

## **Prototipo de espesante textil a partir del almidón de la semilla de aguacate**

Angie Tatiana Martínez Caro

Facultad de ingeniería, Universidad EAN  
Ingeniería Química

Docente Luisa Fernanda Carvajal Díaz

Bogotá D.C.

06 de diciembre del 2024.

## Resumen

El aprovechamiento de residuos alimenticios se ha convertido en una prioridad debido a su impacto negativo en el medio ambiente, ya que la gestión inadecuada de estos desechos contribuye significativamente a la generación de residuos sólidos y emisiones contaminantes, exacerbando los problemas ambientales globales. A la par, el sector textil enfrenta importantes desafíos en términos de sostenibilidad, ya que es responsable de una porción considerable de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, así como del uso intensivo de recursos naturales y productos químicos que afectan tanto al medio ambiente como a la salud humana.

Es por eso por lo que la formulación de un espesante textil ecológico a partir del almidón extraído de la semilla de aguacate se presenta como la solución central de este proyecto. Esta propuesta aborda de manera integrada los dos problemas clave: el desperdicio alimentario, mediante la reutilización de frutos de aguacate que no cumplen con los estándares de calidad del mercado, y la reducción del impacto ambiental de los procesos textiles. El almidón que se obtiene a partir de la semilla de aguacate ofrece una alternativa innovadora y sostenible, capaz de disminuir la dependencia de agentes sintéticos y contribuir a un modelo más responsable para ambas industrias.

## Tabla de contenido

<b>Resumen.....</b>	<b>2</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>4</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>5</b>
<b>Objetivo general .....</b>	<b>5</b>
<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>5</b>
<b>Definición del problema .....</b>	<b>5</b>
<b>Justificación .....</b>	<b>7</b>
<b>Análisis de requerimientos .....</b>	<b>8</b>
<b>Marco teórico .....</b>	<b>10</b>
<b>Análisis de restricciones .....</b>	<b>18</b>
<b>Metodología .....</b>	<b>19</b>
<b>Resultados.....</b>	<b>22</b>
<b>Costos .....</b>	<b>28</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>30</b>
<b>Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>31</b>

## Introducción

El aguacate es un producto de gran relevancia en Colombia, donde se ha experimentado un notable crecimiento en su producción durante los últimos cinco años, con un aumento del 89%. Este crecimiento ha posicionado a Colombia como el cuarto productor mundial, con una producción que alcanzó las 544.933 toneladas en el año 2018 (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020). A pesar de este éxito, se enfrenta a una problemática significativa relacionada con el desperdicio del fruto. Recientes estudios indican que el 30% de los aguacates son desechados debido a fallos en el sistema de clasificación. Además, un 5% adicional se pierde en los comercios minoristas, agravando el impacto económico y medioambiental de esta situación (Piñeros, 2021). Es por eso por lo que es de vital importancia generar alternativas de aprovechamiento de este fruto, ya que el desperdicio de alimentos es responsable de generar 7% de gases de efecto invernadero (Ministerio de Ambiente, 2022).

Por otro lado, la industria textil es responsable del 10% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (Hernandez, 2022). Este sector, que abarca desde la producción de fibras hasta el diseño y confección de prendas, enfrenta crecientes presiones para adoptar prácticas más sostenibles. Esto se debe a su significativa generación de residuos y su impacto ambiental, ya que la producción de estas prendas requiere grandes cantidades de agua, genera afectación en la calidad del aire, y genera vertimientos y residuos peligrosos. Además, las materias primas utilizadas a menudo se desperdician, dado que los productos textiles tienen un tiempo de vida útil muy corto (Ramírez, 2022).

En este contexto, el presente proyecto propone una solución innovadora para aprovechar los aguacates que no cumplen con los estándares de calidad del mercado mediante la extracción

de almidón del fruto. Este almidón se destina a la elaboración de un espesante sostenible, diseñado específicamente para ser funcional en el sector textil, gracias a sus propiedades como alta estabilidad y pureza de color (Avila, y otros, 2023). Además, el uso de almidón en esta industria se ha extendido a diversas operaciones, incluyendo el encolado de la urdimbre, el aprestado y el estampado de tejidos (Aristizábal & Sánchez, 2007)

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Elaborar un prototipo de espesante ecológico para la impresión textil a partir del almidón de la semilla de aguacate.

### **Objetivos específicos**

- Identificar el proceso más adecuado técnicamente para la obtención de almidón de la semilla de aguacate mediante una revisión exhaustiva de la literatura existente.
- Caracterizar el almidón de aguacate mediante análisis fisicoquímicos para evaluar su potencial como espesante textil.

## **Definición del problema**

Según expertos, en Colombia se desperdician más de nueve millones de toneladas de alimentos, de las cuales el 40% se pierden en la producción agropecuaria (Murillo, 2023). Este desperdicio representa un desafío significativo para la sostenibilidad del país, debido a la magnitud de los impactos negativos que se generan, tales como la pérdida de recursos naturales como agua y tierra, la generación de gases de efecto invernadero durante la descomposición de los alimentos, y la degradación de suelos. Además, el desperdicio de alimentos contribuye a la

inseguridad alimentaria, a la pérdida de recursos económicos y al aumento de la carga en los sistemas de gestión de residuos. Estas consecuencias subrayan la necesidad urgente de implementar estrategias efectivas para reducir el desperdicio y aprovechar los recursos de manera más eficiente.

Por otro lado, también es importante resaltar que la industria textil ha aumentado un 400% en comparación con lo que se producía hace 20 años. Este crecimiento ha intensificado la necesidad de implementar procesos ecológicos en la fabricación de ropa para mitigar los impactos negativos en el medio ambiente. Entre estos impactos se encuentran la generación de gases de efecto invernadero, la contaminación del agua y la acumulación de desechos textiles. La producción masiva de textiles no solo incrementa la demanda de recursos naturales y energía, sino que también contribuye a la polución y al agotamiento de recursos. Por lo tanto, es esencial adoptar prácticas sostenibles que reduzcan el impacto ambiental y promuevan una industria textil más responsable y respetuosa con el entorno (Hernandez, 2022).

El presente estudio, se enfoca en el desperdicio de aguacate, que ha aumentado significativamente debido al incremento de exportaciones y al creciente consumo del fruto en el país. A pesar de los esfuerzos por acelerar las ventas de aguacates para satisfacer la demanda, este proceso ha llevado a un aumento del desperdicio en un 30% (Piñeros, 2021). Este desperdicio no solo implica pérdidas económicas para los productores y minoristas, sino que también contribuye a problemas ambientales como la generación de residuos y las emisiones de gases de efecto invernadero. Por lo tanto, es crucial desarrollar estrategias que permitan aprovechar los aguacates que no cumplan con los estándares de calidad para reducir su impacto negativo y mejorar la sostenibilidad en la industria alimentaria.

Es por eso por lo que se desarrollará un espesante a partir del almidón de aguacate que tiene el potencial de aprovechar los desperdicios de este fruto, transformándolo en un producto útil para la industria textil. Al utilizar almidón de aguacate como espesante en la impresión textil, se busca no solo reducir el impacto ambiental del desperdicio de alimentos, sino también ofrecer una alternativa ecológica que contribuya a una producción textil más sostenible y responsable. Este enfoque innovador puede representar un avance significativo en la reducción de residuos y en la promoción de prácticas más sostenibles en ambos sectores.

### **Justificación**

El desperdicio de aguacate y los impactos negativos de la industria textil son desafíos interrelacionados que requieren una acción urgente, es por eso por lo que se propone desarrollar un espesante para la impresión textil a partir del almidón de la semilla de aguacate, un residuo que no se aprovecha actualmente. Esta iniciativa no solo permite la reutilización de un material que de otro modo sería desechado, sino que también puede reemplazar el uso de otros almidones que se extraen de alimentos como la papa o la yuca, que son destinados al consumo humano. Así, se contribuye a la reducción del desperdicio alimentario y se promueve la sostenibilidad en el uso de recursos.

Además, este enfoque busca reducir el uso de polímeros acrílicos comúnmente empleados en la impresión textil, ofreciendo una alternativa más sostenible y ecológica. Además, la utilización de un espesante natural a base de almidón de aguacate puede disminuir el impacto ambiental asociado con los materiales convencionales, como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la minimización de residuos tóxicos.

Es importante resaltar que este proyecto se alinea con el ODS 12: Producción y Consumo Responsables, que busca garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles, por lo que no solo se busca desarrollar un producto que ofrezca una opción más amigable con el medio ambiente para la industria textil, sino también sensibilizar sobre la importancia de utilizar recursos que, de otro modo, se desperdiciarían, contribuyendo así a una mayor conciencia sobre la sostenibilidad y el aprovechamiento eficiente de los residuos.

### **Análisis de requerimientos**

Requerimientos humanos:

- Equipo de recolección: Se compone de operarios de recolección y se encargarán de obtener semillas de aguacate de diversos sectores, como restaurantes que han utilizado la parte comestible del fruto y tiendas de mercado pequeñas que desechan aguacates que no cumplen con los estándares de calidad.
- Equipo de producción: Formado por técnicos en procesamiento de alimentos, este equipo será responsable de descascarar, lavar y moler las semillas de aguacate seleccionadas.
- Equipo de control de calidad: Estará compuesto por profesionales en química industrial y se encargará de supervisar que las semillas seleccionadas se encuentren en buen estado, asegurando que cumplan con los criterios necesarios para la extracción de almidón.
- Equipo de investigación y desarrollo: Se conforma por ingenieros químicos, quienes serán responsables de seleccionar el método más adecuado para la extracción de almidón



de las semillas de aguacate y llevar a cabo su implementación de manera precisa, garantizando un proceso eficiente y optimizado.

Requerimientos de información:

- Normativas y regulaciones sobre Buenas Prácticas de Laboratorio.
- Conocimientos técnicos acerca de las metodologías de extracción.
- Procesos de control de calidad

Requerimientos de materiales:

Materiales y Equipos:

- Triturador.
- Espatula.
- Tamiz de 180 y 125x| micras.
- Horno de secado.
- Estufa.
- Balanza.
- Recipiente de plástico.
- Beaker 25 mL y 200 mL.
- Erlenmeyer 50 mL.

- pHmetro.
- Balón aforado 100 mL.
- Tubos de ensayo 40 mL.
- Pipeteador 10 mL.
- Pipeta 10 mL.
- Centrifuga.

Reactivos e insumos:

- Semillas de aguacate.
- Hidróxido de sodio.
- Agua destilada.

## **Marco teórico**

### **1. Gestión de residuos en Colombia**

#### **1.1. Políticas y estrategias de gestión de residuos**

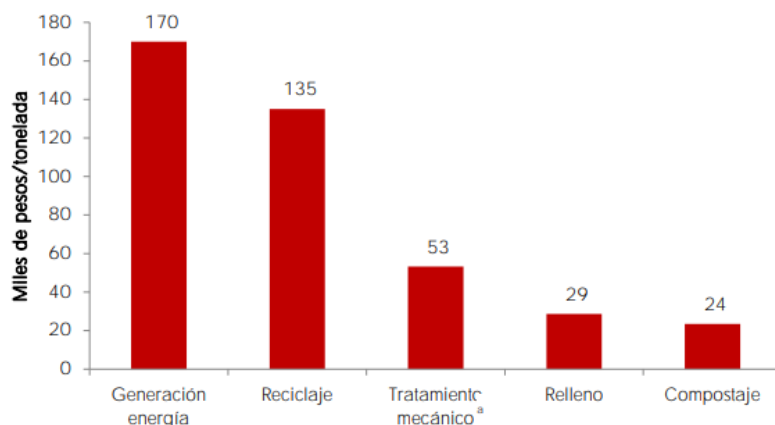
El documento CONPES 3530, expedido en 2008, estableció objetivos clave para la gestión integral de residuos sólidos en Colombia. Estos objetivos incluyeron la implementación adecuada de la normatividad existente, la definición de criterios para alcanzar la eficiencia financiera, y la creación de esquemas organizados para el aprovechamiento y reciclaje de los recursos (Departamento nacional de planeación, 2008). A pesar de los avances promovidos por esta política, su impacto no cumplió con

las expectativas previstas. Las actividades de aprovechamiento de residuos a menudo se llevan a cabo de manera informal, lo que ha limitado la eficacia general de las estrategias implementadas.

Ocho años después, el documento CONPES 3874, publicado en 2016, abordó las deficiencias del CONPES anterior y destacó los elevados costos asociados con diversas técnicas de aprovechamiento de residuos. Este documento dio a conocer los desafíos actuales que enfrenta Colombia en la gestión de residuos, revelando que la disposición de residuos en rellenos sanitarios sigue siendo una de las técnicas más económicas y, por ende, la más utilizada. La revisión realizada en el CONPES 3874 subraya la necesidad urgente de mejorar las políticas y prácticas en la gestión de residuos para lograr una mayor sostenibilidad y eficiencia en el aprovechamiento de los recursos (Departamento nacional de planeación, 2016).

### Figura 1.

*Costo neto por tonelada de diferentes técnicas*



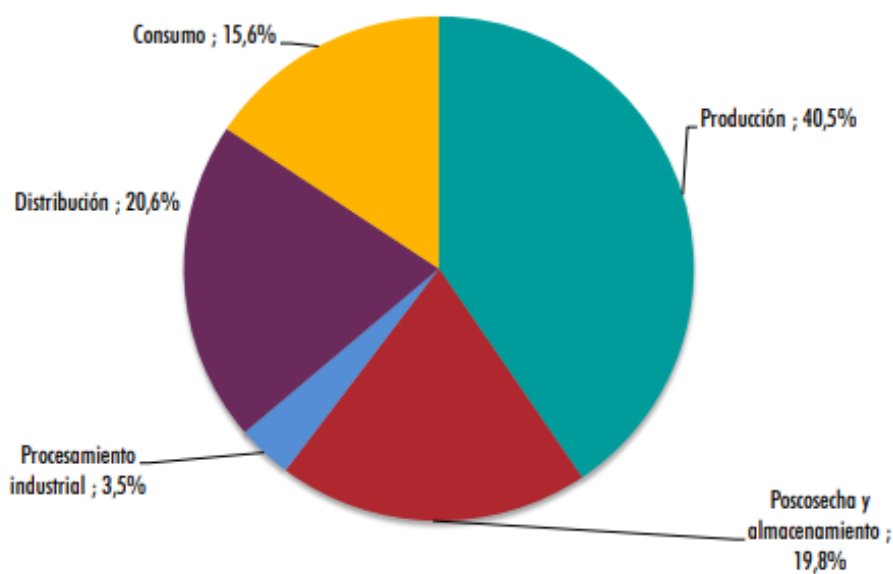
Fuente: (Departamento nacional de planeación, 2016)

## 1.2. Impacto ambiental y económico del desperdicio de alimentos

En Colombia se desperdicia alrededor del 34% de los alimentos disponibles, donde la principal causa de dicho desperdicio se ocasiona en la etapa de producción. Resulta especialmente preocupante que el 62% de este desperdicio corresponde a frutas y vegetales; además se evidencia que el desperdicio es mayor en alimentos en los que el nivel de importaciones es más alto (Departamento nacional de planeación, 2016).

**Figura 2.**

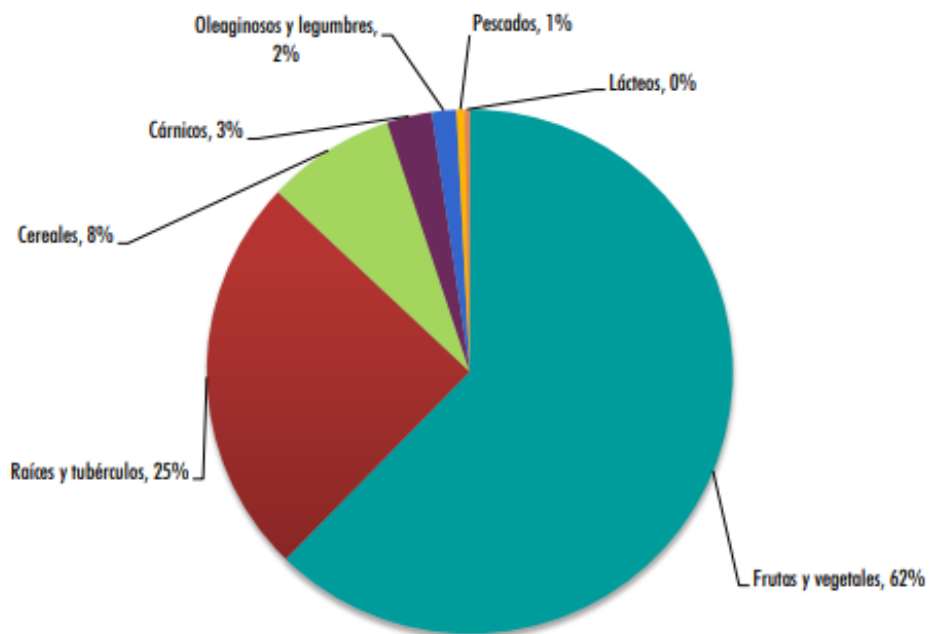
*Distribución de pérdida y desperdicio por eslabón de la cadena alimentaria*



Fuente: (Departamento nacional de planeación, 2016).

**Figura 3.**

*Distribución de pérdida y desperdicio por grupos de alimentos.*



Fuente: (Departamento nacional de planeación, 2016).

El impacto ambiental del desperdicio de alimentos es alarmante, ya que contribuye con el 10% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (El Tiempo, 2023). Desde una perspectiva económica, el desperdicio de alimentos genera pérdidas estimadas en aproximadamente 400.000 millones de dólares, según un estudio de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Díaz, 2023).

## 2. Mercado actual del aguacate en Colombia

### 2.1. Producción y exportación

Entre 2015 y 2020, la producción de aguacate en Colombia experimentó un notable crecimiento del 89%, posicionando al país como el cuarto mayor productor a nivel mundial (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020). Durante el año 2023, el departamento de Antioquia lideró las exportaciones de aguacate a nivel regional, con una

participación del 41.4%, seguido por Risaralda con un 32% y Caldas con un 9.3% (ANALDEX, 2024)

Desde 2009, Colombia ha diversificado sus exportaciones con diferentes variedades de aguacate, incluyendo el Colin Reed y el Hass. Este último se ha consolidado como la segunda fruta más exportada en el país (Torres & Trochez, 2023). Los principales destinos de exportación para el aguacate colombiano son los países europeos, destacando los Países Bajos y España como los principales mercados y en el continente americano sobresale Estados Unidos como un mercado importante (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural , 2020).

## **2.2. Desperdicio en el proceso de clasificación**

Diversos estudios han mostrado que el desperdicio de aguacate en Colombia alcanza aproximadamente el 30%, debido a fallos en el sistema de clasificación (Piñeros, 2021). Este alto nivel de desperdicio se debe en gran parte a la falta de conocimiento sobre el manejo adecuado del aguacate postcosecha, así como a la rápida maduración del fruto, que se acelera por la alta producción de etileno durante el proceso de almacenamiento. Estos factores contribuyen significativamente a la pérdida del aguacate antes de que llegue al consumidor, evidenciando la necesidad urgente de mejorar las prácticas de manejo y almacenamiento para reducir el desperdicio y optimizar la eficiencia en la cadena de producción (Atehortúa & Villa, 2020).

## **3. Sostenibilidad en la industria textil**

### **3.1. Impacto ambiental de la producción textil**

La industria textil ha experimentado un crecimiento notable en las últimas décadas, consolidándose como una de las industrias más contaminantes a nivel global. En Bogotá en el año 2021, se registró que más de 147 mil toneladas de textiles fueron depositadas en el relleno sanitario Doña Juana (Ramírez, 2022).

Al analizar detalladamente cada etapa de la producción textil, se observa que el proceso de teñido es el principal generador de contaminación. Este proceso no solo requiere una amplia variedad de colorantes y productos químicos, sino que también utiliza materias primas especiales denominadas auxiliares de teñido, que facilitan la adherencia de los colores a las fibras textiles (Salamanca & Velasquez, 2007). La utilización de estos auxiliares y colorantes conlleva la generación de residuos y efluentes altamente contaminantes, lo que representa un desafío significativo para la industria en términos de sostenibilidad y gestión ambiental.

### **3.2. Prácticas ecológicas y materiales sostenibles**

Las empresas de la industria textil en Colombia están adoptando tecnologías más eficientes para minimizar su impacto ambiental y mejorar la sostenibilidad de sus operaciones. Estas iniciativas incluyen la implementación de sistemas avanzados de producción que reducen el consumo de energía y recursos. Además, están optimizando sus sistemas de climatización para minimizar el uso de energía, garantizando condiciones ambientales óptimas con un menor impacto energético. (Revista C-level, 2024).

Un factor importante que está cobrando relevancia en las prácticas sostenibles es la economía circular, que se basa en cuatro ejes fundamentales: dejar de usar sustancias peligrosas, aumentar la durabilidad de la ropa, mejorar de forma radical el reciclaje y

transitar hacia energías y materiales renovables. Este enfoque propone una transformación integral de la industria, impulsando prácticas más responsables y eficientes que contribuyan a reducir el impacto ambiental y a fomentar una producción textil más sostenible (Infobae, 2022).

#### **4. Almidón como espesante textil**

##### **4.1. Uso del almidón de diferentes fuentes en la industria textil**

El almidón se caracteriza por ser un polisacárido, lo que representa una ventaja significativa, ya que la mayoría de los polímeros naturales utilizados como agentes espesantes poseen esta misma característica. En este contexto, se evaluó el almidón de maíz como referencia, dado que es uno de los más empleados en la industria textil debido a su elevado contenido de almidón, que le confiere propiedades óptimas para su uso como espesante (Teli, Rohera, Sheikh, & Singhal, Application of germinated maize starch in textile printing, 2009). La revisión de su aplicación en procesos textiles ha evidenciado su gran potencial, lo que lo convierte en un punto de partida ideal para explorar otras fuentes de almidón, como el aguacate, con el fin de desarrollar alternativas más sostenibles y eficientes

Otra referencia clave para el proceso de investigación es el almidón obtenido del amaranto, ya que posee un 100% de amilopectina, lo que le otorga una solubilidad máxima en comparación con otros almidones. Esta alta solubilidad lo hace especialmente útil en aplicaciones que requieren una dispersión uniforme y efectiva, como la industria textil. La exploración de estas fuentes de almidón resalta la posibilidad de diversificar los agentes espesantes naturales, ofreciendo soluciones más amigables con el medio



ambiente y eficientes para la producción textil (Teli, Rohera, Sheikh, & Singhal, Use of Amaranthus (Rajgeera) starch vis-à-vis wheat starch in printing of vat dyes, 2009)

#### **4.2. Comparación con espesantes sintéticos**

Los espesantes sintéticos, como los polímeros acrílicos, son ampliamente utilizados en la industria textil debido a su eficacia y estabilidad. Estos compuestos presentan una excelente compatibilidad con una variedad de productos auxiliares y muestran una notable sensibilidad a la dureza del agua, electrólitos, auxiliares catiónicos, así como a ácidos y álcalis fuertes (MONTESAC, 2024). Sin embargo, el impacto ambiental de estos materiales es considerable, ya que su producción implica la extracción de recursos naturales y el uso de productos químicos tóxicos. Además, su fabricación y uso contribuyen a la emisión de gases de efecto invernadero, la contaminación de cuerpos de agua cercanos y el perjuicio a la vida acuática (POLI SANTAFE, 2023).

Por otro lado, el almidón de aguacate, al ser un polisacárido natural, ofrece una alternativa más sostenible en comparación con los espesantes sintéticos. Este material es biodegradable, lo que significa que su descomposición no contribuye a la acumulación de residuos en el medio ambiente. Además, el uso de almidón de aguacate ayuda a reducir la dependencia de productos químicos tóxicos, disminuyendo así el impacto ambiental asociado con la producción y el uso de espesantes sintéticos. Su producción aprovecha un recurso agrícola subutilizado, lo que contribuye a una economía circular y a la reducción de desperdicios, ofreciendo una solución que es tanto ecológica como económicamente ventajosa (Cyras & Vásquez, 2005).

### **Análisis de restricciones**

- Restricciones Económicas: Un aumento significativo en la demanda del espesante textil puede representar desafíos debido a limitaciones financieras. La falta de recursos económicos suficientes podría impedir cumplir con las solicitudes, ya que no habría personal suficiente ni disponibilidad de materia prima para satisfacer la demanda en su totalidad. Esto podría frenar la expansión del proyecto o la posibilidad de avanzar en su desarrollo y pruebas adicionales.
- Restricciones Sociales: La falta de apoyo por parte de la comunidad, que en este caso incluye restaurantes de barrio y tiendas de mercado pequeñas, para la recolección de semillas de aguacate podría representar un desafío significativo. Estas pequeñas empresas suelen ser una fuente potencial de semillas, pero si no están dispuestas a colaborar o no ven un beneficio claro, el acceso a la materia prima se verá restringido. Además, la logística de recolección podría complicarse debido a la dispersión geográfica de estos puntos de recolección, lo que incrementaría los costos y tiempos.
- Restricciones Tecnológicas/Técnicas: La duración del proceso de extracción del almidón de la semilla de aguacate puede verse afectada por la disponibilidad y eficiencia de la materia prima y tecnología utilizada. Además, el método actual requiere de equipos específicos para el análisis fisicoquímico; si estos no están disponibles, la calidad del proceso podría verse comprometida, ya que no se podrían cumplir todos los requisitos necesarios.
- Restricciones Legales: El proyecto debe asegurar que el espesante textil derivado del almidón de semilla de aguacate cumpla con todas las normativas de calidad y

seguridad establecidas por las regulaciones locales y nacionales. En particular, se debe tener en cuenta la Resolución 1264 del 26 de junio de 2007, que exige garantizar la calidad de los productos textiles para proteger la salud y la vida de las personas, el medio ambiente y los derechos de los consumidores. Esto implica la necesidad de verificar las propiedades fisicoquímicas, la estabilidad del producto y su seguridad en el uso, con el fin de cumplir con los estándares legales y asegurar la aptitud del espesante para su aplicación en la industria textil.

## **Metodología**

### **Proceso de obtención de almidón de la semilla de aguacate.**

Para este proceso, se evaluaron diversas metodologías documentadas en la literatura especializada. Se determinó que el método propuesto por Teli et al. (2009a) presentó los mejores resultados en la extracción de almidón, lo que respalda su elección como el procedimiento más adecuado para este proyecto.

- 1) Recolección de las semillas de aguacate: La recolección de la materia prima se llevará a cabo de forma semanal en restaurantes ubicados en el barrio Las Ferias de Bogotá. Esta actividad se enfocará en la obtención de semillas de aguacate, garantizando así el aprovechamiento de residuos que de otro modo serían desechados. La elección de esta ubicación permitirá asegurar un suministro constante de materia prima, contribuyendo a la sostenibilidad del proceso.
- 2) Descascarillado de las semillas de aguacate: Este proceso se llevará a cabo inmediatamente después de la recolección para minimizar el riesgo de descomposición

de la materia prima. Una vez realizado el descascarillado, las semillas se almacenarán en un lugar fresco y libre de humedad para mantener su calidad y frescura.

- 3) Selección y limpieza de las semillas de aguacate: Se llevará a cabo un control de calidad de las semillas descascaradas para garantizar que se encuentren en óptimas condiciones. Una vez completada esta evaluación, se procederá con la limpieza de las semillas utilizando agua para eliminar cualquier impureza.
- 4) Primera molienda de las semillas de aguacate: Se utilizará un procesador para moler las semillas, con el objetivo de obtener una harina de textura gruesa. Este primer proceso de molienda es fundamental para facilitar las etapas posteriores de extracción del almidón.
- 5) Remojo alcalino: Tras obtener la harina gruesa, se procederá a tratarla con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 0,25%. Se añadirá un volumen de NaOH equivalente a cinco veces el volumen de la harina y se dejará en remojo por un periodo de 4 horas, para después separar el sólido de la solución alcalina. Posteriormente se volverá a realizar el tratamiento por 3 horas.
- 6) Lavado de las semillas de aguacate: Se llevará a cabo un lavado exhaustivo de las semillas de aguacate con agua destilada, asegurando que se elimine completamente cualquier residuo de NaOH presente.
- 7) Segunda molienda de las semillas de aguacate: Las semillas de aguacate previamente tratadas se someterán a una segunda molienda. Este proceso tiene como objetivo obtener una suspensión más fina, facilitando la extracción del almidón. La suspensión resultante se filtrará a través de un tamiz de 125 micras para separar los sólidos del líquido.
- 8) Secado del extracto obtenido de las semillas de aguacate: El extracto obtenido en el paso anterior se dejará reposar hasta que se forme una clara separación en dos capas. Luego se

separarán las dos capas y el almidón crudo se secará en un horno a 50 °C para eliminar la humedad residual.

- 9) Maceración del almidón: Luego se llevará a cabo una maceración del extracto previamente secado, para asegurar que el almidón obtenido tenga un tamaño de partícula uniforme se empleará un tamiz de 180 micras.

### **Análisis de caracterización del almidón de la semilla de aguacate.**

La caracterización del almidón obtenido de la semilla de aguacate se llevó a cabo siguiendo diversas referencias bibliográficas que garantizan un proceso completo y adecuado. Para la evaluación del poder de hinchamiento se utilizó el método propuesto por Teli et al. (2009a). Por otro lado, la determinación del pH y el porcentaje de rendimiento del almidón se realizó de acuerdo con el procedimiento establecido por Amijos (2021).

- 1) Poder de hinchamiento (PH): Se calentará 0.6 g de almidón en 30 mL de agua destilada a 95 °C durante 30 minutos, agitando constantemente para evitar la formación de grumos. Una vez que la mezcla se enfríe, se centrifugará a 5000 rpm durante 15 minutos. Posteriormente, se pesará el sedimento de almidón hinchado. El PH se calculará mediante la relación entre el peso del sedimento húmedo y el peso inicial del almidón seco.
- 2) Determinación de pH: En un beaker de 25 mL, se pesará 2 g de la muestra y se añadirán 5 mL de agua fría, agitando bien la mezcla. Luego, se transferirá completamente la suspensión a 100 mL de agua hirviendo contenida en un beaker de 200 mL y se continuará con la ebullición durante 2 minutos. Luego de este proceso se calibrará el pHmetro a 25 °C para así realizar la lectura y registrar el pH. De acuerdo con la literatura la muestra deberá encontrarse dentro de los rangos de pH 5.0 y 7.0.

- 3) Porcentaje de rendimiento del almidón: En este paso, se evaluará la eficiencia del proceso de extracción del almidón. Se pesará la cantidad de almidón obtenido al final del proceso y se comparará con el peso de las semillas de aguacate que se utilizaron inicialmente. Esta comparación permitirá calcular el porcentaje de rendimiento del almidón, lo que proporcionará información valiosa sobre la efectividad del método de extracción utilizado y la viabilidad del proceso en términos de cantidad de almidón recuperado.

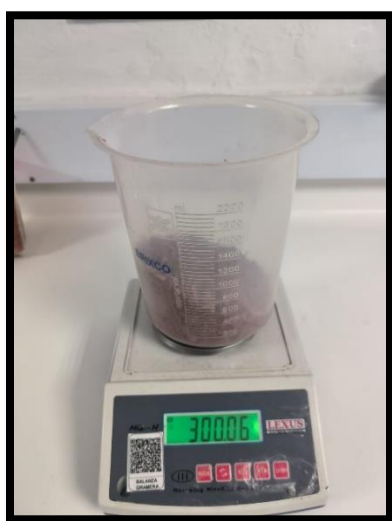
## Resultados

### Extracción de almidón de la semilla de aguacate:

A continuación, se presenta una secuencia visual que ilustra el proceso de extracción del almidón a partir de la semilla de aguacate, destacando la metodología empleada en cada etapa, desde la preparación de la materia prima hasta la obtención del producto final, con el objetivo de garantizar un espesante textil de alta calidad.

### Figura 4.

*Alistamiento y molienda de la semilla de aguacate.*



**Figura 5.**

*Remojo alcalino de la semilla de aguacate.*



**Figura 6.**

*Lavado y filtración de la semilla de aguacate.*



**Figura 7.**

*Reposo del extracto obtenido de la semilla de aguacate.*



**Figura 8.**

*Separación de las dos capas del extracto obtenido de la semilla de aguacate.*

**Figura 9.**

*Secado del extracto obtenido de la semilla de aguacate.*

**Figura 10.**

*Maceración del extracto obtenido.*





### **Poder de hinchamiento:**

El análisis del poder de hinchamiento se llevó a cabo con el objetivo de evaluar la capacidad del almidón para absorber agua y expandirse. Los resultados obtenidos fueron altamente satisfactorios, ya que el valor medido superó con creces el registrado en la literatura, duplicando la cifra esperada. Este resultado indica una notable presencia de amilopectina en el almidón, lo cual refuerza su potencial para aplicaciones en la industria textil, dado que la amilopectina es clave en la capacidad de retención de agua y en la mejora de las propiedades funcionales del espesante.

$$\text{Poder de hinchamiento} = \frac{\text{Peso del almidón húmedo (g)}}{\text{Peso del almidón seco (g)}}$$

$$\text{Poder de hinchamiento} = \frac{3,72 \text{ g}}{0,6 \text{ g}} = \mathbf{6,22(g/g)}$$

### **Medición de pH:**

La medición del pH se realizó con el objetivo de caracterizar adecuadamente el espesante textil y determinar su idoneidad para aplicaciones en la industria. En este análisis, se obtuvo un pH de 9.49, que supera el rango esperado para el producto. No obstante, al realizar varias pruebas adicionales, se observó que el agua destilada utilizada en el proceso de formulación presentaba un pH de 9.19. Este valor podría haber influido significativamente en el resultado obtenido, ya que el pH del agua destilada puede alterar las características finales del espesante. Este hallazgo subraya la importancia de controlar todos los factores en el proceso de preparación para garantizar la estabilidad y efectividad del producto final.

### **Figura 11.**

*Medición de pH.*



### Eficiencia de la semilla de aguacate:

Para evaluar la eficiencia de la semilla de aguacate en la obtención de almidón, se utilizará un enfoque cuantitativo que permita calcular el rendimiento del proceso de extracción. Esta medición es esencial para determinar la cantidad de almidón extraído en relación con la cantidad de semilla utilizada, lo que proporciona una visión clara de la efectividad del método aplicado.

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{\text{Peso del almidón obtenido (g)}}{\text{Peso de las semillas de aguacate procesadas (g)}} \cdot 100$$

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{10 \text{ g}}{600 \text{ g}} \cdot 100 = \mathbf{1,6 \%}$$

El valor obtenido de eficiencia, que es del 1.6%, sugiere la necesidad de explorar otras técnicas de extracción de almidón, ya que, en comparación con el rendimiento promedio de otras fuentes, que es del 22%, el rendimiento obtenido con la semilla de aguacate es significativamente bajo. (Armijos, 2021)

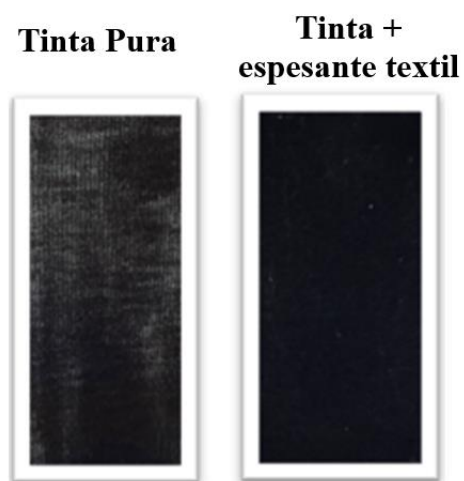
### Producto final:

Para la elaboración del producto final, se realizaron diversas pruebas utilizando diferentes proporciones de agua y almidón, con el objetivo de encontrar la formulación adecuada del

espesante textil, que luego sería añadido a la tinta. Los resultados demostraron que la incorporación del espesante textil como aditivo mejora significativamente la uniformidad en la aplicación de la tinta, como se evidencia en la comparación de la Figura 13. Además, se comprobó que el espesante garantiza una excelente adhesión, lo que subraya su gran potencial para la impresión textil.

### Figura 12.

*Comparación entre tinta pura y tinta con adición de espesante textil.*



### Figura 13.

*Producto final presentación de 30g.*



## Costos

El análisis de costos constituye un elemento fundamental para evaluar la viabilidad económica del proceso de extracción de almidón a partir de semillas de aguacate. En esta sección se detallan los costos en fijos, variables e indirectos. Asimismo, se determinará la inversión inicial requerida y se calculará el punto de equilibrio, proporcionando una visión integral de los recursos necesarios y la sostenibilidad financiera del proyecto.

En la Tabla 1 se detallan los costos variables involucrados en la producción de 1000 g del espesante textil. En esta estimación se incluyen los insumos indispensables para asegurar un proceso de fabricación eficiente y que cumpla con los estándares de calidad establecidos, lo que permite una evaluación precisa de la viabilidad económica del producto.

**Tabla 1.**

*Costos Variables.*

<b>Costos Variables (Producto 1000 g)</b>				
<b>Elemento</b>	<b>Tipo de Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Semillas de aguacate	Gramos	6000	\$ 7	\$ 42,000
Hidroxido de Sodio	Gramos	75	\$ 150	\$ 11,250
Agua destilada	Gramos	900	\$ 2.9	\$ 2,610
Envase	Unidad	1	\$ 2,745	\$ 2,745
<b>Valor Total</b>				<b>\$ 58,605</b>

En la Tabla 2 se presentan los costos fijos asociados a la producción del espesante textil. Estos incluyen elementos clave como la cuota del crédito destinado a la adquisición del horno de secado, el salario de la ingeniera química encargada del proceso, entre otros gastos necesarios para garantizar el funcionamiento continuo y sostenible del proyecto.

**Tabla 2.**

*Costos fijos.*

<b>Costos Fijos Mensuales</b>				
<b>Materia Prima</b>	<b>Tipo de Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Equipo de protección personal	Unidad	1	\$ 46,000	\$ 46,000
Electricidad Horno de Secado	Kw/h	1296	\$ 864	\$ 1,120,296
Salario Ingeniera Quimica	Mes	1	\$ 2,500,000	\$ 2,500,000
Horno de secado (Crédito)	Unidad	1	\$ 152,635	\$ 152,635
			<b>Valor Total</b>	<b>\$ 3,818,931</b>

Con base en la revisión realizada para determinar la capacidad de producción y la cantidad potencial de venta, se estableció un precio de venta unitario de la presentación de 1000g el cual será de \$215.710, este valor asegura una utilidad del 40%. Dicho cálculo considera tanto los costos de fabricación como las condiciones del mercado para garantizar la viabilidad económica del producto.

**Tabla 3.**

*Determinación del precio de venta.*

<b>Unidades proyectadas x mes</b>	40
<b>Costo Unitario Total</b>	\$ 154,078
<b>Precio Unitario de Venta</b>	\$ 215,710

Para evaluar la viabilidad económica del proyecto, se realizó un análisis del punto de equilibrio, identificando que este se alcanza con la venta de 24 unidades. Esto implica que a partir de la venta de la unidad 25 el proyecto comienza a generar utilidades, evidenciando un margen de rentabilidad atractivo.

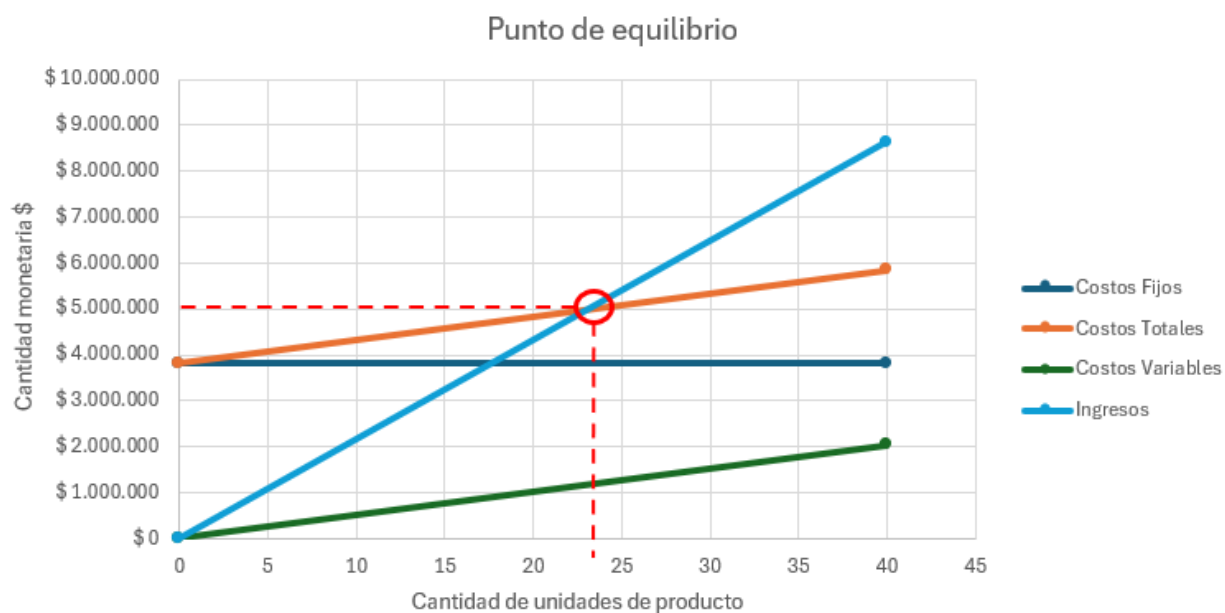
**Tabla 4.**

*Determinación del punto de equilibrio.*

Descripción	Cantidad
Costos Fijos Mensuales	\$ 3,818,931
Costos Variables Unitarios	\$ 58,605
Precio de Venta Unitario	\$ 215,710
Unidades presupuestadas a vender	40
PE (Q)	24
PE (\$)	\$ 5,243,514

**Figura 15.**

*Punto de equilibrio.*



### Conclusiones

- La incorporación del espesante textil a base de almidón de la semilla de aguacate demuestra mejores resultados en la pigmentación de la tinta en comparación con la aplicación directa de la tinta sin aditivos. Esto resalta el potencial del almidón como un agente estabilizante en la industria textil, mejorando la calidad de la impresión y la

eficiencia del proceso. Además, los análisis fisicoquímicos realizados el espesante demuestra un excelente potencial para aplicaciones textiles.

- El espesante textil obtenido a partir de la semilla de aguacate se alinea de manera significativa con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 12: Producción y Consumo Responsables, al promover la reutilización de un residuo agroindustrial que, de otro modo, sería desechado. Además, se fomenta la transición hacia procesos más ecológicos y responsables, reduciendo el impacto ambiental asociado con los materiales sintéticos comúnmente utilizados en la impresión textil.
- El rendimiento del almidón obtenido en esta investigación fue inferior al esperado, se identificaron áreas clave para mejorar la eficiencia de la extracción como la etapa de molienda para una liberación efectiva del almidón, lo que podría aumentar significativamente la producción de almidón y una disminución importante de los costos variables.

### Referencias Bibliográficas

ANALDEX. (Marzo de 2024). *ANALDEX*. Obtenido de <https://analdex.org/2024/03/18/informe-exportaciones-de-aguacate-hass-2023/#:~:text=Las%20exportaciones%20de%20aguacate%20Hass,con%20USD%20203%2C7%20millones.>

Aristizábal, J., & Sánchez, T. (2007). *FAO*. Obtenido de <https://www.fao.org/4/a1028s/a1028s.pdf>

Armijos, A. (2021). *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*. Obtenido de <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/16824/1/96T00729.pdf>

Atehortúa, D., & Villa, V. (2020). *Universidad de Antioquia*. Obtenido de [https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/17062/1/AtehortuaDaniela\\_2020\\_AternativasDisminuirDesperdicio.pdf](https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/17062/1/AtehortuaDaniela_2020_AternativasDisminuirDesperdicio.pdf)

Avila, N., Tirado, J., Rios, C., Luna, G., Estrada, M., & Cambero, O. (Abril de 2023). *Universidad Autónoma de Nayarit*. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/2607-Texto%20del%20art%C3%ADculo-21225-4-10-20231207.pdf>

Cyras, V., & Vásquez, A. (2005). *Repositorio Institucional CONICET Digital*. Obtenido de [https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/96780/CONICET\\_Digital\\_Nro.3a912ea3-057b-43a4-bb3e-f1081bc6730e\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y#:~:text=E1%20almid%C3%B3n%20es%20probablemente%20el,los%20residuos%20pl%C3%A1sticos%20no%20biodegradables.](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/96780/CONICET_Digital_Nro.3a912ea3-057b-43a4-bb3e-f1081bc6730e_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y#:~:text=E1%20almid%C3%B3n%20es%20probablemente%20el,los%20residuos%20pl%C3%A1sticos%20no%20biodegradables.)

Departamento nacional de planeación. (Junio de 2008). *Departamento nacional de planeación*. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3530.pdf>

Departamento nacional de planeación. (Noviembre de 2016). *Departamento nacional de planeación*. Obtenido de <https://faolex.fao.org/docs/pdf/col191813.pdf>

Departamento nacional de planeación. (Abril de 2016). *Departamento nacional de planeación*. Obtenido de



<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Publicaciones/P%C3%A9rdida%20y%20desperdicio%20de%20alimentos%20en%20colombia.pdf>

Díaz, S. (Julio de 2023). *Portafolio*. Obtenido de

<https://www.portafolio.co/economia/finanzas/fao-revela-perdidas-millonarias-a-nivel-mundial-por-desperdicio-de-comidas-585534>

El Tiempo. (Mayo de 2023). *El Tiempo*. Obtenido de [https://www.eltiempo.com/mas-](https://www.eltiempo.com/mas-contenido/desperdicio-de-alimentos-una-amenaza-para-la-naturaleza-y-la-seguridad-alimentaria-767495#:~:text=En%20Colombia%20se%20producen%2012,se%20recicla%20cerca%20del%2016%20%25.&text=De%20acuerdo%20con%20Fenalco%2C%20es,lo)

[contenido/desperdicio-de-alimentos-una-amenaza-para-la-naturaleza-y-la-seguridad-alimentaria-](https://www.eltiempo.com/mas-contenido/desperdicio-de-alimentos-una-amenaza-para-la-naturaleza-y-la-seguridad-alimentaria-767495#:~:text=En%20Colombia%20se%20producen%2012,se%20recicla%20cerca%20del%2016%20%25.&text=De%20acuerdo%20con%20Fenalco%2C%20es,lo)

[767495#:~:text=En%20Colombia%20se%20producen%2012,se%20recicla%20cerca%20del%2016%20%25.&text=De%20acuerdo%20con%20Fenalco%2C%20es,lo](https://www.eltiempo.com/mas-contenido/desperdicio-de-alimentos-una-amenaza-para-la-naturaleza-y-la-seguridad-alimentaria-767495#:~:text=En%20Colombia%20se%20producen%2012,se%20recicla%20cerca%20del%2016%20%25.&text=De%20acuerdo%20con%20Fenalco%2C%20es,lo)

Hernández, M. (Diciembre de 2022). *El Tiempo*. Obtenido de

<https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/el-impacto-ambiental-de-la-industria-de-la-moda-664321>

Infobae. (Noviembre de 2022). *Infobae*. Obtenido de

<https://www.infobae.com/america/colombia/2022/11/20/moda-sostenible-el-gran-reto-de-la-industria-textil-en-colombia-para-el-2023/>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural . (2020). *Ministerio de Agricultura y Desarrollo*

*Rural* . Obtenido de <https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2020-03-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

Ministerio de Ambiente. (Septiembre de 2022). Obtenido de

<https://www.minambiente.gov.co/minambiente-interesado-en-ayudar-a-disminuir-el-desperdicio-de-alimentos/>

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (Junio de 2007). *Ministerio de Comercio, Industria y Turismo*. Obtenido de <https://www.mincit.gov.co/getattachment/66543ed6-93bf-473f-a8d7-a93b20caa46d/Resolucion-1264-del-26-de-junio-de-2007-Por-la-cua.aspx>

MONTESAC. (2024). Obtenido de <https://www.montesac.com/producto/pasta-espesante-fs-2000/>

Murillo, J. (Octubre de 2023). *Portafolio.co*. Obtenido de <https://www.portafolio.co/economia/finanzas/en-colombia-se-pierden-9-7-millones-de-toneladas-de-alimentos-al-ano-589900>

Piñeros, J. (Diciembre de 2021). *Clasificación de la madurez del aguacate Hass mediante el procesamiento de imágenes*. Obtenido de [https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/3b0cdbee-d872-4f48-ab49-262b87fb7932/content#:~:text=Es%20por%20ello%20que%20una,minoristas%20\(VelSi d%2C%202020\).](https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/3b0cdbee-d872-4f48-ab49-262b87fb7932/content#:~:text=Es%20por%20ello%20que%20una,minoristas%20(VelSi d%2C%202020).)

POLI SANTAFE. (2023). *POLI SANTAFE*. Obtenido de <https://polisantafe.com.ar/el-impacto-al-ambiente-que-causa-el-acrilico/>

Ramírez, L. (Junio de 2022). *Bogota.gov.co*. Obtenido de <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/ambiente/red-moda-circular-como-disminuir-los-residuos-textiles-en-bogota#:~:text=Impactos%20ambientales%20que%20causa%20la%20producci%C3%B3n%20textil&text=La%20industria%20de%20la%20moda%2C%20adem%C3%A1s%20de%20ser%20una%2>

Revista C-level. (Mayo de 2024). *Revista C-level*. Obtenido de <https://revistaclevel.com/como-hacer-sostenible-la-industria-textil-en-colombia-expertos-responden>

Salamanca, M., & Velasquez, Z. (2007). Obtenido de

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10885/TRABAJO-DEFINITIVO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Teli, M., Rohera, P., Sheikh, J., & Singhal, R. (2009). Application of germinated maize starch in textile printing. En *Carbohydrate Polymers* (págs. 599-603). Science Direct.

Teli, M., Rohera, P., Sheikh, J., & Singhal, R. (2009). Use of Amaranthus (Rajgeera) starch vis-à-vis wheat starch in printing of vat dyes. En *Carbohydrate Polymers* (págs. 460-463). Science Direct.

Torres & Trochez. (Noviembre de 2023). *SciELO*. Obtenido de

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-30532023000100273](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-30532023000100273)