza analítica, beaker 50mL, vidrio de reloj, mezclador, horno, cajas de Petri, pipeta pasteur 3mL, pipeta de vidrio 10mL, pipeteador, libreta de apuntes y cámara fotográfica.
ado general de la prueba	Continuar con la realización de las composiciones en base a la revisión de las del día anterior.

#### Laboratorio 3.

	septiembre de 2018
	am a 6:00 pm
de realización	laboratorio de Físicoquímica del Tecnoparque – SENA, Bogotá Colombia
mentos empleados	r, tela delgada y porosa, hilo de cocer, balanza analítica, muestras de materiales de salvado de trigo, agua, glicerina, horno, libreta de apuntes y cámara fotográfica.
ado general de la prueba	Medición de la humedad, absorción de agua y deformación para cada uno de los materiales propuestos para el diseño del prototipo de pitillo comestible.

#### Laboratorio 4.

	septiembre de 2018
	pm a 6:00 pm

de realización	laboratorio de Fisicoquímica del Tecnoparque – SENA, Bogotá Colombia
recursos empleados	harina de trigo, glicerina, agua, balanza analítica, beaker, vidrio de reloj, mezclador, horno, cajas de Petri, pipeta pasteur 3mL, pipeta de vidrio 10mL, pipeteador, libreta de apuntes y cámara fotográfica.
resultado general de la prueba	Preparación y horneado de composiciones seleccionadas.

#### Laboratorio 5.

	septiembre de 2018
	de 8:00 am a 4:00 pm
de realización	laboratorio de Fisicoquímica del Tecnoparque – SENA, Bogotá Colombia
recursos empleados	harina, tela delgada y porosa, hilo de cocer, balanza analítica, muestras de materiales de salvado de trigo, vidrio de reloj, mezclador, espátula, molde, varillas, salvado de trigo, glicerina, agua, horno, libreta de apuntes y cámara fotográfica.
resultado general de la prueba	Medición de la humedad, absorción de agua y deformación para cada una de las composiciones seleccionadas para el prototipo de pitillo comestible. No hay suficiente adhesión entre las partes del pitillo por el método utilizado (sellado). Preparación de réplicas de mejores muestras.

#### Laboratorio 6.

	septiembre de 2018
	de 8:00 am a 4:00 pm
de realización	laboratorio de Fisicoquímica del Tecnoparque – SENA, Bogotá Colombia
recursos empleados	harina, balanza analítica, muestras de materiales de salvado de trigo, vidrio de reloj, mezclador, espátula, molde, varillas, salvado de trigo, glicerina, agua, horno, libreta de apuntes y cámara fotográfica.
resultado general de la prueba	Medición de la humedad, absorción de agua y deformación para cada una de las composiciones seleccionadas para el prototipo de pitillo comestible. Se descartan los prototipos de 7mm de diámetro. Preparación de réplicas de mejores muestras.

#### Laboratorio 7.

	septiembre de 2018
	de 8:00 am a 5:00 pm
de realización	laboratorio de Fisicoquímica del Tecnoparque – SENA, Bogotá Colombia
recursos empleados	harina, balanza analítica, muestras de materiales de salvado de trigo, vidrio de reloj, mezclador, espátula, molde, varillas, salvado de

	trigo, glicerina, agua, horno, libreta de apuntes y cámara fotográfica.
ado general de la prueba	Medición de la humedad, absorción de agua y deformación para cada una de las composiciones seleccionadas para el prototipo de pitillo comestible. Preparación de las mejores dos muestras.

#### Laboratorio 8.

	septiembre de 2018
	am a 5:00 pm
de realización	laboratorio de Fisicoquímica del Tecnoparque – SENA, Bogotá Colombia
mentos empleados	r, balanza analítica, muestras de materiales de salvado de trigo, vidrio de reloj, mezclador, espátula, molde, varillas, salvado de trigo, glicerina, agua, horno, libreta de apuntes y cámara fotográfica.
ado general de la prueba	Medición de la humedad, absorción de agua azucarada y deformación para cada una de las composiciones seleccionadas para el prototipo de pitillo comestible. Preparación de la mejor muestra en prototipo completo.

#### Laboratorio 9.

	octubre de 2018
	am a 6:00 pm
de realización	laboratorio de Fisicoquímica del Tecnoparque – SENA, Bogotá Colombia
mentos empleados	r, balanza analítica, muestras de materiales de salvado de trigo, almidón, vidrio de reloj, mezclador, espátula, molde, varillas, salvado de trigo, glicerina, agua, horno, libreta de apuntes, cámara fotográfica.
ado general de la prueba	Medición de propiedades del prototipo completo preparado y preparación de un nuevo prototipo con almidón de maíz.

#### Laboratorio 10.

	octubre de 2018
	am a 4:00 pm
de realización	laboratorio de Fisicoquímica del Tecnoparque – SENA, Bogotá Colombia
mentos empleados	r, balanza analítica, muestras de materiales de salvado de trigo, almidón, vidrio de reloj, mezclador, espátula, molde, varillas, salvado de trigo, glicerina, agua, horno, libreta de apuntes, cámara fotográfica, cámara climática y regla.
ado general de la prueba	Medición de propiedades del prototipo completo preparado con almidón e inicio de la prueba de degradabilidad.

A partir de este último laboratorio se ha venido perfeccionando el prototipo de pitillo comestible y se ha medido diariamente la degradabilidad de la muestra que se encuentra en la cámara climática.

## Anexo 2. Tablas de resultados

Tabla 20: Criterio base de calificación de posibles materiales para sustituir plásticos convencionales.

<b>Características</b>	<b>Rango base</b>
<b>Tipo de fuente de obtención</b>	3 = Natural 2 = Semisintético 1 = Sintético
<b>Fuente obtención</b>	3 = Residuo 2 = Alimento 1 = Polímero plástico
<b>Degradación</b>	3 = Alta (menor o igual a 100 días) 2 = Media (Entre 101 y 400 días) 1 = Baja (Mayor a 401 días)
<b>Diámetro del gránulo (µm)</b>	3 = Diferencia de diámetro menor o igual a 30 µm 2 = Diferencia de diámetro entre 30 µm y 50 µm 1 = Diferencia de diámetro mayor a 50
<b>Proporción de amilosa y amilopectina</b>	2 = Proporción de 25 - 75 1 = Proporción diferente a 25 - 75
<b>Resistencia a rangos de temperatura</b>	3 = Rango alto de resistencia (más de 100°C de variación) 2 = Rango de resistencia intermedio (entre 40°C y 99°C de variación ) 1 = Rango de resistencia bajo (menos de 39°C de variación)
<b>Permeabilidad</b>	4 = Nula 3 = Baja 2 = Media 1 = Alta
<b>Impactos sociales (+)*</b>	3 = 3 impactos sociales positivos 2 = 2 impactos sociales positivos 1 = 1 impacto social positivo 0 = Ningún impacto social positivo
<b>Impactos ecológicos (+)*</b>	3 = 3 impactos ecológicos positivos 2 = 2 impactos ecológicos positivos 1 = 1 impacto ecológico positivo 0 = Ningún impacto ecológico positivo
<b>Impactos económicos (+)*</b>	3 = 3 impactos económicos positivos 2 = 2 impactos económicos positivos 1 = 1 impacto económico positivo 0 = Ningún impacto económico positivo

\*Según el conteo de los impactos condensados en la Tabla 12.

Tabla 21: Criterio base de calificación de la compactación de los materiales

Valor base	Descripción
1	Compactación Nula
2	Compactación Nula-Media
3	Compactación Media (silicona)
4	Compactación Media-Alta
5	Compactación Alta (extremadamente compacto)

Tabla 22: Criterio base de calificación de la deformación de los materiales

Valor base	Descripción
1	Deformación baja
2	Deformación media
3	Deformación alta

Tabla 23. Cantidad de salvado de trigo por tamiz

Malla No.	Abertura (µm)	Masa retenida (g)	% retenido	Fotografía
10	2	2,2442	2,25%	
20	0.850	80,4592	80,85%	
40	0.425	15,9009	15,98%	
60	0.250	0,6072	0,61%	

Pasa la No. 60 (<60)	0,3007	0,30%	
W final	99,5122	99,99%	

Tabla 24: Determinación de humedad de las composiciones iniciales

Composición	W <sub>o</sub> (g)	W <sub>f</sub> (g)	Humedad (g)	% Humedad
1	1,0866	0,9255	0,1611	14.8
2	2,8037	2,7188	0,0849	3.0
3	1,5152	1,4002	0,1150	7.6
4	3,3593	3,2805	0,0788	2.3
5	4,9563	4,7777	0,1786	3.6
5A	1,3534	1,2828	0,0706	5.2
6	6,0244	5,7818	0,2426	4.0
6A	1,5741	1,4907	0,0834	5.3
7	4,2605	3,9648	0,2947	6.9
7A	1,8992	1,7613	0,1379	7.3
8	3,1734	3,0373	0,1361	4.3
8A	1,9012	1,8193	0,0819	4.3
9	1,9753	1,8162	0,1591	8.1
10.1	0,2540	0,1718	0,0822	32.4
10.2	1,0085	0,5808	0,4277	42.4
11	2,0911	1,8976	0,1935	9.3
12	0,8601	0,5995	0,2606	30.3

Tabla 25: Determinación de absorción de agua de las composiciones iniciales.

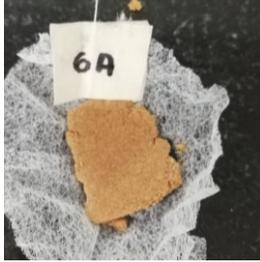
Composición	W <sub>o</sub> (g)	W <sub>f</sub> (g)	Absorción de agua (g)
1	0.6148	2.6865	2.0717
2	1.1330	1.6068	0.4738
3	0.5017	2.0039	1.5022
4	1.3207	1.9968	0.6761
5	1.1289	1.6749	0.5460
5 <sup>a</sup>	0.9664	1.3660	0.3996
6	1.5501	2.2848	0.7347
6 <sup>a</sup>	1.1876	1.6672	0.4796
7	1.0729	1.7534	0.6805
7 <sup>a</sup>	0.7150	1.1584	0.4434
8	1.0642	1.7035	0.6393
8 <sup>a</sup>	0.9327	1.4343	0.5016
9	0.8464	1.6589	0.8125
10.1	0.7778	2.1391	1.3613

<b>10.2</b>	0.9424	1.1706	0.2282
<b>11</b>	1.2615	1.9685	0.7070
<b>12</b>	0.7858	1.3226	0.5368

Tabla 26. Observaciones de la deformación del material

<b>Composición</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Imagen</b>
<b>1</b>	La masa perdió toda su consistencia y forma, quedó totalmente blanda y destruida. Por esto, de ninguna forma es posible realizar el prototipo con esta composición que tiene salvado de trigo del tamiz #60	
<b>2</b>	La masa no perdió su consistencia. Sin embargo, la superficie que estuvo en contacto con el agua se ablandó un poco como se puede evidenciar en el círculo de la imagen adjunta. La composición luce como la ideal en la determinación de este criterio.	
<b>3</b>	Al igual que en la composición 1, el número de tamiz no es el correcto ya que no permite que el material sea lo suficientemente consistente al contacto con el agua.	
<b>4</b>	La masa no perdió su consistencia y aparentemente es muy similar a la composición 2. Sin embargo, al sentir el material, es evidente que la composición 4 es más flexible que la 2 al contacto con el agua, lo que podría dar mayor facilidad a la hora de masticar la masa.	



5	La masa es de consistencia blanda en ambas superficies, por lo que fácilmente se quiebra. Sin embargo no se deforma.	
5 <sup>a</sup>	La composición no se deforma. No obstante, la masa es más consistente si se compara con la composición 5.	
6	La masa es muy similar a la 5, sin embargo esta no es quebradiza.	
6 <sup>a</sup>	La masa es consistente, y se destaca su dureza en comparación con la composición 6.	
7	La masa de la composición 7 es muy similar a la 5 en cuanto a su consistencia y facilidad para quebrarse.	
7 <sup>a</sup>	La masa es consistente, y se destaca mayor dureza en comparación con la composición 7.	

<b>8</b>	Su consistencia se encuentra entre la de las composiciones 6 y 7. No se nota ninguna deformación de la masa.	
<b>8<sup>a</sup></b>	Su consistencia es muy dura. No hay ablandamiento de la superficie al contacto con el agua	
<b>9</b>	La muestra es quebradiza y poco consistente. Aunque su material luce uniforme, es factible que se rompa la masa.	
<b>10.1</b>	La muestra es poco consistente, se ablanda totalmente y pierde su forma con facilidad.	
<b>10.2</b>	La muestra tiene una consistencia similar a la arcilla, es blanda y moldeable.	
<b>11</b>	Aunque la muestra 9 y la 11 soportaron la misma temperatura (70°C), la número 11 es mucho más quebradiza, inconsistente y blanda.	
<b>12</b>	La muestra es poco consistente y blanda.	

Tabla 27. Humedad en prototipos de pitillos con técnica de sellado

<b>Composición/Diámetro/Técnica</b>	<b>W<sub>o</sub> (g)</b>	<b>W<sub>f</sub> (g)</b>	<b>Humedad (g)</b>	<b>% Humedad</b>	<b>Imagen</b>
<b>2/6/Sellado</b>	0.3817	0.3635	0.0182	4.77	
<b>5A/6/Sellado</b>	0.5211	0.4961	0.0250	4.80	
<b>5A/7/Sellado</b>	0.3313	0.3181	0.0132	3.98	
<b>8A/6/Sellado</b>	0.3663	0.3495	0.0168	4.59	

<b>8A/7/Sellado</b>	0.2168	0.2070	0.0098	4.52	
---------------------	--------	--------	--------	------	---

Tabla 28. Pesos en el tiempo en las pruebas prototipos de pitillos con técnica de sellado

<b>Composición/Diámetro(mm) /Técnica</b>	<b>W<sub>0</sub> (g)</b>	<b>W<sub>20 min</sub> (g)</b>	<b>W<sub>40 min</sub> (g)</b>	<b>W<sub>60 min</sub> (g)</b>	<b>W<sub>90 min</sub> (g)</b>	<b>W<sub>120 min</sub> (g)</b>
2/6/Sellado	0.7351	1.3123	1.4159	1.5145	1.5190	1.6189
5A/6/Sellado	0.6325	1.0908	1.1435	1.2845	1.3863	1.3887
5A/7/Sellado	0.3471	0.5833	0.6353	0.6786	0.7749	-
8A/6/Sellado	0.5196	1.0485	1.0589	1.0923	1.1144	1.1159
8A/7/Sellado	0.479	0.8024	0.8374	0.9120	0.9290	-

Tabla 29. Diferencia de pesos en prototipos de pitillos con técnica de sellado

<b>Composición/Diámetro(mm) /Técnica</b>	<b>0 - 20 min</b>	<b>20 -40 min</b>	<b>40 - 60 min</b>	<b>60 - 90 min</b>	<b>90 - 120 min</b>	<b>Absorción Total</b>
<b>2/6/Sellado</b>	0.5772	0.1036	0.0986	0.0045	0.0999	0.8838
<b>5A/6/Sellado</b>	0.4583	0.0527	0.1410	0.1018	0.0024	0.7562
<b>5A/7/Sellado</b>	0.2362	0.0520	0.0433	0.0963	-	-
<b>8A/6/Sellado</b>	0.5289	0.0104	0.0334	0.0221	0.0015	0.5963
<b>8A/7/Sellado</b>	0.3234	0.0350	0.0746	0.0170	-	-

(-)No fue posible medir la cantidad de agua absorbida a causa de su deformación y transformación en trozos diminutos.

Tabla 30. Observaciones de la deformación en prototipos de pitillos con técnica de sellado

<b>2/6 : Composición 2, Varilla 6 mm</b>						
<b>Tiempo (min)</b>	0	20	40	60	90	120
<b>Calificación Deformación</b>	1	1	1	1	2	2
<b>Imagen</b>						
<b>Observaciones</b>	Inicia sin ninguna fragmentación.	Cambia la coloración y se nota aumento en su grosor.	Su apariencia y textura es similar a la de 20	Se quiebra un trozo del prototipo y se notan pequeñas	El prototipo se encuentra muy blando.	Se quiebra el prototipo por la mitad y hay mayor

			minutos. No hay cambios significativos.	partículas disueltas.		desprendimiento de partículas.
<b>5A/6 : Composición 6A, Varilla 6 mm</b>						
Tiempo (min)	0	20	40	60	90	120
Calificación Deformación	1	1	1	2	2	2
Imagen						
Observaciones	Inicia sin ninguna fragmentación.	Cambia la coloración del prototipo, la forma, aumenta su grosor y se vuelve blanda.	No hay cambios significativos.	Se quiebra la muestra con un poco de presión sobre esta. Inicia a soltar pequeñas partículas.	Se quiebra el prototipo al tomarlo con las manos. Hay mayor desprendimiento de partículas.	Se quiebra el prototipo por la mitad y hay mayor desprendimiento de partículas.
<b>5A/7 : Composición 6A, Varilla 7 mm</b>						
Tiempo (min)	0	20	40	60	90	120
Calificación Deformación	1	1	1	1	2	2
Imagen						
Observaciones	Inicia sin ninguna fragmentación.	No hay cambios significativos.	No hay cambios significativos.	Cambia la coloración del prototipo. Inicia el desprendimiento de partículas.	Se quiebra el pitillo al tomarlo con las manos.	Hay mayor desprendimiento de partículas y el prototipo es muy blando.
<b>8A/6 : Composición 8A, Varilla 6 mm</b>						
Tiempo (min)	0	20	40	60	90	120
Calificación deformación	1	1	1	1	2	2

Imagen						
Observaciones	Inicia sin ninguna fragmentación	No ocurren cambios significativos	No ocurren cambios significativos	Se desprende un trozo del prototipo y hay dilución mínima	Se quiebra el prototipo al tomarlo con las manos	Se quiebra el prototipo al tomarlo con las manos
<b>8A/7 : Composición 8A, Varilla 7 mm</b>						
Tiempo (min)	0	20	40	60	90	120
Calificación deformación	1	1	1	1	2	3
Imagen						
Observaciones	Inicia sin ninguna fragmentación.	Cambia la coloración del prototipo	Continúa aclarándose la composición del prototipo. Hay un pequeño desprendimiento de partículas.	Aumenta el desprendimiento de pequeñas partículas.	Se diluye un trozo del prototipo.	Continúa la disolución de trozos del prototipo.

Tabla 31. Humedad en prototipos de pitillos con técnica de tubo

Composición/Varilla	W <sub>o</sub>	W <sub>f</sub>	Humedad	% Humedad	Imágenes
2/6/Tubo	0.7217	0.6852	0.0365	5.1	

<b>5A/6/Tubo</b>	1.2039	1.1857	0.0182	1.5	
<b>8A/6/Tubo</b>	0.9687	0.9497	0.019	2.0	

Tabla 32. Pesos en el tiempo en las pruebas prototipos de pitillos con técnica de tubo

<b>Composición/Diámetro(mm) /Técnica</b>	<b>W<sub>0</sub> (g)</b>	<b>W<sub>20 min</sub> (g)</b>	<b>W<sub>40 min</sub> (g)</b>	<b>W<sub>60 min</sub> (g)</b>	<b>W<sub>90 min</sub> (g)</b>	<b>W<sub>120 min</sub> (g)</b>
<b>2/6/Tubo</b>	0.8835	1.2950	1.3933	1.4086	1.4099	1.4235
<b>5A/6/Tubo</b>	1.1330	1.6030	1.7375	1.7800	1.8147	1.8289
<b>8A/6/Tubo</b>	1.3671	2.1460	2.2570	2.2607	2.3523	2.3828

Tabla 33. Diferencia de pesos en prototipos de pitillos con técnica de tubo

<b>Composición/Diámetro(mm) /Técnica</b>	<b>0 - 20 min</b>	<b>20 -40 min</b>	<b>40 - 60 min</b>	<b>60 - 90 min</b>	<b>90 - 120 min</b>	<b>Absorción Total</b>
<b>2/6/Tubo</b>	0.4115	0.0983	0.0153	0.0013	0.0136	0.5400
<b>5A/6/Tubo</b>	0.4700	0.1345	0.0425	0.0347	0.0142	0.6959
<b>8A/6/Tubo</b>	0.7789	0.1110	0.0037	0.0916	0.0305	1.0157

Tabla 34. Observaciones de la deformación en prototipos de pitillos con técnica de tubo

<b>2/6 : Composición 2, Varilla 6</b>						
<b>Tiempo (min)</b>	0	20	40	60	90	120
<b>Calificación deformación</b>	1	1	1	2	2	3
<b>Imagen</b>						
<b>Observaciones</b>	Inicia dividido por la mitad.	Inicia el desprendimiento de partículas y cambia la coloración	Mayor desprendimiento de partículas y nuevamente hay cambio en la coloración.	Se separan trozos grandes del material	Es hasta ahora la composición que más partículas ha soltado	El desprendimiento de trozos continua y es muy blando el prototipo.

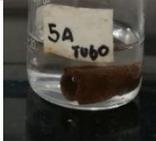
<b>5A/6: Composición 5A, Varilla 6</b>						
Tiempo (min)	0	20	40	60	90	120
Calificación deformación	1	1	3	3	3	3
Imagen						
Observaciones	Inicia el prototipo con uno de sus bordes quebrado	Cambia la coloración y aumenta el grosor, la muestra está blanda.	El prototipo se parte al sacarlo del agua y hay desprendimiento de partículas	No hay cambios significativos	Hay desprendimiento de pequeñas partículas.	No hay cambios significativos
<b>8A/6: Composición 8A, Varilla 6</b>						
Tiempo (min)	0	20	40	60	90	120
Calificación deformación	1	1	1	1	1	1
Imagen						
Observaciones	El prototipo inicia completo.	Hay cambio en la coloración y desprendimiento mínimo de partículas	Hay cambio nuevamente en la coloración y ablandamiento mínimo	No hay cambios significativos	No hay cambios significativos	Hay un poco más de desprendimiento de partículas pero el prototipo mantiene su forma.

Tabla 35. Humedad en prototipos de pitillos con técnica de tubo en azúcar

<b>Composición/Diámetro(mm) /Técnica</b>	<b>W<sub>o</sub> (g)</b>	<b>W<sub>f</sub> (g)</b>	<b>Humedad (g)</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Imágenes</b>
<b>2/6/Tubo</b>	1.3317	1.2269	0.1048	7.9	
<b>8A/6/Tubo</b>	1.6334	1.5171	0.1163	7.1	

Tabla 36. Pesos en el tiempo en las pruebas prototipos de pitillos con técnica de tubo en azúcar

Composición/Diámetro(mm) /Técnica	W <sub>0</sub> (g)	W <sub>20 min</sub> (g)	W <sub>40 min</sub> (g)	W <sub>60 min</sub> (g)	W <sub>90 min</sub> (g)	W <sub>120 min</sub> (g)
2/6/Tubo	1.6034	2.5333	2.6212	2.8475	2.9980	-
8A/6/Tubo	1.4632	2.3174	2.5250	2.6682	2.6882	-

(-)No fue posible medir la cantidad de agua absorbida a causa de su deformación y transformación en trozos diminutos.

Tabla 37. Diferencia de pesos en prototipos de pitillos con técnica de tubo en azúcar

Composición/Diámetro(mm) /Técnica	0 - 20 min	20 -40 min	40 - 60 min	60 - 90 min	90 - 120 min	Absorción Total
2/6/Tubo	0.9299	0.0879	0.2263	0.1505	-	1.3946
8A/6/Tubo	0.8542	0.2076	0.1432	0.0200	-	1.2250

(-)No fue posible medir la cantidad de agua absorbida a causa de su deformación y transformación en trozos diminutos.

Tabla 38. Observaciones de la deformación en prototipos de pitillos con técnica de tubo en azúcar

2/6 : Composición 2, Varilla 6						
Tiempo (min)	0	20	40	60	90	120
Calificación Deformación	1	1	1	3	3	3
Imagen						
Observaciones	Inicia con un trozo del prototipo fragmentado	No hay cambios significativos en la forma, pero si leve desprendimiento de partículas	No hay cambios significativos.	El prototipo se vuelve muy blando y se fragmenta en tres trozos.	El prototipo continúa la fragmentación y por consiguiente el desprendimiento de partículas	El prototipo sigue diluyéndose en el agua azucarada de forma acelerada.
8A/6 : Composición 8A, Varilla 6						
Tiempo (min)	0	20	40	60	90	120
Calificación Deformación	1	1	1	2	3	3

Imagen						
Observaciones	El prototipo inicia dividido por la mitad.	Se presenta cambio de coloración, pero su forma se mantiene constante	Hay desprendimiento de partículas	Aumenta el desprendimiento de partículas y el prototipo se ablanda.	Continúa de forma acelerada el desprendimiento de partículas.	El prototipo se deforma totalmente

Tabla 39. Humedad en prototipos de pitillos con almidón de maíz

Composición/Diámetro(mm)/Técnica	W <sub>o</sub> (g)	W <sub>f</sub> (g)	Humedad (g)	Humedad (%)	Imágenes
13/6/Tubo	0.6231	0.595	0.0281	4.5	
15/6/Tubo	0.489	0.4445	0.0445	9.1	
16/6/Tubo	0.5175	0.4814	0.0361	7.0	

Tabla 40. Pesos en el tiempo de los pitillos piloto con almidón de maíz en azúcar

Composición/Diámetro(mm) /Técnica	W <sub>o</sub> (g)	W <sub>20 min</sub> (g)	W <sub>40 min</sub> (g)	W <sub>60 min</sub> (g)	W <sub>90 min</sub> (g)	W <sub>120 min</sub> (g)
13/6/Tubo	0.8773	1.2666	1.2779	1.5289	-	-
15/6/Tubo	0.5749	0.7845	0.8930	0.8965	0.8991	0.9067
16/6/Tubo	0.3341	0.5983	0.6207	0.6212	-	-

(-)No fue posible medir la cantidad de agua absorbida a causa de su deformación y transformación en trozos diminutos.

Tabla 41. Diferencia de pesos en pitillos piloto con almidón de maíz en azúcar

Composición/Diámetro(mm) /Técnica	0 - 20 min	20 -40 min	40 - 60 min	60 - 90 min	90 - 120 min	Absorción Total
13/6/Tubo	0.3893	0,0113	0.2510	-	-	0.6516
15/6/Tubo	0.2096	0.1085	0.0035	0.0026	0.0076	0.3378
16/6/Tubo	0.2642	0.0224	0.0005	-	-	0.4887

(-)No fue posible medir la cantidad de agua absorbida a causa de su deformación y transformación en trozos diminutos.

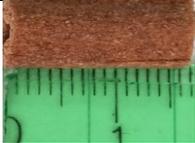
Tabla 42. Observaciones de la deformación en pitillos piloto con almidón de maíz en azúcar

<b>13/6 : Composición 13, Varilla 6</b>						
Tiempo (min)	0	20	40	60	90	120
Calificación Deformación	1	1	1	3	-	-
Imagen					-	-
Observaciones	El prototipo inicia con una pequeña fragmentación	No hay cambios significativos	El prototipo se vuelve muy blando y se quiebra con facilidad. Hay desprendimiento de partículas en el agua con azúcar	El prototipo se parte en varias partes y aumenta significativamente el desprendimiento de partículas.	-	-
<b>15/6 : Composición 13, Varilla 6</b>						
Tiempo (min)	0	20	40	60	90	120
Calificación Deformación	1	1	1	1	2	2
Imagen						
Observaciones	El prototipo inicia completo	No hay cambios significativos	No hay cambios significativos	La muestra se vuelve blanda y si se presiona se quiebra con facilidad	No hay cambios significativos	Se evidencia un desprendimiento de partículas mínimo en el agua con azúcar.
<b>16/6 : Composición 16, Varilla 6</b>						
Tiempo (min)	0	20	40	60	90	120

Calificación Deformación	1	2	3	3	3	3
Imagen						
Observaciones	El prototipo inicia completo	El prototipo se quiebra pero no hay aún disolución de partículas	Inicia la disolución de partículas y el prototipo se fragmenta en varias piezas.	Aumenta la disolución de partículas.	Continúa el aumento en la disolución de partículas	El prototipo finaliza la prueba totalmente destruido.

(-)No fue posible medir la cantidad de agua absorbida a causa de su deformación y transformación en trozos diminutos.

Tabla 43. Degradabilidad del pitillo comestible

Día 1		
Muestra	15A (Ambiente)	15A-H (Ambiente y Posteriormente Horno)
<b>Peso (g)</b>	1.3423	0.5178
<b>Largo (cm)</b>	2.8	1.6
<b>Imagen</b>		
Día 2		
<b>Peso (g)</b>	1.4527	0.5556
<b>Largo (cm)</b>	2.8	1.6
Día 3		
<b>Peso (g)</b>	1.5579	0.5711
<b>Largo (cm)</b>	2.8	1.6
Día 4		
<b>Peso (g)</b>	1.5685	0.5987
<b>Largo (cm)</b>	2.8	1.6
<b>Imagen</b>		

		
<b>Día 5</b>		
<b>Peso (g)</b>	1.5403	0.5923
<b>Largo (cm)</b>	2.8	1.6
<b>Día 6</b>		
<b>Peso (g)</b>	1.5330	0.5894
<b>Largo (cm)</b>	2.8	1.6
<b>Día 7</b>		
<b>Peso (g)</b>	1.5330	0.5890
<b>Largo (cm)</b>	2.7	1.6
<b>Imagen</b>		
<b>Día 8</b>		
<b>Peso (g)</b>	1.5335	0.5890
<b>Largo (cm)</b>	2.7	1.6

Tabla 44. Estimación del costo de un pitillo comestible de salvado de trigo

<b>Material</b>	<b>Costo (COP)</b>
<b>Salvado de trigo</b>	32.5
<b>Glicerina</b>	59.1
<b>Agua</b>	21.7
<b>Almidón de maíz</b>	13.5
<b>Empaque</b>	50
<b>TOTAL</b>	<b>176.8</b>

### Anexo 3. Imágenes

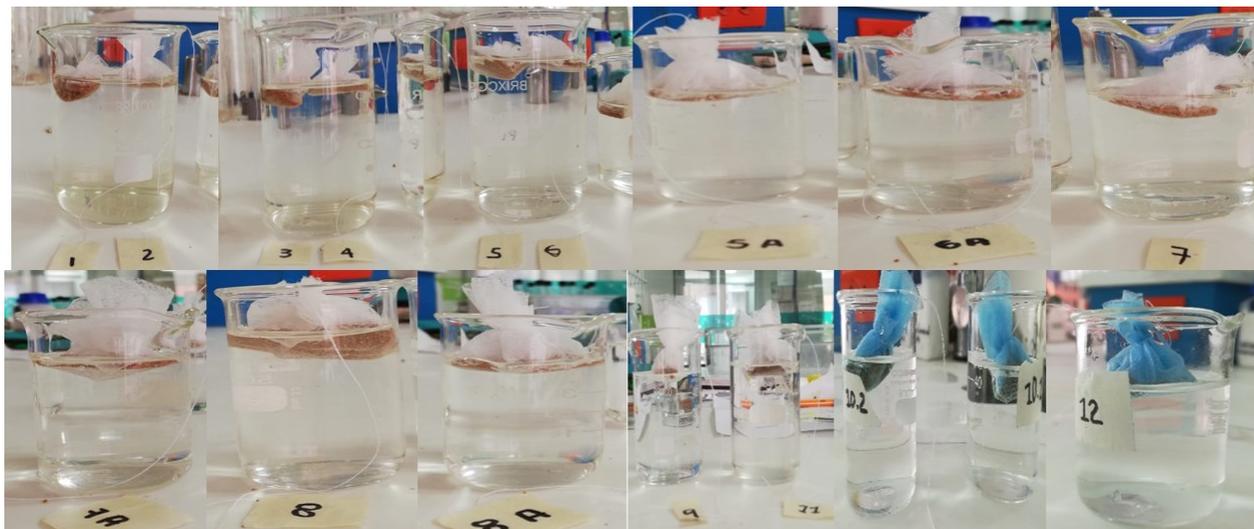


Figura 50. Fotografías de la prueba de absorción de agua por el método de la bolsa de té.



Figura 51. Pitillo piloto número 14.

## Anexo 4. Encuesta

### Encuesta Pitillos Comestibles

**Realizada por:** Estudiantes de Ingeniería Ambiental, X Semestre

El proyecto “Evaluación del potencial técnico del salvado de trigo como materia prima para elaborar pitillos comestibles” busca conocer la factibilidad técnica que tienen los pitillos a base de salvado de trigo como producto alternativo a los pitillos convencionales de plástico. Sin embargo, es de suma importancia conocer en el mercado, algunos datos importantes sobre el uso de pitillos de plásticos, e indagar sobre el posible ingreso al mercado de estos pitillos comestibles a base de salvado natural.

La siguiente encuesta es realizada con fines netamente académicos para conocer información general sobre el consumo de pitillos en el establecimiento comercial del cual usted hace parte y su interés por la alternativa propuesta de pitillos comestibles a base de salvado de trigo. Las respuestas a cada una de las preguntas contempladas a continuación serán completamente anónimas ante el público general. La duración de la encuesta será de 5 minutos.

**I. Las primeras cuatro preguntas están relacionadas con la distribución de pitillos plásticos en el establecimiento teniendo en cuenta el número de clientes, tipo de cliente y temporadas de demanda.**

1. En un día de ventas promedio, ¿Con qué frecuencia se entregan los pitillos en su restaurante?
  - a. Alta frecuencia (Mayor a 300 pitillos/día)
  - b. Frecuencia estándar (de 100 a 299 pitillos/día)
  - c. Poca frecuencia (de 1 a 99 pitillos/día)
  - d. Nula frecuencia (0 pitillos/día)
  
2. Aproximadamente, ¿Cuántos pitillos da a sus clientes mensualmente? y ¿Cuántos clientes recibe en el establecimiento mensualmente?

# Pitillos =

# Clientes =

3. Ordene las siguientes opciones de 1 a 5 dependiendo el tipo de cliente que más demanda uso de pitillos. Siendo 1 quien menos los usa y 5 el tipo de cliente que más los solicita. Si tiene una opción adicional, añádala e inclúyala en el orden.

\_\_\_ Bebés

\_\_\_ Niños

\_\_\_ Jóvenes

\_\_\_ Adultos

\_\_\_ Personas con discapacidad motriz

4. ¿Hay temporadas específicas en las cuales sus clientes demandan mayor uso de pitillos? Si su respuesta es afirmativa, especifique cual<sup>1</sup>.
- NO
  - SI, ¿cuáles? \_\_\_\_\_

**II. Las siguientes tres preguntas están relacionadas con la tendencia de uso de pitillos plásticos en los establecimientos comerciales**

5. ¿Alguna vez sus clientes le han comentado su inconformidad por el uso de pitillos plásticos?
- SI
  - NO
6. ¿Usted considera que con el paso de los años ha disminuido el uso de pitillos plásticos? Si su respuesta es afirmativa responda ¿Cuáles son las razones?
- NO
  - SI, \_\_\_\_\_
7. ¿Actualmente utiliza productos desechables hechos de materiales alternativos naturales? De ser afirmativa su respuesta, ¿Qué material es este?
- NO
  - SI, \_\_\_\_\_

**III. Las siguientes cinco preguntas se enfocan hacia la posibilidad de implementar alternativas para dejar el consumo de pitillos plásticos.**

8. ¿Conoce el costo de un pitillo plástico? Si su respuesta es afirmativa mencione el costo.
- NO
  - SI, \$\_\_\_\_\_ pesos colombianos
9. ¿Qué productos alternativos da a sus clientes en vez de pitillos? Seleccione una o más opciones.
- Cucharas
  - Cuchillos de mesa
  - Tenedores
  - Ninguno
  - Otro, ¿Cuál? \_\_\_\_\_
10. ¿Cuánto sería lo máximo que estaría dispuesto a pagar por un pitillo amigable con el ambiente?
- 2 veces más que un pitillo de plástico
  - 4 veces más que un pitillo de plástico
  - 6 veces más que un pitillo de plástico
  - Otro, ¿Cuál? \_\_\_\_\_

---

<sup>1</sup> Ejemplos: Época de verano, festivales, celebración de eventos, etc.

11. ¿Estaría dispuesto a comercializar pitillos comestibles aun sabiendo que estos tienen un precio mayor al que paga actualmente por los pitillos convencionales, pero traen beneficios a la salud humana y ambiental?

- a. SI
- b. NO

12. ¿Considera que sus clientes migrarían hacia el uso de pitillos comestibles?

- a. SI
- b. NO

**IV. En esta última pregunta nos gustaría conocer su opinión sobre la permanencia de los pitillos en el mercado, sin importar si su material de realización es artificial o natural.**

13. ¿Usted cree que el uso del pitillo va a desaparecer? Explique en las líneas de abajo su respuesta.

- a. SI
  - b. NO
- Porque

---

---

---

Si usted tiene comentarios adicionales, plásmelos a continuación

---

ESTABLECIMIENTO: \_\_\_\_\_

NOMBRE: \_\_\_\_\_

CARGO: \_\_\_\_\_

Muchas gracias por su tiempo al contestar esta breve encuesta sobre los pitillos, para el proyecto de investigación será de gran ayuda su colaboración.

Link de la encuesta: <https://goo.gl/forms/07LTAS6DrkQgyTPC3>