

**UNIVERSIDAD EAN**

**DESARROLLO DE UN MATERIAL TEXTIL TIPO CUERO USANDO COMO  
MATERIA PRIMA CÁSCARAS DE NARANJA**

**JULIANA SOFIA RODRIGUEZ SALAMANCA**

**DANNA PAOLA CORTÉS SIERRA**

**JUAN DAVID SILGADO HOLGUIN**

**LUISA FERNANDA CARVAJAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**BOGOTA D.C**

<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	6
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	7
<b>2.1 OBJETIVO GENERAL:</b> .....	7
<b>2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b> .....	8
<b>4. JUSTIFICACIÓN</b> .....	11
<b>5. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS</b> .....	13
<b>5.1 Materias Primas:</b> .....	13
<b>5.2 Equipos</b> .....	14
<b>5.3 Infraestructura</b> .....	15
<b>5.4 Personal</b> .....	15
<b>6. MARCO TEORICO</b> .....	16
<b>6.1 Residuos sólidos orgánicos</b> .....	16
<b>6.2 Valorización de Residuos Sólidos Orgánicos</b> .....	17
<b>6.3 Economía circular</b> .....	18
<b>6.4 El cuero</b> .....	19
<b>6.5 Tipos de Cuero Sostenible</b> .....	20
<b>6.6 Residuos de la moda y de la tela</b> .....	21
<b>6.7 Tendencias de moda sostenible en Colombia</b> .....	21
<b>6.8 Biomateriales en la moda</b> .....	22
<b>6.9 Cuero Vegano</b> .....	22
<b>6.8 Residuo de cascara de naranja</b> .....	23
<b>7. ANÁLISIS DE RESTRICCIONES</b> .....	26
<b>7.1 Económico</b> .....	26
<b>7.2 Social</b> .....	27
<b>7.3 Técnico</b> .....	27
<b>7.4 Ambiental</b> .....	28
<b>8. METODOLOGÍA</b> .....	28
<b>8.1 Caracterización de los vendedores del Parque Metropolitano Simón Bolívar</b> .....	28
<b>8.1.1 Instrumento de medición</b> .....	28
<b>8.1.2 Población y muestra</b> .....	28
<b>8.1.3 Variables cuantitativas</b> .....	29
<b>8.1.4 Variables cualitativas</b> .....	29

<b>8.2 Prueba experimental. Transformación de las cascaras de naranja en un material textil .....</b>	<b>30</b>
<b>8. 2. 1 Obtención de la materia prima .....</b>	<b>31</b>
<b>8. 2. 2 Elaboración de biotextil .....</b>	<b>33</b>
<b>8.3 Análisis de propiedades estructurales y funcionales del textil .....</b>	<b>40</b>
<b>8. 3. 1. Elongación .....</b>	<b>40</b>
<b>8. 3. 2. Flexometría .....</b>	<b>40</b>
<b>8. 3. 4. Densidad Aparente .....</b>	<b>41</b>
<b>8. 3. 5. Biodegradabilidad .....</b>	<b>41</b>
<b>9. RESULTADOS .....</b>	<b>42</b>
<b>9.1 Caracterización de los vendedores del Parque Metropolitano Simón Bolívar .....</b>	<b>42</b>
<b>9.2. Transformación de las cascaras de naranja en un material textil .....</b>	<b>48</b>
<b>9.3. Propiedades estructurales y funcionales del textil .....</b>	<b>59</b>
<b>9.3.1. Elongación.....</b>	<b>60</b>
<b>9.3.2. Flexometría .....</b>	<b>61</b>
<b>9.3.3. Resistencia al agua .....</b>	<b>63</b>
<b>9.3. 4 Densidad Aparente .....</b>	<b>65</b>
<b>10. ANÁLISIS DE COSTOS .....</b>	<b>69</b>
<b>11. CONCLUSIONES .....</b>	<b>72</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>72</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de pruebas experimentales.....	31
Tabla 2.. Prueba 1, cantidades referenciadas del Fab Lab Barcelona .....	35
Tabla 3. Sesión Práctica No 1. Cantidades de compuestos utilizadas en cada prueba .....	36
Tabla 4. Sesión Práctica No 2. Composición de las muestras .....	38
Tabla 5. Sesión práctica No 1. Comportamiento de las muestras durante el laboratorio .....	49
Tabla 6. Sesión práctica No 2. Comportamiento de las muestras durante el laboratorio .....	55
Tabla 7. Resultados de la prueba de elongación.....	60
Tabla 8. Resultados de la flexometría .....	61
Tabla 9. Resultados de la prueba de resistencia al agua.....	63
Tabla 10. Densidad aparente .....	65
Tabla 11. Prueba de biodegradabilidad, muestra 9.....	67

## ***Resumen***

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo elaborar un textil tipo cuero, usando cáscaras de naranja como materia prima principal. Con el fin de reducir el impacto ambiental que se genera en el proceso de producción, se determinó que esta materia prima se recolectará en los puestos de jugo natural ubicados en el Parque Metropolitano Simón Bolívar, convirtiendo este residuo en un subproducto basados en la economía circular. Para esto se realizaron un total de 12 muestras con variación en su composición determinando que aquellas con mayor contenido de fibra y de alginato de sodio presentaron una estructura estable y más resistente mientras que aquellas con menor contenido de fibra y mayor porcentaje de glicerina se deformaron con facilidad. Con el fin de identificar cual muestra presenta condiciones aptas para su uso como un material de cuero, se realizaron pruebas biomecánicas a cada muestra, en donde se analizaron la resistencia, elongación, flexibilidad, resistencia al agua y biodegradabilidad.

*Palabras clave: Cuero vegano, material textil,, economía circular, cáscaras de naranja.*

## ***Abstract***

The objective of this research project is to make a leather-type textile, using orange peels as the main raw material. In order to reduce the environmental impact generated in the production process, it is guaranteed that this raw material will be collected at the natural juice stands located in the Simón Bolívar Metropolitan Park, converting this waste into a by-product based on the circular economy. . . For this, a total of 12 samples were made with a variation in their composition, determining that those with a higher fiber and sodium alginate content presented a stable and more resistant structure while those with a lower fiber content and a higher percentage of glycerin deformed with ease. In order to identify which sample presents conditions suitable for use as a leather material, biomechanical tests were carried out on each sample, where resistance, elongation, flexibility, water resistance and biodegradability are analyzed.

*Keywords: Vegan leather, textile material, circular economy, orange peels.*

## 1. INTRODUCCIÓN

La industria de la moda se ha caracterizado por su constante transformación y adaptación a nuevas generaciones, tendencias y estilos de vida del consumidor, avanzando hasta el punto de crear colecciones no solo para cada estación del año sino entre temporadas, llegando a presentar cada semana nuevos diseños (De Vettori et al. (2022)). Lo que ha generado que actualmente esta industria sea una de las más contaminantes a nivel mundial, siendo la responsable de desperdiciar aproximadamente el 20% del suministro total de agua globalmente, consumiendo a su vez, anualmente más de 93.000 millones de metros cúbicos de este recurso natural. Además, esta industria contribuye con alrededor del 8% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero, concordando con que en 2019 cada segundo se enterró o quemó una cantidad de textiles equivalente al contenido de un camión de basura (ONU (2019))

Uno de los puntos más importantes es que aún se producen prendas de vestir que presentan una degradación muy tardía, puesto a que muchas de estas están elaboradas con diferentes materiales plásticos, metales y tintes, además del uso de algunos químicos en su proceso de producción que pueden ser tóxicos, y aunque se trate de materias primas aprobadas y reguladas, con su uso continuo va aumentando la presencia de estos contaminantes en distintos entornos del medio ambiente (Greenpeace (2012)). Un ejemplo de esto es la producción de cueros para prendas de vestir, la cual genera residuos sólidos, consumo excesivo de agua puesto a que para producir una tonelada de este producto se utilizan alrededor de cincuenta centímetros cúbicos de agua y además genera desechos de sustancias químicas tóxicas como el aluminio, sulfuro de cromo y soda caustica (FAO s.f.)

Es por esto por lo que se han creado distintas propuestas para mitigar este impacto, como redireccionar la industria a un modelo de economía circular, optar por materias primas biodegradables y evitar el consumo excesivo de recursos naturales, como lo ha propuesto el proyecto Red Moda Circular de la alcaldía de Bogotá, el cual se basa en la reutilización de prendas de vestir para disminuir las producciones masivas de estos productos, y aunque es una gran iniciativa, y aporta en la causa de disminuir la contaminación que genera la industria, según Quintero D. (2022), en Colombia aún no se cuenta con la implementación plena de un sistema circular, en el cual se analice cada punto del ciclo de vida del producto, lo que dificulta el alcance de un modelo sostenible que realice un cambio significativo en la reducción de la contaminación de esta industria.

Este proyecto busca abordar esta problemática enfocándose en la creación de un biotextil utilizando residuos de cáscara de naranja como materia prima principal, puesto a que es un producto rico en celulosa y pectinas, tiene la capacidad de dar la estructura de un material textil. La investigación se centrará en el proceso de extracción, tratamiento y conversión de estas fibras en un textil, evaluando sus propiedades biomecánicas con el fin de crear un producto funcional, ofreciendo así una solución frente a los desafíos actuales de la industria textil.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL:**

Desarrollar un material textil tipo cuero, usando como materia prima cáscaras de naranja obtenidas en los puestos de jugo natural ubicados en el Parque Metropolitano Simón Bolívar.

## **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- 2.2.1. Evaluar la viabilidad del uso de residuos de cascaras de naranja como materia prima a través de la caracterización de los vendedores de jugo de naranja del Parque Metropolitano Simón Bolívar
- 2.2.2 Realizar un proceso de transformación de cáscaras de naranja en un material textil tipo cuero.
- 2.2.3. Analizar las propiedades estructurales y funcionales del material textil elaborado para determinar su aplicabilidad en la industria textil.

## **3. PROBLEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN**

Los procesos involucrados en la producción de textiles, desde la obtención de materias primas hasta el teñido y acabado de los productos finales, generan impactos ambientales significativos, haciendo que actualmente la industria de la moda sea de las contaminantes a nivel global (Giraldo Ocampo, et al.,2023). En Colombia, esta industria no solo representa un sector clave en términos económicos, generando empleo y contribuyendo al PIB, sino que también es uno de los mayores responsables de la degradación ambiental. Entre los principales problemas se encuentran el alto consumo de agua y energía, así como la liberación de sustancias químicas tóxicas que contaminan cuerpos de agua y atmósfera (Giraldo Ocampo, et al.,2023).

La contaminación del agua es uno de los impactos más graves. Se estima que para producir un kilogramo de algodón se requieren hasta 10,000 litros de agua (Jaimes García, F. (2023) los procesos de teñido y acabado textil son responsables de aproximadamente el 20% de la contaminación de los vertidos al agua. Estos vertidos contienen productos químicos que no solo afectan la calidad del agua, sino que también representan un riesgo para la salud humana y los ecosistemas acuáticos. En un país como Colombia, con abundantes recursos hídricos pero una

alta vulnerabilidad ambiental, estos efectos son especialmente preocupantes. (Ramírez, J. C. 2023)

La industria textil en Colombia es responsable de una parte significativa de las emisiones de gases de efecto invernadero, lo que contribuye al cambio climático. Esto se debe principalmente al uso intensivo de energía, en gran parte proveniente de fuentes no renovables, y al transporte de materiales y productos textiles a nivel nacional e internacional. La tendencia de la moda rápida, que se ha vuelto más popular en los últimos años, ha empeorado este problema al aumentar la producción y el consumo de ropa. Como resultado, se genera una gran cantidad de residuos textiles, de los cuales menos del 5% se recicla adecuadamente en Colombia, lo que lleva a una acumulación masiva de desechos en los vertederos (Quintero Castro, D. 2022.)

Por su parte, el uso de sustancias químicas tóxicas en la fabricación textil es un problema crítico que no solo daña el medio ambiente, sino que también representa un riesgo para la salud de los trabajadores y las comunidades cercanas a las plantas de producción. La toxicidad carcinogénica de muchos de estos productos agrava aún más la situación, con impactos a largo plazo que son difíciles de mitigar. Es fundamental abordar este problema de manera integral, implementando prácticas más sostenibles y seguras en la industria textil. (Muñoz Valera, S. (2020).

A pesar de la creciente conciencia sobre la necesidad de adoptar prácticas más sostenibles en la industria textil, muchas empresas en Colombia enfrentan desafíos para cumplir con las regulaciones ambientales. La falta de transparencia en las prácticas de producción y la resistencia a cambiar métodos que, aunque rentables, son dañinos para el entorno, dificultan la implementación de soluciones más responsables y sostenibles. (Artega Rojas et al.,2023.)

Por otro lado, la gestión de residuos orgánicos en las ciudades es un desafío creciente, especialmente en metrópolis como Bogotá donde en 2017 según el estudio técnico de la caracterización de la fuente de residuos sólidos generados en la ciudad de Bogotá, se determinó que, de las 7500 toneladas aproximadas de residuos que llegan al relleno sanitario Doña Juana diariamente, un 51,32% corresponden a la clasificación de orgánicos biodegradables (Alcaldía de Bogotá, 2024). Condiciones como la limitada separación en la fuente, la falta de inversión pública en métodos de aprovechamiento y la falta de planeación, dan lugar a problemas, tanto de índole distrital, con la reducción de la capacidad del relleno sanitario, como de índole ambiental, como las emisiones de gases GEI, como CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> por la descomposición anaeróbica de los residuos, el vertimiento de lixiviados a fuentes de aguas subterráneas, y la proliferación de vectores que afectan a las comunidades cercanas al terreno (Consejo de Bogotá, 2022). Un ejemplo de esto se puede observar en lugares emblemáticos y de alta concurrencia de la ciudad, como el Parque Metropolitano Simón Bolívar, donde se desarrollan actividades de venta de jugos de naranja naturales que generan una cantidad considerable de residuos orgánicos cada día que, si no se gestionan adecuadamente, pueden contribuir al deterioro ambiental y a la sobrecarga de los sistemas de gestión de residuos.

La pregunta central de esta investigación es: ¿Cómo se puede desarrollar un proceso efectivo para convertir las cáscaras de naranja en textiles biodegradables, y cuál sería su aporte los modelos de economía circular en la industria de la moda? Esta pregunta no solo guiará el desarrollo técnico del proyecto, sino que también permitirá evaluar su contribución al desarrollo sostenible en la ciudad, tomando en cuenta los beneficios económicos, sociales y ambientales de la iniciativa.

#### 4. JUSTIFICACIÓN

Las diversas problemáticas de índole ambiental nos instan a buscar soluciones con impacto en la amplia gama de desafíos a los que la sociedad debe hacer frente de forma innovadora y sostenible. Desde la transformación de procesos en búsqueda de menores consecuencias ambientales, hasta la reutilización de materias primas en la fabricación de productos, el ser humano ha buscado diversas maneras de combatir la crisis medioambiental a partir un análisis multivariado de su complejidad. La propuesta de creación de un biocuero cuya materia prima es un residuo sólido orgánico como las cáscaras de naranjas, genera una solución innovadora frente al desaprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, la crisis por residuos textiles generada por el auge del consumo de moda rápida, y las consecuencias ambientales por la producción de cuero.

Desarrollar un cuero vegano de origen vegetal tiene implicaciones relevantes en la construcción de nuevas estrategias de aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos generados como producto de las actividades económicas dadas por el comercio de jugos naturales en el Parque Metropolitano Simón Bolívar ubicado en Bogotá. Dichos comerciantes, como resultado de sus actividades, generan grandes cantidades de subproductos que pueden ser tomados como materia prima para la elaboración del biomaterial, como lo son las cascaras de naranja, que, de no ser aprovechados, tendrán como disposición final el relleno sanitario y contribuirán al cambio climático y a la crisis ambiental por residuos que enfrenta la ciudad, pues como señaló la Secretaría Distrital de Ambiente en el año 2021 en su Inventario de Gases de Efecto Invernadero (INGEI), el 13% de la totalidad de los gases producidos corresponden a la disposición final de residuos sólidos.

Por otro lado, la aparición de las redes sociales como nuevas tecnologías de la información, la globalización económica, y los nuevos procesos de fabricación más rápidos, han provocado un fenómeno que fomenta de manera directa el consumismo (Barreiro, 2008) y por tanto, el aumento de los impactos que perjudican el funcionamiento de los ecosistemas del planeta. El desarrollo de un biomaterial, en este caso, el cuero, con origen vegetal, propiedades biodegradables y fabricación limpia, trasciende directamente en los usuarios de la moda que buscan la expresión personal mediante este medio, pero a la vez, son conscientes de las consecuencias ambientales y sociales que conllevan los modelos de producción y consumo lineal impulsados por la industria textil.

El desarrollo de biotextiles, es decir, materiales textiles derivados de fuentes biológicas, es una de las áreas más prometedoras para reducir la dependencia de materiales sintéticos en la producción de prendas. Por su parte, las cáscaras de naranja, ricas en celulosa y compuestos beneficiosos, ofrecen una oportunidad única para ser transformadas en fibras textiles con propiedades de biodegradabilidad en el medio, reduciendo la producción de gran cantidad de residuos textiles, incrementados por los modelos de economía lineales y el fast fashion (Mendez, Marzo & Pedraja, 2022) y, en cambio, se alinean con las tendencias globales hacia la sostenibilidad y la innovación en materiales. En este contexto, las cáscaras de naranja descartadas, sin aprovechar su potencial, emergen como materia prima valiosa para crear materiales sostenibles.

Además, las consecuencias medioambientales por la producción de cuero, como la gran demanda hídrica y la contaminación de efluentes por uso de sustancias químicas como aluminio, sulfuro de cromo y soda caustica (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1998) pueden verse mitigados al implementar modelos de producción más limpia

con el desarrollo de un proceso viable que permita la elaboración del cuero vegano, pues durante dicho proceso se pretende utilizar materiales orgánicos, reducidas cantidades de agua, y productos sin impactos químicos en las distintas matrices ambientales.

Este proyecto de investigación pretende dar un aporte en la transición hacia la economía circular, en un esfuerzo para cerrar el ciclo de vida de las cáscaras de naranja recolectadas en en Parque Metropolitano Simón Bolívar, transformándolas y valorizándolas en un material textil que no solo reduzca los residuos orgánicos desechados en la ciudad, sino que también aporte a la industria de la moda sostenible local. La investigación busca desarrollar un proceso industrialmente viable que permita esta transformación, considerando desde la recolección de materia prima hasta la producción final del textil, buscando como resultado un producto de excelente calidad y con propiedades biomecánicas aptas para su uso en la vida cotidiana. Además, puede servir como inspiración y base para la propuesta de nuevos biomateriales aplicados a distintas áreas, necesidades e industrias, buscando contribuir en la búsqueda de reducción de desigualdades, impactos ambientales negativos en el ecosistema, y desaprovechamiento de recursos, característicos de los económicos tradicionales.

## **5. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS**

### **5. 1 Materias Primas:**

- **Cáscaras de naranja:** Gracias al uso de materia prima vegetal se puede extraer la celulosa de esta, la cual por ser un polímero aporta las cualidades estructurales del cuero vegano. Para esto, se usarán cáscaras de naranja valencia la cual es una variedad de naranja dulce perteneciente a la especie *citrus sinensis*, obtenidas de los puestos de venta de jugo de naranja en el parque Simón Bolívar de la ciudad de Bogotá. Además, el contenido de

pectinas aporta propiedades gelificantes, espesantes y estabilizantes debido a sus propiedades hidrocoloides

- Cloruro de calcio: Este actúa como un agente gelificante que ayuda en la formación de fibras y enlaces ayudando en la formación estructural del cuero vegano, además de mejorar sus propiedades biomecánicas.
- Alginato de sodio: Es un agente gelificante y aglutinante que ayuda en la formación de fibras de celulosa y además crea una estructura para proteger estas fibras, otra de sus funciones es aportar una textura más uniforme y firme.
- Glicerina: Su función es mejorar la flexibilidad y durabilidad del producto final, gracias a sus cualidades de plastificante. Además, en el proceso de mezclado ayuda a que los materiales tengan mayor compatibilidad
- Aceite de coco: Además de aportar brillo y textura en el producto final, también aporta cualidades plastificantes que mejoran la flexibilidad del cuero vegetal, además, actúa como un agente microbiano y aporta cualidades impermeables.

## 5.2 Equipos

- Horno secador: Para lograr extraer la celulosa de las cáscaras de naranja se realiza un proceso de secado para retirar la humedad de estas.
- Trituradora: Con las cascaras de naranja secas es necesario el uso de una trituradora para reducir el tamaño de partícula, esto ayuda a tener una mezcla más homogénea y evitar cúmulos grandes en la obtención del cuero vegano, esto apoyado a su vez de un proceso de tamizaje.
- Tamices

- Es necesario el uso de un recipiente que permita realizar el mezclado de las materias primas y que se lleven a cabo las reacciones químicas necesarias, no es necesario el uso de calor.

### **5.3 Infraestructura**

- Área de ubicación de contenedores de almacenamiento de materias primas
- Laboratorio de análisis químico: En este se realizaría el proceso de elaboración del bioplástico y además se realizarían los análisis fisicoquímicos para conocer las propiedades biomecánicas del producto final. El laboratorio seleccionado es el Laboratorio Alfonso Crissien Aldana perteneciente a la Universidad EAN.
- Área de almacenamiento de productos terminados.
- Servicios básicos: Agua y electricidad.

### **5.4 Personal**

- Personal de transporte: Encargado de tener el contacto con los vendedores de jugo de naranja para posteriormente recolectar las cáscaras de naranja y llevarlas al lugar de almacenaje.
- Personal del área técnica: En el diseño y optimización de los procesos se requiere un profesional en ingeniería química. Además, en el análisis e identificación de impactos ambientales es necesario contar con profesionales de ingeniería ambiental.
- Técnicos de laboratorio: En la producción de un cuero vegano es necesario el uso de laboratorios químicos, para esto es necesario contar con el apoyo de técnicos de laboratorio quienes faciliten la obtención de materiales y certifiquen el buen uso y cuidado del espacio.

- Operarios de producción: Para manejar los equipos y realizar las tareas de producción.
- Personal de mantenimiento: Para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos.

## **6. MARCO TEORICO**

### **6.1 Residuos sólidos orgánicos**

Los residuos corresponden a los materiales excedentes durante las distintas etapas de producción o consumo de cualquier producto, bien o servicio presente en actividades y sistemas antropogénicos. Dichos materiales residuales pueden presentarse de forma líquida, gaseosa, o sólida. Es por esto que, las nuevas tendencias, en búsqueda de un desarrollo sostenible, señalan su capacidad de recircularlos en la cadena de valor mediante la valorización y transformación de estos.

En este contexto, dentro de la amplia gama de desechos, los residuos sólidos de carácter orgánico ocupan un lugar significativo. Estos son generados en actividades como la poda, cocina, y consumo de productos de origen vegetal, y dado a esto, tiene propiedades de descomposición por la acción microbiológica al exponerse al ambiente. Comúnmente pueden corresponder a residuos de cocina, restos de futas y verduras, huesos y restos de carne, entre otros (Cornejo, C , Machado, M ., 2017).

A nivel mundial, los residuos orgánicos de cítricos representan 88 millones de toneladas por año, siendo un 88% provenientes de los residuos de naranja, seguidos por otras frutas críticas como el pomelo, la mandarina, los limones, entre otros, para el caso de la industria Brazileira, el mayor productor de naranja. Sin embargo, países como China, producen aproximadamente 7,5 millones de toneladas anuales, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Alvarado, L & Hernandez, S. 2018).

En el caso de Colombia, para el Parque Metropolitano Simón Bolívar, en el proyecto “Si al Simón Bolívar voy, Carbono Neutro soy” propuesto por el plan de desarrollo de la Alcaldía de Bogotá en el 2022, que logró que el parque urbano se convirtiera en el primero en su tipo en Latinoamérica declarado como carbono cero, se diagnosticó que en el 2021, en el parque se produjeron alrededor de 900 toneladas de CO<sub>2</sub> por la incorrecta gestión de los RSO generados (Salamanca, V. 2022), que incluyen la poda del césped y arbolado, y los residuos de alimentos crudos generados por la venta de alimentos al interior del parque, donde pueden ser incluidos los residuos dados por la venta de jugos de naranja y demás productos derivados de las frutas (Instituto Distrital de Recreación y Deporte (IDRD). 2022).

## **6.2 Valorización de Residuos Sólidos Orgánicos**

La capacidad de valorización de los RSO es el aprovechamiento de las propiedades bioquímicas y el uso de diversas técnicas físicas, químicas o microbiológica para fabricar nuevos productos y/o servicios, y juega un papel fundamental para la creación de materiales sostenibles, como el cuero de naranja. Moreno (2022) sostiene que transformar residuos industriales en productos valiosos es una estrategia eficaz para reducir el impacto ambiental de los desechos orgánicos. Álvarez y Rodríguez (2023) también subrayan que esta práctica no solo disminuye los impactos negativos en el medio ambiente, sino que también promueve una economía más circular al crear nuevas oportunidades para la industria.

Las distintas técnicas de valorización de residuos orgánicos tienen múltiples aplicaciones en la vida cotidiana. Por ejemplo, en el sector agrícola, la valorización de residuos puede involucrar la conversión de desechos orgánicos en compost o biocombustibles (Geyer et al., 2022) indican que estos procesos no solo reducen la cantidad de residuos, sino que también proporcionan productos que pueden beneficiar a la agricultura y a la industria energética. Por otro

lado, en el sector tecnológico y de construcción, los residuos pueden ser reciclados en nuevos materiales de construcción o componentes electrónicos. La conversión de residuos electrónicos en metales valiosos y componentes reutilizables es un ejemplo de este tipo de valorización (Geyer et al., 2022).

La valorización de residuos en la industria textil implica la transformación de residuos textiles en nuevos productos, como tejidos reciclados o biomateriales. Álvarez y Rodríguez (2023) explican que la utilización de residuos de frutas, como las cáscaras de naranja, para crear cuero sostenible es un ejemplo de cómo los residuos pueden ser transformados en materiales valiosos y útiles para la moda.

### **6.3 Economía circular**

La economía circular promueve la reutilización y el reciclaje de materiales para minimizar la generación de residuos. Maliha et al. (2023) indican que el cuero de naranja es un ejemplo ejemplar de esta práctica, ya que aprovecha los subproductos de la industria alimentaria para crear materiales útiles y reciclables. Piłaszewicz (2022) añade que esta estrategia es crucial para reducir la generación de residuos y fomentar una industria textil más sostenible.

La valorización de residuos es un componente clave de la economía circular, que se centra en mantener los recursos en uso durante el mayor tiempo posible, extrayendo el máximo valor de ellos mientras están en uso y recuperando y regenerando productos y materiales al final de cada vida útil (Ellen MacArthur Foundation, 2023). Además, contribuye a la disminución de la cantidad de desechos que terminan en vertederos, lo que ayuda a reducir la contaminación y la presión sobre los recursos naturales al reducir la necesidad de nuevas materias primas (Ellen MacArthur Foundation, 2023).

En el contexto de la moda, la valorización de residuos puede reducir significativamente el impacto ambiental al convertir materiales desechados en nuevos productos, como el cuero de naranja. Por otro lado, en lineamiento con la economía circular, es posible generar nuevas oportunidades económicas al crear mercados para productos reciclados y fomentando la innovación en la gestión de residuos (Álvarez & Rodríguez, 2023).

#### **6.4 El cuero**

El curtido de pieles es una de las industrias más antiguas, cuya función principal es transformar y conservar la piel de origen animal, en cuero mediante el uso de distintos aditivos pasando desde el humo, leche agria y taninos, un compuesto extraído de las plantas. En distintas culturas este proceso fue evolucionando hasta llegar al punto de cambiar el tipo de calzado tradicional basado en hojas por uno realizado en este material, para más adelante mejorar los procesos de producción descubriendo el curtido con sales de cromo las cuales permitían hacer más eficiente proceso y otorgaban un material de mayor resistencia y gran porcentaje de impermeabilidad (Trucco J. (1949)). Estas cualidades han presentado diversas ventajas en otras industrias que en la actualidad aún se implementa este proceso en la producción de cuero, además del uso de tintes y otros componentes químicos que aseguran la preservación del material, generando residuos de aguas contaminantes que a medida que llevan su recorrido por el sistema de alcantarillado y posterior desecho a fuentes hídricas alterando el ecosistema a su paso o en algunos casos el desecho directo de estas aguas contaminantes. (FAO (1998)).

El cuero, ya sea tradicional o derivado de fuentes sostenibles como las cáscaras de naranja, encuentra una variedad de aplicaciones en la industria. Gómez y Ortiz (2023) explican que el cuero hecho de cáscaras de naranja conserva las propiedades esenciales del cuero convencional, como la resistencia y flexibilidad, lo que lo hace adecuado para la fabricación de

productos como zapatos, bolsos y tapicería. Además, Álvarez y Rodríguez (2023) observan un incremento en la demanda de biomateriales en sectores como la moda y la decoración debido a una mayor conciencia ambiental y la búsqueda de alternativas responsables.

La producción de cuero tradicional ha sido criticada por sus implicaciones éticas, principalmente relacionadas con la explotación animal y los impactos ambientales negativos del proceso de curtido. Piłaszewicz (2022) argumenta que los cueros veganos, como el de cáscaras de naranja, ofrecen una solución ética al eliminar la necesidad de animales en la producción de cuero y al evitar el uso de químicos tóxicos. Williams (2022) resalta que la adopción de alternativas como el cuero de frutas no solo mitiga el daño ambiental, sino que también responde a las crecientes demandas del mercado por productos más sostenibles y éticos.

## **6.5 Tipos de Cuero Sostenible**

Es así como va creciendo la necesidad de implementar o diseñar procesos de creación de cuero que presenten un menor impacto ambiental como lo es el cuero vegano el cual se propone como una alternativa de menor costo, libre de crueldad animal y como un proceso abierto a nuevas técnicas y experimentaciones, clasificándolo así en cuatro tipos de cuero vegano las cuales son:

- El cuero sintético: elaborado en su mayoría con cloruro de polivinilo (PVC) o poliuretano (PU), siendo estos componentes de degradación tardía y agentes contaminantes, aunque presentan un costo menor al cuero animal por lo cual es comúnmente usado en la industria de la moda. (Vela S. (2024)).
- El cuero de celulosa bacteriana: en este caso se realiza un cultivo de microorganismos que van creando una capa que se adapta al molde y dependiendo de las condiciones del ambiente puede ser más o menos grueso, además en algunos casos se agrega

poliuretano y ácido láctico para mejorar las propiedades biomecánicas. (Vela S. (2024)).

- Cuero elaborado a partir de hongos: este material se genera debido a la formación natural del micelio fúngico el cual tiene una estructura ramificada que puede llegar a asemejar la estructura de algunos polímeros, existen aproximadamente 70 tipos de hongos que podrían funcionar para la creación de este material. (Vela S. (2024)).
- Cuero vegano: a partir del uso de fibras vegetales que se pueden implementar directamente o como subproducto de los desechos de algunos procesos de producción de la industria de alimentos, se logra crear un tipo de cuero que puede adquirir diferentes propiedades dependiendo de la materia prima y el proceso realizado (Vela S. (2024)).

## **6.6 Residuos de la moda y de la tela**

El uso masivo de fibras sintéticas en la moda ha exacerbado el problema de los residuos textiles. Álvarez y Rodríguez (2023) argumentan que los biomateriales biodegradables, como el cuero de naranja, ofrecen una solución a largo plazo para reducir los residuos generados por fibras sintéticas no reciclables, proporcionando una alternativa sostenible y menos contaminante, al tener una mayor biodegradabilidad en condiciones ambientales, en comparación con los textiles tradicionales.

## **6.7 Tendencias de moda sostenible en Colombia**

En Colombia, la moda sostenible está ganando importancia, con un enfoque creciente en el uso de materiales reciclados y biomateriales. Gómez y Ortiz (2023) informan que diseñadores colombianos están adoptando materiales como el fique, el cáñamo y el cuero de frutas para crear

productos que tienen un menor impacto ambiental. Estas tendencias reflejan un movimiento hacia una moda más ética y circular que combina sostenibilidad con creatividad y diseño.

## **6.8 Biomateriales en la moda**

Los biomateriales están revolucionando la industria de la moda al ofrecer alternativas que son tanto biodegradables como renovables. Moreno (2022) destaca que estos materiales, como el cuero de naranja, no dependen de recursos fósiles y ofrecen una solución más sostenible en comparación con los materiales tradicionales. Politécnico di Milano (2022) refuerza esta idea, subrayando que el uso de biomateriales y fibras vegetales se está alineando con las tendencias actuales hacia una moda más ética y respetuosa con el medio ambiente.

Williams (2022) menciona que el uso de biomateriales como el cuero de naranja puede ayudar a abordar este problema, dado que estos materiales son biodegradables y menos tóxicos que los materiales sintéticos tradicionales, que no son reciclables y generan grandes cantidades de desechos.

## **6.9 Cuero Vegano**

Este tipo de cuero surge de la reutilización de residuos generados por la industria de jugos, transformando un desecho en un material valioso y ecológico. Maliha et al. (2023) destacan que este enfoque no solo contribuye a la reducción de residuos, sino que también disminuye significativamente el impacto ambiental asociado con la producción de cuero tradicional. Al evitar el uso de productos animales, el cuero de naranja cumple con las crecientes demandas de sostenibilidad y ética en la moda moderna. Este tipo de material vegano también reduce la necesidad de productos químicos tóxicos usados en el curtido del cuero convencional (Emerald Insight, 2023).

## **6.8 Residuo de cascara de naranja**

La naranja es el fruto del *Citrus Sinensis*, o por su nombre común, naranjo dulce, perteneciente a la familia rutáceas. Sus residuos presentan propiedades especiales que han sido utilizadas tanto por emprendedores como por diseñadores de alta gama, como Salvatore Ferragamo, para la elaboración de productos de moda ecológicos (Garcés, N. 2024). El bajo nivel de pH, la baja biodegradabilidad, y la presencia de aceites esenciales (Alvarado, L & Hernandez, S. 2018), lo convierten en un residuo con características viables con la fabricación de un biotextil de excelentes propiedades biomecánicas. Giselle Mendoza, estudiante mexicana creadora de GECO: Organge Peel Bioplastic, señala que la cascara de naranja es una gran fuente de celulosa, que actúa como polímero natural que puede ser utilizado para la creación de biomateriales, pues a partir de este se puede obtener un producto resistente y flexible (Guitierrez, L. 2022), por lo que, el cuero fabricado a partir de cáscaras de naranja representa una innovación notable en el campo de los biomateriales.

## **6.9. Diseño de un biotextil tipo cuero**

Para la realización de este proyecto se determina como materia prima principal la cáscara de naranja, para esto se sigue el proceso realizado por Centro de materiales (2024), en el cual se debe preparar la fruta realizando un pretratamiento de las cáscaras donde se lavan, secan y muelen para obtener un tamaño de partícula homogéneo que facilite su posterior manipulación en el mezclado con otros ingredientes. Según el estudio realizado por Artega et al (2020) sobre la creación de una película plástica con materiales biodegradables, el uso de biopolímeros ayuda en la creación de este tipo de materiales debido a la compatibilidad con distintos ingredientes, además del aporte de propiedades biomecánicas que varían según el tipo de biopolímero utilizado y la mezcla realizada. Para esto, uno de los biopolímeros más utilizados

es el alginato de sodio, el cual es una de las formas de sal del ácido algínico obtenido de la pared celular de las algas pardas; este biopolímero tiene la capacidad de que al ser combinado con sales de calcio como el cloruro de calcio y mezclarse con agua, se obtiene una gelificación iónica la cual hace que se *“formen cubiertas de las microcápsulas, dadas por la reacción entre un polisacárido y un ion de carga opuesta”* Artega et al (2020), es por esto que en la creación de biotextiles son llamados “agentes gelificantes” y aportan cualidades en la estructura y las propiedades biomecánicas del producto obtenido (FAO 2003).

Cuando Artega et al (2020) realizaron la creación de la película, observaron que esta con el paso del tiempo se seca aunque no pierde sus cualidades biomecánicas, es por esto que es necesario agregar sustancias plastificantes como la glicerina, la cual ayuda a que se realice una mezcla homogénea de los componentes, además de que al reducir las fuerzas intermoleculares aporta propiedades de flexibilidad y resistencia al biotextil obtenido J. Yus (2021). Otras sustancias tienen propiedades plastificantes, como el aceite de coco, que además de mejorar la textura del biotextil, ayuda a controlar el crecimiento microbiano que se podría dar por el uso de cáscaras de naranja.

Una vez preparada la solución, se procede al casting, un proceso que consiste en verter la mezcla líquida sobre una superficie plana o en un molde. La superficie debe estar nivelada para asegurar que la capa de biopolímero sea uniforme, controlando además el espesor de la película usando herramientas como rodillos o cuchillas niveladoras. Después del vertido, se inicia el proceso de secado, el cual debe ser gradual y controlado para evitar la formación de grietas o deformaciones en el textil vegano, esto se puede realizar a temperatura ambiente o en un horno controlando la temperatura y tiempo de secado. Durante este tiempo, los solventes se evaporan,

dejando una matriz sólida y continua de biopolímero (Aleman M (2006)), para posteriormente, realizar un desmoldado asegurando que el biotextil haya secado completamente.

Finalmente, el biotextil producido se somete a una serie de pruebas para evaluar sus propiedades mecánicas, como la resistencia a la tracción, la elongación, la flexometría y la resistencia al agua. También se evalúa su biodegradabilidad y estabilidad térmica, asegurando que cumpla con los requisitos para su uso en aplicaciones textiles.

### **6. 10 Propiedades biomecánicas**

La medición de la resistencia del cuero tiene la función de informar sobre posibles defectos del material, determinación de la durabilidad que tendrá y análisis de la calidad del producto, la norma ISO 3377-2, tiene como objetivo determinar cuánta fuerza es necesaria para provocar una rasgadura doble en el cuero, midiendo la fuerza que se realiza hasta que se produce el daño del material. Una de las técnicas utilizadas se basa en el uso del *Péndulo de Charpy* la cual consiste en dos péndulos rodeados por el material a analizar, para determinar la resistencia se determina la diferencia de energía potencial que tiene el péndulo del equipo antes y después del contacto con el material que hace que se rompa provocando que la probeta tenga una rotura completa. (Y. Ortega (2005))

La flexometría es una prueba que se realiza a materiales tipo cuero con el fin de determinar la flexibilidad del cuero, para esto “*la muestra se dobla y se sujeta en la abrazadera superior móvil con la superficie a ensayar hacia adentro y en una mordaza fija ubicada en el mismo plano vertical que la mandíbula superior produciendo un pliegue, que consta de dos placas planas para sujetar muestras con la superficie a ensayar hacia fuera.*”, ( Martín D. et al (2018)) el objetivo es analizar qué cambios tiene el material después de flexionarlo constantemente, determinando que tanta elasticidad tiene.

En el caso de la resistencia al agua se puede usar de guía la norma NTC-ISO 5403:2010, la cual otorga una metodología para analizar la resistencia que tiene un cuero en la exposición al agua, esto se realiza mediante la flexión repetitiva del material mientras está expuesto al agua, con el fin de asemejar una situación de la vida real determinando si el material obtenido está en condiciones óptimas para su uso evitando roturas o daños en momentos inadecuados. Aunque esta norma puede servir de guía no se analiza como un requerimiento específico puesto a que está dirigida a un cuero de origen animal.

## **7. ANÁLISIS DE RESTRICCIONES**

El proyecto de fabricación de cuero vegetal a partir de cáscaras de naranja enfrenta diversas restricciones que pueden afectar su viabilidad. A continuación, se detallarán las limitaciones en áreas económicas, sociales, técnicas y ambientales que se deben considerar para garantizar el éxito del proyecto.

### **7.1 Económico**

El proyecto de fabricación de cuero vegetal a partir de cáscaras de naranja enfrenta desafíos significativos en términos de viabilidad económica y competitividad en el mercado. Los altos costos iniciales, que incluyen la adquisición de materias primas y equipos, pueden incrementar el costo de producción y limitar la escalabilidad. Además, la implementación de tecnologías de valorización de residuos requiere inversiones significativas en infraestructura (Geyer et al., 2022). En el mercado, el cuero vegetal compite con productos tradicionales como el cuero animal o sintético, que suelen ser más asequibles y ampliamente disponibles. Esto puede limitar la adopción masiva de cuero vegetal, especialmente si el proceso de producción es costoso y el producto final es más caro.

## **7.2 Social**

Se enfrenta desafíos sociales significativos que pueden influir en su aceptación y éxito. La adopción de este material alternativo depende en gran medida de la concienciación pública sobre los beneficios ambientales, sin embargo, la percepción del consumidor puede estar condicionada por factores como costumbres, estéticas y tradiciones, lo que puede limitar la demanda y aceptación del producto. Además, la relación con la comunidad es crucial, ya que la obtención de cáscaras de naranja en el parque Simón Bolívar puede generar reacciones diversas por parte de la ciudadanía, especialmente si el proceso no se gestiona de forma transparente y responsable, o si la comunidad no percibe beneficios directos.

## **7.3 Técnico**

El proyecto de cuero vegetal a partir de cáscaras de naranja enfrenta desafíos técnicos significativos que pueden comprometer su eficiencia y escalabilidad. La producción requiere equipos especializados como hornos secadores, trituradoras y reactores, cuya disponibilidad limitada puede restringir la capacidad de producción.

Además, la estandarización del producto final es un desafío debido a las variaciones en las propiedades de las cáscaras de naranja y en las condiciones del proceso. Esto puede resultar en diferencias significativas en la calidad del producto.

En comparación con el cuero animal, el cuero vegetal presenta limitaciones en términos de duración y resistencia, específicamente una menor resistencia a la abrasión y desgaste, así como una menor durabilidad y vida útil (Vela Bolado, S. 2024).

La calidad de los productos obtenidos a partir de residuos puede variar, afectando su viabilidad para ciertos usos (Álvarez & Rodríguez, 2023)

## **7.4 Ambiental**

Se debe cumplir con las regulaciones ambientales colombianas establecidas en la Ley 99 de 1993 y el Decreto 1076 de 2015. Esto implica garantizar la gestión adecuada de residuos, minimizar el impacto ambiental en el uso de agua y energía, y cumplir con las disposiciones de la Resolución 472 de 2017 para la correcta gestión de residuos peligrosos

## **8. METODOLOGÍA**

### **8.1 Caracterización de los vendedores del Parque Metropolitano Simón Bolívar**

#### **8.1.1 Instrumento de medición**

Inicialmente, y con propósito de determinar la procedencia de las cascarás de naranja para la prueba experimental y el posterior análisis de resultados, se plantea un instrumento de recolección de información para conocer la viabilidad de obtener la materia prima de los residuos generados en el Parque Metropolitano Simón Bolívar como producto de la actividad de venta de jugo de naranja. De tal modo, se utilizará una encuesta *in situ* con un enfoque mixto, pues se han tomado variables de carácter cualitativo y cuantitativo, donde se busca conocer la frecuencia de generación de residuos asociados a la cascara de naranja, la gestión actual de dichos residuos orgánicos, y la opinión de los comerciantes acerca de plantear estrategias de valoración de residuos.

#### **8.1.2 Población y muestra**

La población corresponde al conjunto de elementos que presentan características similares a las cuales refiere la investigación (Bernal, C. 2016), en relación con esto la población corresponde a los comerciantes dedicados a la actividad de venta de jugo de naranja en el Parque Metropolitano Simón Bolívar, pues son estos actores activos en la generación de residuos

orgánicos en la zona. En total, al momento de realizar la encuesta, se evidenciaron 15 puestos de venta de jugo de naranja natural en el sitio.

Del mismo modo, la muestra se refiere a una parte de la población seleccionada, de la cual es posible obtener la información de relevancia para el desarrollo del estudio, y, por tanto, sobre quienes se efectuará la medición, en este caso, la encuesta *in situ*. Se selecciona una muestra representativa de 9 puestos de venta de jugo.

### **8. 1. 3 Variables cuantitativas**

Las siguientes preguntas van orientadas a conocer datos medibles cuantitativamente, como la antigüedad de los vendedores en el parque, la frecuencia en que realizan sus actividades semanalmente, y la cantidad de naranjas necesarias para cumplir con sus actividades; datos que serán de importancia para obtener un dato frecuencia y cantidad de residuos generados.

1. ¿Cuánto tiempo lleva trabajando en el Parque Simón Bolívar como vendedor/a de jugo de naranja?
2. ¿Cuántos días a la semana trabajas en tu puesto de venta de jugo de naranja?
3. En promedio, ¿cuántas naranjas utilizas diariamente para hacer jugo?

### **8. 1. 4 Variables cualitativas**

Las siguientes preguntas sirven para reconocer la gestión de residuos orgánicos que es llevada a cabo por los comerciantes, el momento idóneo para implementar rutas de recolección, la relevancia que le dan los comerciantes a la valorización de RSO, la disposición para realizar una separación de residuos y la opinión de la muestra acerca de los biomateriales y su posibilidad de ser utilizados en elementos de la vida cotidiana, como reemplazo del cuero de origen animal.

4. ¿Qué haces actualmente con los residuos de las cáscaras de naranja?
5. ¿Cuál sería el mejor momento del día para recoger las cáscaras de naranja de tu puesto?
6. ¿Consideras importante que existan proyectos de aprovechamiento de residuos orgánicos para mitigar impactos ambientales?
7. ¿Estarías dispuesto(a) a separar las cáscaras de naranja para entregarlas a un proyecto de valorización de residuos orgánicos?
8. ¿Estarías dispuesto a utilizar o comprar objetos de cuero elaborado a partir de cascaras de naranja, como carteras o monederas?

## **8.2 Prueba experimental. Transformación de las cascaras de naranja en un material textil**

Como parte de la metodología, se realizan prácticas de laboratorio experimentales, donde se utilizarán una serie de técnicas combinadas de carácter tanto físico como químico, con el propósito de obtener una lámina del biotextil elaborado a base de cascara de naranja.

Con el fin de mejorar el resultado del producto final, se realizan dos sesiones de práctica experimental, la segunda con el propósito de realizar correcciones en función de los resultados de la sesión. En total, se obtienen 12 muestras diferentes, de las cuales 6 se elaboraron en la primera sesión y 6 en la segunda.

*Tabla 1. Distribución de pruebas experimentales*

<b>PRÁCTICA</b>	<b>PRUEBAS REALIZADAS</b>
Sesión de práctica No. 1	1
	2
	3
	4
	5
	6
Sesión de práctica No. 2 (Cantidades modificadas en función de los resultados obtenidos en la Sesión No. 1)	7
	8
	9
	10
	11
	12

### **8. 2. 1 Obtención de la materia prima**

Se recolectan cascaras de naranjas maduras, pues estas presentan una mayor cantidad de pectinas en su estructura celular en comparación con las cascaras de naranjas verdes, lo cual, les otorga unas propiedades de textura y rigidez que son de mayor valor para la fabricación del biotextil (Marín, D, Velazquez, J, et al. 2018).

Inicialmente, se debe tener un polvo fino a partir de las cascaras, por lo cual, las mismas se limpian y se someten a un periodo de secado en un horno industrial durante un periodo de 10 horas una temperatura constante de 61 °C, de esta forma es posible eliminar la humedad existente en la muestra, lo cual evitará inconvenientes técnicos a la hora de pulverizar.

**Figura 1.** *Secado de las cascaras de naranja en un horno industrial*



Utilizando una licuadora Oster Xpert Series, parte del material de laboratorio, se pulverizan las cascaras de naranja secas, obteniendo un polvo de textura mixta. Para obtener un polvo fino de textura uniforme, de pasan las cascaras pulverizadas por una torre de dos tamices, con una apertura de 1.20 milímetros y otra de 0,6 milímetros, teniendo un polvo con tamaño de partícula inferior a este último valor.

**Figura 2.** *Proceso de triturado de las cascaras.*



**Figura 3.** *Tamizado de las cascaras*



**Figura 4.** *Cascaras de naranja pulverizadas*

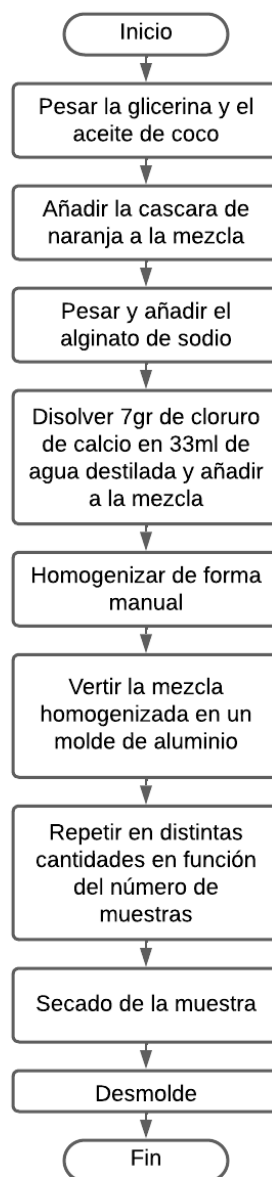


### **8. 2. 2 Elaboración de biotextil**

Para el desarrollo experimental del biotextil, se debe realizar una mezcla homogénea entre el polvo de cascara de naranja y demás elementos de origen natural, incluyendo plastificantes como aceite de coco y glicerina, y gelificantes de origen vegetal como el alginato de sodio y cloruro de calcio, para mejorar la flexibilidad del textil. Al utilizar los compuestos anteriormente mencionados, se busca obtener un producto final con características de biodegradabilidad y libre de compuestos sintéticos.

El procedimiento relacionado a la elaboración del biotextil incluye la mezcla de los materiales para homogenizar la solución, disolución del cloruro de calcio en agua, verter la mezcla obtenida en un molde de aluminio para obtener una lámina plana, tiempo de secado, y finalmente el desmoldeo de la lámina obtenida. El procedimiento aplicado se muestra en el diagrama de flujo.

**Figura 5.** *Proceso de elaboración del biotextil.*



El procedimiento de referencia para la elaboración del cuero vegano surge del centro de educación e investigación Fab Lab Barcelona, quienes publicaron un método de elaboración de cuero vegano a partir de residuos de café en el año 2019, sin embargo, este método puede ser aplicado a cualquier tipo de residuo orgánico en polvo con características compatibles, que, para motivo de este proyecto, sería la cascara de naranja.

En la primera sesión práctica se realizan un total de 6 pruebas, la primera aplicando las mismas proporciones dadas por el Fab Lab Barcelona, y otras 5 realizando una variación en la cantidad de ciertos componentes, para evidenciar como estos cambios pueden dar resultados con distintas características, buscando dar con el producto de mejor rendimiento. Los materiales y cantidades se muestran en la tabla.

*Tabla 2. Prueba 1, cantidades referenciadas del Fab Lab Barcelona*

<b>MATERIALES</b>	<b>CANTIDAD</b>
Alginato de sodio	2g
Polvo de cascara de naranja	2g
Aceite coco	2g
Glicerina	5 g
Agua Destilada	33g
<b>Agua</b>	100 g
<b>Cloruro de calcio</b>	7 g

Para realizar el resto de las 5 pruebas, se variarán las cantidades de alginato de sodio, aceite, y glicerina, en los distintos casos. Para la prueba 5 se va a utilizar una cantidad igual de los tres componentes, y para la prueba 6, se utilizará el doble recomendado por el Fab Lab de Barcelona. Con este número de pruebas, se busca obtener una variedad de muestras con distintas características biomecánicas, que ayuden a la selección del producto final con mayor viabilidad práctica que pueda actuar como un reemplazo óptimo al cuero convencional.

Para las 6 pruebas, una cantidad de 7 gramos de cloruro de calcio se disuelve en 33 mililitros de agua destilada. Esta solución es agregada a la mezcla homogénea de los componentes anteriormente mencionados: alginato de sodio, glicerina, aceite de coco y cascara de naranja. Las modificaciones mencionadas se evidencian en la tabla 3.

*Tabla 3. Sesión Práctica No 1. Cantidades de compuestos utilizadas en cada prueba*

<b>Número de prueba</b>	<b>Cascara de naranja en polvo (g)</b>	<b>Cloruro de calcio (g)</b>	<b>Agua destilada (g)</b>	<b>Alginato de Sodio (g)</b>	<b>Aceite (g)</b>	<b>Glicerina (g)</b>
1 (Fab Lab BCN)	2	7	33	2	2	5
2				2	5	8
3				5	2	5
4				4	4	5
5				5	5	5
6				4	4	10

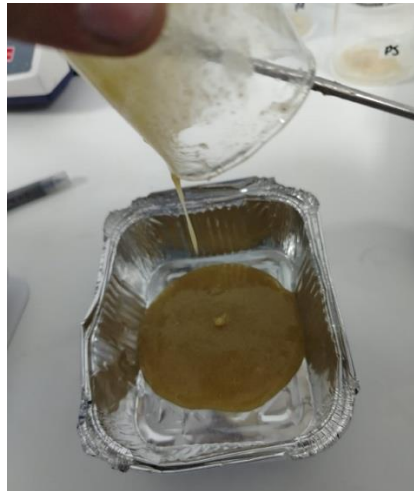
Se lleva a cabo el procedimiento de peso de los materiales para proceder a homogenizar la mezcla utilizando un agitador magnético en función de la densidad de la mezcla y la facilidad del elemento para agitar. Posteriormente, cuando la mezcla se endurece y no puede utilizarse el agitador, se realiza una mezcla de forma manual, buscando la mayor viscosidad posible, ya que esto favorece a tener un mejor resultado final.

### **8. 2. 3 Forma y moldeado**

Las 6 mezclas obtenidas se depositan en un molde de aluminio buscando una superficie lisa y uniforme. Dichas muestras se dejarán en el laboratorio en un periodo de secado de una

semana. Posteriormente, se realizará el desmolde de las mismas para el análisis sus propiedades físicas.

**Figura 6.** *Sesión practica No 1. Vertimiento*



**Figura 7.** *Sesión practica No 1. Muestras listas para el proceso de secado*



Las 6 muestras obtenidas se dejan secando a condiciones ambiente durante 8 días cómo indicaba la metodología del Fab Lab de Barcelona, evidenciando que no aporta

significativamente a la reducción de humedad en las muestras lo que genera una estructura poco consistente, por lo cual, las pruebas se someten a un periodo de secado en horno durante 40 minutos a una temperatura de 40°C. Es por esto que se decide en la segunda sesión realizar un secado inmediato en horno.

En la segunda sesión práctica, se realizan modificaciones en las proporciones de composición basados en el análisis de resultados de las muestras obtenidas en la primera sesión, donde aquellas con mayor porcentaje de alginato de sodio pueden llegar a mantener una estructura, aunque aún con mucha humedad y poca resistencia, por esto se incrementan las proporciones de cascara de naranja, y se reducen las cantidades de aceite de coco pues las muestras obtenidas de la primera sesión presentan una apariencia brillante y sensación grasosa al tacto. Las nuevas pruebas con las modificaciones mencionadas se ven en la tabla 4.

*Tabla 4 Sesión Práctica No 2. Composición de las muestras*

<b>Número de prueba</b>	<b>Cascara de naranja en polvo (g)</b>	<b>Cloruro de calcio (g)</b>	<b>Agua destilada (g)</b>	<b>Alginato de Sodio (g)</b>	<b>Aceite (g)</b>	<b>Glicerina (g)</b>
7	5	7	33	5	1	5
8				7		
9				9		
10	8			5		
11				7		
12				9		

Las 6 muestras obtenidas durante esta prueba experimental se solidifican rápidamente al combinar los componentes, aunque presentan una textura moldeable que permite que se complete

la mezcla y posterior moldeo. Luego, las muestras se someten a un periodo de secado de dos horas y 30 minutos a una temperatura constante de 75°, para eliminar la humedad.

**Figura 8.** *Sesión práctica No 2. Mezclado*



**Figura 9.** *Sesión práctica No 2. Muestras finales de la práctica*



### **8.3 Análisis de propiedades estructurales y funcionales del textil**

Se realizará un análisis con enfoque mixto, pues se obtendrán datos cuantitativos y cualitativos relacionados con las propiedades físicas y biomecánicas del producto final. Es importante estudiar las cualidades de la lámina de textil obtenido, pues se busca un producto con las características adecuadas de para posicionarse como un material con viabilidad de implementación en los procesos de producción de la industria textil.

#### **8.3.1. Elongación**

Por otro lado, la evaluación de elongación permite identificar cuanto se puede estirar la tela al ser sometida a una fuerza antes de rasgarse, lo que nos permite reconocer la trabajabilidad del material en un entorno práctico. Utilizando como herramienta una regla, se ejerce una fuerza para elongar la muestra hasta llegar al punto de ruptura, en el cual se toma el dato de la medida final.

$$\%E = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \cdot 100$$

Donde  $L_0$  es la medida inicial de la muestra, y  $L_1$  es la longitud de la muestra luego del estiramiento. Según el método IUP 6, el porcentaje de elongación del cuero animal tiene un límite mínimo permisible del 40% (Puente, A., Puente, C, et al. 2023) por lo que, se esperan las mismas características del cuero elaborado a partir de cascaras de naranja.

#### **8.3.2. Flexometría**

El método utilizado para evaluar la flexibilidad del material será una prueba de flexión manual, donde se doblará la muestra del textil repetidamente y se obtendrá el dato cuantitativo a

partir del registro del número de doblez donde la muestra presenta signos de agrietamiento y la ruptura final.

### **8. 3. 3. Resistencia al agua**

Adaptando la norma ISO 5404 que define los métodos de pruebas físicas para la determinación de la resistencia al agua de cueros pesados, la prueba de muestra se humedecerá continuamente sobre una superficie y se flexionará para ver cualitativamente los aspectos de la resistencia al agua.

### **8. 3. 4. Densidad Aparente**

La densidad aparente se calculará utilizando el área, mediante la medición de largo y ancho, el volumen, con el dato de grosor, y la masa con el peso, de la muestra.

La densidad aparente se calcula utilizando la ecuación:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

### **8. 3. 5. Biodegradabilidad**

Es ideal no exponer el producto fabricado con el biotextil a condiciones medioambientales adversas para prolongar el periodo de vida de este. Sin embargo, cuando el producto finalice su ciclo de vida, al ser un biomaterial, uno de sus propósitos es reducir los impactos medioambientales de los residuos generados por la industria textil, y, por tanto, debe ser biodegradable a largo plazo en el ambiente. Para evaluar estas condiciones textiles, la muestra se expondrá a una simulación de entornos medioambientales en tierra, en agua y salmuera (Prieto, J., Romero, J., Villamil, N. 2024)

La tierra utilizada es de color oscuro y ligeramente húmeda, indicando un alto contenido de materia orgánica, que será determinante en el proceso de descomposición de las muestras, que se dejarán completamente sepultadas, para simular condiciones del entorno. Por su parte, las muestras también se someterán a condiciones acuáticas, mediante el uso de agua neutra y salmuera.

Como indicadores de descomposición, se evaluarán el tamaño, la consistencia, el color y el grosor, de las muestras, tanto inicial como al finalizar el periodo de exposición a los medios. Cabe mencionar, que, para la prueba de biodegradabilidad, se utilizarán únicamente las pruebas con mejores resultados en cada una de las sesiones.

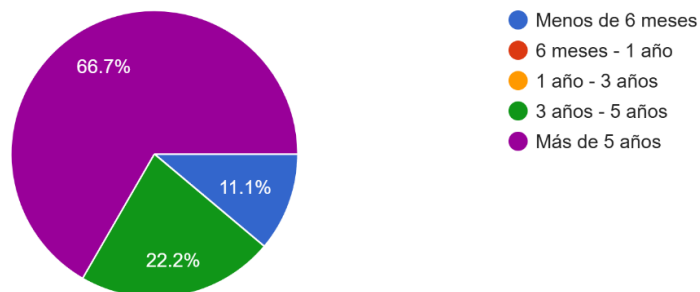
## 9. RESULTADOS

### 9.1 Caracterización de los vendedores del Parque Metropolitano Simón Bolívar

**Figura 10.** Encuesta pregunta 1

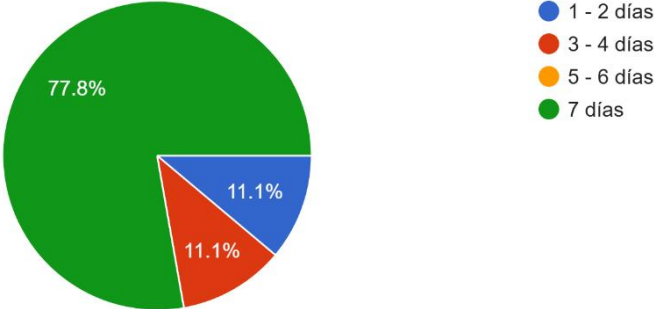
1. ¿Cuanto tiempo lleva trabajando en el Parque Simon Bolivar como vendedor/a de jugo de naranja?

9 responses



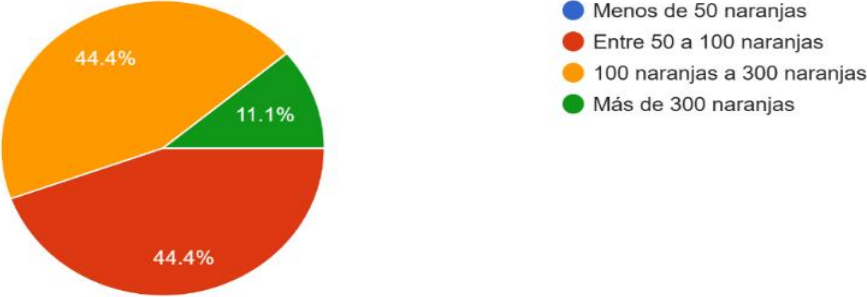
**Figura 11. Encuesta pregunta 2**

2. ¿Cuántos días a la semana trabajas en tu puesto de venta de jugo de naranja?  
9 responses



**Figura 12. Encuesta pregunta 3**

3. En promedio, ¿cuántas naranjas utilizas diariamente para hacer jugo?  
9 responses



**Figura 13.** Encuesta pregunta 4

4. ¿Qué haces actualmente con los residuos de las cáscaras de naranja?

9 responses



**Figura 14.** Encuesta pregunta 5

5. ¿Cuál sería el mejor momento del día para recoger las cáscaras de naranja de tu puesto?

9 responses



**Figura 15.** Encuesta pregunta 6

6. ¿Consideras importante que existan proyectos de aprovechamiento de residuos orgánicos para mitigar impactos ambientales?

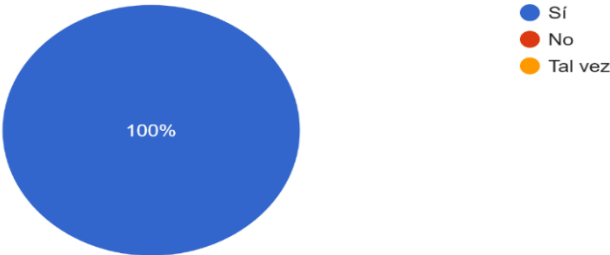
9 responses



**Figura 16.** Encuesta pregunta 7

7. ¿Estarías dispuesto(a) a separar las cáscaras de naranja para entregarlas a un proyecto de valorización de residuos orgánicos?

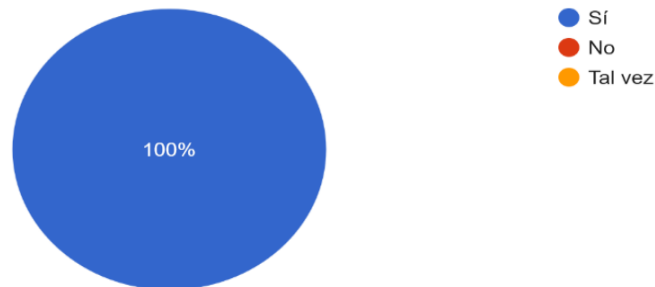
9 responses



**Figura 17. Encuesta pregunta 8**

8. ¿Estarías dispuesto a utilizar o comprar objetos de cuero elaborado a partir de cáscaras de naranja, como carteras o monederas?

9 responses



Esta encuesta, realizada con fines académicos, evaluó la viabilidad de utilizar cáscaras de naranja como materia prima para crear un material textil tipo cuero, obtenidas de los residuos generados por los vendedores de jugo de naranja del Parque Metropolitano Simón Bolívar. Se encuestaron 9 puestos de venta de jugo de naranja, seleccionados aleatoriamente de una población total de 15 puestos contabilizados en el lugar, con el propósito de orientar el proyecto de grado de estudiantes de ingeniería química y ambiental de la Universidad EAN.

### **1. Viabilidad del material textil a partir de cáscaras de naranja**

Los resultados de la encuesta muestran una viabilidad considerable para el uso de cáscaras de naranja como materia prima para un textil tipo cuero. Los puestos de venta de jugo en el parque Simón Bolívar generan diariamente una gran cantidad de cáscaras, lo que garantiza un suministro constante y local de material. Esta proximidad facilita la recolección de cáscaras y reduce los costos y la huella ecológica asociados con la obtención de materia prima. La disposición de los vendedores a colaborar sugiere una posibilidad real de implementar un sistema

de economía circular en el que los desechos de los puestos de jugo sean reciclados de manera continua en la producción del material textil.

## **2. Percepción de Sostenibilidad y Apoyo de la Comunidad**

La encuesta revela que tanto los vendedores como los miembros de la comunidad están interesados en promover prácticas sostenibles y valoran positivamente el proyecto. Los encuestados muestran una conciencia ambiental sólida, reconociendo que la reutilización de residuos orgánicos, como las cáscaras de naranja, puede tener un impacto positivo en la reducción de desechos. Este apoyo social no solo mejora la viabilidad del proyecto, sino que también brinda una ventaja competitiva al posicionar el material textil como un producto ecológico y ético.

## **3. Interés en Colaboración y Potencial de Alianzas**

Las respuestas obtenidas indican que los vendedores de jugo de naranja estarían dispuestos a colaborar en la recolección organizada de cáscaras. Esta actitud positiva sugiere que es posible establecer alianzas entre los puestos de venta y el equipo de estudiantes, facilitando la recolección de manera regular. Además, los vendedores podrían beneficiarse al asociarse con una iniciativa sostenible, ganando visibilidad y apoyando un proyecto que promueve el reciclaje y el aprovechamiento de residuos, lo cual es valorado tanto por los consumidores locales como por el público visitante.

## **4. Recomendaciones para la Implementación**

Con base en los resultados de la encuesta, se recomienda implementar las siguientes estrategias para optimizar el proceso de recolección y asegurar la participación de los vendedores:

- Sistema de Recolección Eficiente: Establecer una logística sencilla y conveniente para la recolección de cáscaras, de modo que los vendedores puedan colaborar fácilmente. Esto podría incluir horarios específicos o puntos de recolección dentro del parque.
- Concienciación y Capacitación: Proveer a los vendedores información sobre la importancia ambiental y los beneficios del proyecto para fortalecer su compromiso. Una campaña de sensibilización puede incrementar la motivación y el sentido de pertenencia.
- Divulgación y Promoción del Proyecto: Colocar señalizaciones en los puestos de jugo y en el parque, destacando que los residuos de las cáscaras son utilizados para crear un material textil innovador. Esto no solo elevará el perfil del proyecto, sino que también fomentará el apoyo del público y posicionará al parque como un espacio alineado con la sostenibilidad.

## **9.2. Transformación de las cascaras de naranja en un material textil**

Durante la prueba experimental se evidencio un comportamiento distinto de las muestras en función de la cantidad de componentes que tenía cada una de ellas. Los diferentes comportamientos se expresan de forma cualitativa en la siguiente tabla.

Tabla 5 Sesión práctica No 1. Comportamiento de las muestras durante el laboratorio

<b>MUESTRA</b>	<b>OBSERVACIÓN</b>	<b>RESULTADO DEL LABORATORIO</b>
1	La muestra inicia el proceso de gelificación luego de 5 minutos de mezclado.	Una muestra viscosa, con facilidad de vertimiento. Al verter la mezcla en el molde, su superficie presenta un perfil uniforme.
2	La muestra presenta dificultades para gelificarse. Se mantiene en un estado líquido luego de un periodo prolongado de mezclado.	Una muestra líquida, con facilidad de vertimiento.
3	La muestra aumenta su viscosidad luego de 1 minuto de mezclado. Se endurece y presenta una consistencia firme.	Una muestra gelatinosa, con dificultad de vertimiento, pues se pega a las superficies con facilidad. Al verter en el molde, se dificulta obtener una superficie lisa en el molde por su consistencia, por lo que es necesario apoyarse de una pala para alisar.
4	La muestra inicia el proceso de gelificación luego de 5 minutos de mezclado.	Una muestra viscosa con consistencia firme. Se dificulta obtener una superficie lisa en el molde, por lo que es necesario dar golpes sobre la mesa para obtener un grosor más homogéneo.
5	La muestra inicia el proceso de gelificación luego de 5 minutos de mezclado.	Una muestra viscosa con consistencia firme. Se dificulta obtener una superficie lisa en el molde, por lo que es necesario dar golpes sobre la mesa para obtener un grosor más homogéneo.
6	La muestra inicia el proceso de gelificación luego de 7 minutos de mezclado.	Una muestra viscosa, con facilidad de vertimiento. Se facilita obtener una superficie lisa al verter en el molde.

Las muestras se dejan secar a condiciones ambiente durante 7 días en las instalaciones de laboratorio de la Universidad EAN. Las condiciones ambientes de Bogotá para el periodo comprendido entre el 7 de noviembre de 2024 y el 13 de noviembre de 2024, fueron una

humedad promedio de 87,8% y temperaturas máximas y mínimas promedio de 17,7°C y 9,2°C, respectivamente.

**Figura 18.** Muestras luego de una semana de secado



- **Muestra 1 (Referenciada por el Fab Lab de Barcelona)**

La muestra 1 presenta una textura líquida luego del periodo de secado. Su superficie es sensible al tacto, por lo que no mantiene su forma ante la deformación o alteración externa. Al pasar el dedo por la superficie, muestra una gran viscosidad, quedándose adherida.

**Figura 19.** Muestra 1



- **Muestra 2 (Mayor cantidad de glicerina y aceite de coco)**

La muestra presenta una textura aún más líquida que la Muestra 1. Su superficie es sensible al tacto, por lo que no mantiene su forma ante la deformación o alteración externa. Al pasar el dedo por la superficie, muestra una gran viscosidad, quedándose adherida. Presenta elasticidad, pues al elevar el dedo, la muestra se mantiene adherida.

**Figura 20.** *Muestra 2*



- **Muestra 3 (Cantidades iguales de alginato de sodio y glicerina)**

La muestra se ve seca, con una superficie opaca. Su superficie no se deforma por la alteración de una fuerza externa, sin embargo, no es posible desmoldar, pues no presenta una consistencia lo suficientemente firme. No se adhiere a los dedos.

**Figura 21.** *Muestra 3*



- **Muestra 4 (Cantidades iguales de alginato de sodio y aceite)**

La muestra se ve ligeramente más húmeda que la muestra 3, con una superficie brillante. Su superficie no se deforma por la alteración de una fuerza externa, sin embargo, no es posible desmoldar, pues no presenta una consistencia lo suficientemente firme. No se adhiere a los dedos.

**Figura 22.** *Muestra 4*



- **Muestra 5 (Cantidades iguales de todos los componentes)**

La muestra ligeramente más húmeda que la Muestra 3, con una superficie brillante. Su superficie se deforma parcialmente por la alteración de una fuerza externa. No se adhiere a los dedos.

**Figura 23.** *Muestra 5*



- **Muestra 6 (Doble de las cantidades recomendadas por el Fab Lab de Barcelona)**

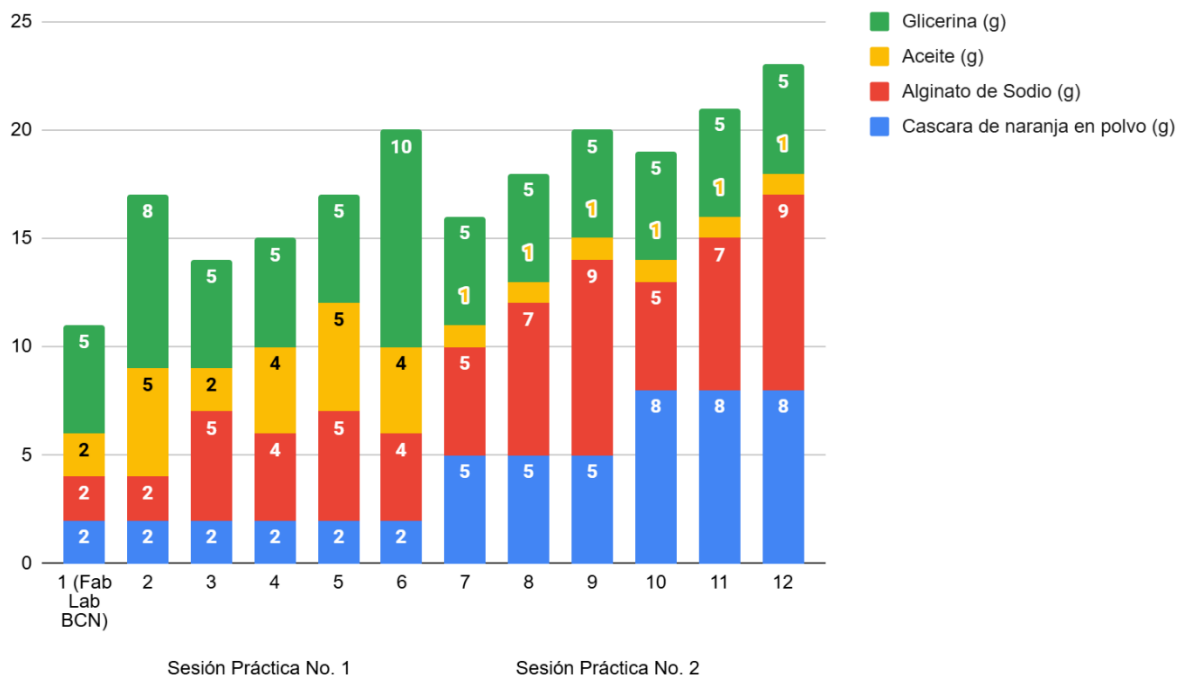
La muestra se ve viscosa, con una superficie brillante. Su superficie se deforma con facilidad ante el movimiento por una fuerza externa. Presenta una ligera adherencia a los dedos al someterse al tacto. Tiene características similares a las Muestras 1 y 2.

**Figura 24.** *Muestra 6*



En función de los resultados obtenidos durante la sesión número 1, se replantean las proporciones utilizadas para la sesión número dos, incrementando las cantidades de alginato de sodio y cascara de naranja, mientras que se establece que las cantidades de glicerina y aceite de coco sean menores, y estén estandarizadas para las 6 muestras, pues las primeras 6 muestras de la sesión 1, presentaban una sensación grasosa, poca firmeza y un brillo elevado, características que se buscan corregir en esta segunda sesión práctica. Cabe resaltar, que las proporciones de agua y cloruro de calcio son iguales, de 33g y 7g, respectivamente. Los cambios en las proporciones se muestran a continuación.

**Figura 25.** *Cantidades de los compuestos utilizados en las sesiones prácticas*



Durante la sesión se evidencio un comportamiento distintivo, en comparación a lo evidenciado durante la primera sesión, en las muestras, las cuales se presentaron más sólidas y moldeables desde el momento de incorporación del alginato de sodio y el cloruro de calcio. Los evidenciado durante la muestra se presenta en la tabla.

Tabla 6 Sesión práctica No 2. Comportamiento de las muestras durante el laboratorio

MUESTRA	OBSERVACIÓN	RESULTADO DEL LABORATORIO
7	La muestra inicia el proceso de solificación luego de 30 segundos.	Una muestra con textura blanda. Presenta brillo superficial y humedad. Se adhiere a la superficie del rodillo.
8	La muestra inicia el proceso de solificación luego de 30 segundos.	Presenta menor brillo y humedad que la muestra 7. Se adhiere ligeramente a la superficie del rodillo.
9	La muestra inicia el proceso de solificación luego de 30 segundos.	Presenta una superficie brillante, pero más opaca que las muestras 7 y 8. Al moldear no se adhiere a la superficie del rodillo, Presenta una consistencia más sólida.
10	La muestra inicia el proceso de solidificación de inmediato.	Presenta una gran humedad y adherencia tanto a las manos como al rodillo. Presenta menor consistencia que las muestras 8 y 9.
11	La muestra inicia el proceso de solidificación de inmediato.	Presenta un brillo ligero. Se adhiere parcialmente a las superficies, sin embargo, esto es inferior a la prueba 10.
12	La muestra inicia el proceso de solidificación de inmediato.	Una muestra completamente opaca, se evidencia una humedad muy baja. Es la muestra con mayor consistencia. No se adhiere para nada a las superficies, e incluso, es más difícil su moldeado en comparación con las muestras anteriores.

Luego del periodo de secado, las muestras presentan características más satisfactorias que las que resultan de la primera práctica, con una mayor rigidez, opacidad y flexibilidad.

- **Muestra 7**

La muestra 7 presenta una textura sólida luego del periodo de secado. Su superficie es rugosa, sin embargo, al tacto deja una película húmeda, presenta un poco de brillo. Al ejercer presión, la muestra cede, sin embargo, no se deforma ni se rompe.

**Figura 25. Muestra 7**



- **Muestra 8**

Al hacer presión la muestra cede, pero tiende a reponer su tamaño, la muestra es color café oscuro y presenta brillo un brillo bajo. Al tacto se siente un poco rugosa pero no es abrasivo, en los bordes se desmorona un poco, Al tacto deja cierto residuo húmedo, pero es leve.

**Figura 26. Muestra 8**



- **Muestra 9**

Al hacer presión la muestra cede, pero regresa a su tamaño poco a poco la muestra es más clara que las 12, 11 y 10 es más amarilla que café, presenta un ligero brillo, la muestra es más Lisa, no presenta casi ondulaciones, pero aún se sienten esas cámaras de aire de las burbujas que tenía Al

salir del horno; Al tacto se alcanzan a sentir grumos, pero no llega a ser rasposa, se alcanza a sentir un poco de humedad pero es muy ligera.

**Figura 27.** *Muestra 9*



- **Muestra 10**

Al hacerle presión se deforma, el material cede mucho aunque no llega a romperse o a deshacerse; la muestra es más oscura y se percibo brillo más o menos en un 40%; en las partes donde la muestra es más delgada tiende a agrietarse; la muestra no es Lisa, se alcanzan a ver ondulaciones y Al tacto se alcanzan a sentir grumos pequeños; en la parte donde tiene un Corte la muestra se desmorona y Al tacto deja humedad como más aceitoso es ligero pero deja la sensación en la mano.

**Figura 28.** *Muestra 10*



- **Muestra 11**

Al hacerle presión no pierde su forma como tal pero sí cede un poco el material, es muy ligero, pero se siente; a simple vista también se ven los trozos de naranja y se percibe más rugosidad que en la muestra 12 pero no es abrasivo; la muestra es opaca y un poco más oscura que la muestra 12, no presenta brillo; al tacto deja cierta sensación humedad un poco más alta que la muestra 12 pero no es molesto. En uno de los cortes si se pasa la Mano sin hacer mucha fuerza sí se desmorona un poco.

**Figura 29.** *Muestra 11*



- **Muestra 12**

Al hacerle presión mantiene su forma, a pesar de que a simple vista se ven los trozos de naranja al tacto no se siente una rugosidad muy Baja, la muestra es opaca pero no llega a ser marrón oscuro, no presenta brillo; al tacto deja cierta sensación humedad pero es muy, muy Baja, se siente casi seco.

**Figura 30.** *Muestra 12*



### **9.3. Propiedades estructurales y funcionales del textil**

Para analizar las propiedades biomecánicas del textil, se realizan todas las 6 pruebas planteadas con las 12 muestras obtenidas de las dos sesiones prácticas. Las muestras 1, 2 y 6, por sus características de líquido viscoso, no son aptas para llevar a cabo las pruebas, por tanto, se establece que no es posible determinar un resultado, clasificando estas muestras como los resultados menos viables para la aplicación en la industria textil, por sus cualidades incompatibles con las de un biomaterial óptimo para su uso en la vida cotidiana.

Los resultados de las pruebas 1 y 6 presentan características similares pasado el periodo de secado en el horno, esto debido a que ambas tienen la misma proporcionalidad de los componentes de alginato de sodio, aceite, y glicerina. Sin embargo, luego del periodo a condiciones ambiente, la prueba 6 presenta una mejor solidificación, aunque no es del todo fácil de desmoldar, esto debido a que tiene una mayor cantidad de alginato de sodio y glicerina. La prueba dos también presenta una viscosidad superior a la prueba 1, también relacionado a la mayor cantidad de alginato de sodio.

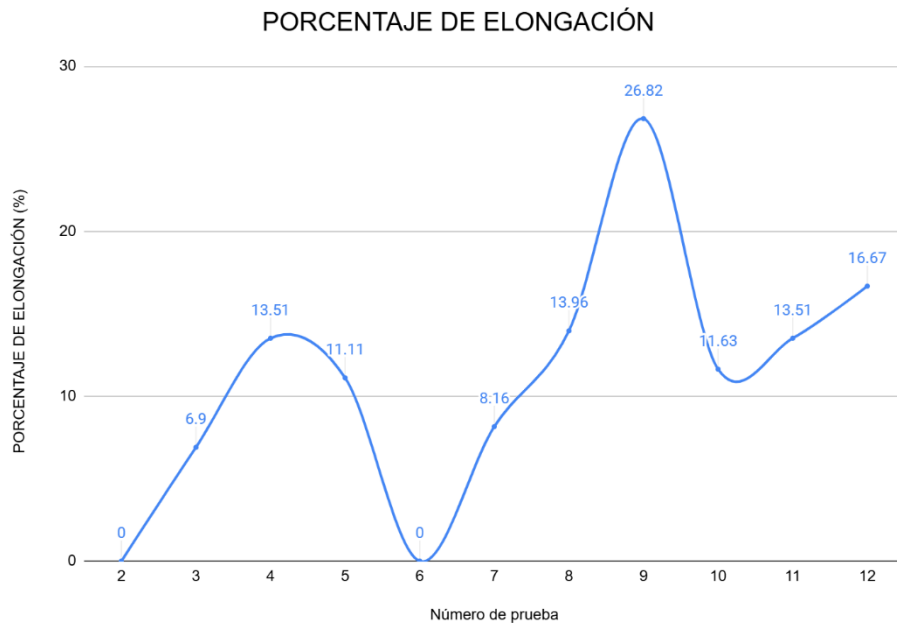
### 9.3.1. Elongación

Tabla 7 Resultados de la prueba de elongación

<b>PRUEBA DE ELONGACIÓN</b>				
<b>PRUEBA</b>	<b>LONGITUD INICIAL (CM)</b>	<b>LONGITUD FINAL (CM)</b>	<b>PORCENTAJE DE ELONGACIÓN</b>	<b>COMENTARIOS</b>
1	NO ES POSIBLE DETERMINAR			
2	NO ES POSIBLE DETERMINAR			
3	2,9	3,1	6,90	MENOS FIBRA (2GR)
4	3,7	4,2	13,51	Pese a que tiene una baja proporción de fibra, tiene buena cantidad de alginato.
5	3,15	3,5	11,11	El aceite puede influir negativamente en la consistencia
6	NO ES POSIBLE DETERMINAR			
7	4,9	5,3	8,16	El porcentaje de elongación crece en función de la cantidad de alginato de sodio
8	4,3	4,9	13,95	
9	4,4	5,58	26,82	
10	4,3	4,8	11,63	Decrece el porcentaje de elongación, esto debido a que la fibra de la cascara de naranja reduce estas propiedades
11	3,7	4,2	13,51	
12	4,8	5,6	16,67	

La variabilidad del comportamiento de la elongación, en función del número de muestra, se evidencia en la siguiente gráfica, donde podemos destacar el rendimiento de la prueba 9.

**Figura 26. Resultados de la prueba de elongación**



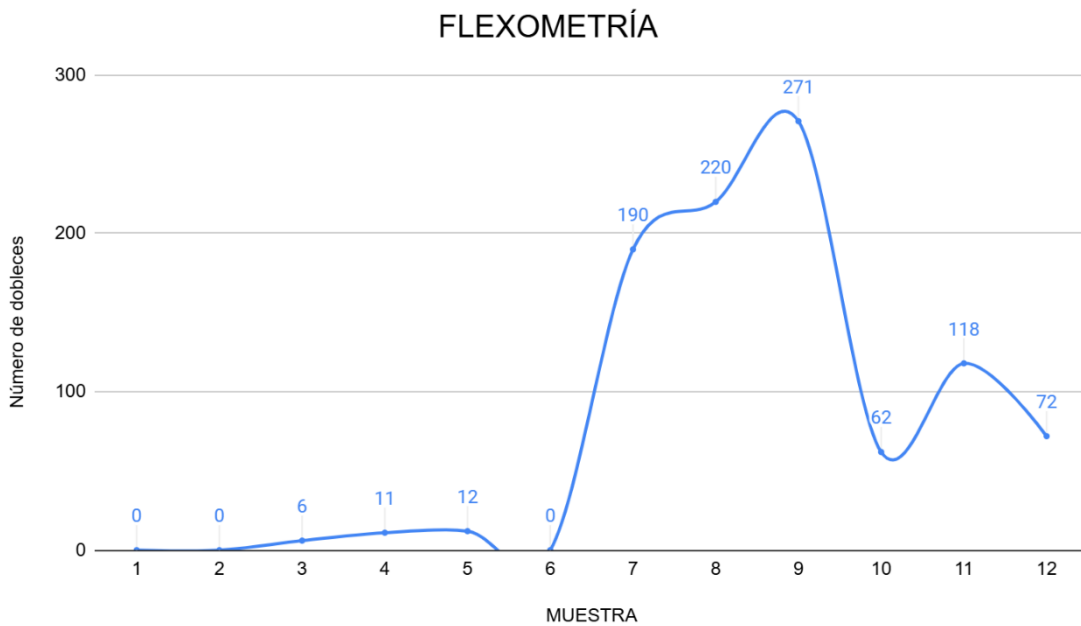
### 9.3.2. Flexometría

*Tabla 8 Resultados de la flexometría*

<b>FLEXOMETRÍA</b>		
<b>PRUEBA</b>	<b>NÚMERO DE GRIETA</b>	<b>NÚMERO DE RUPTURA</b>
1	NO ES POSIBLE DETERMINAR	
2	NO ES POSIBLE DETERMINAR	
3	4	6
4	8	11
5	10	12
6	NO ES POSIBLE DETERMINAR	
7	80	190
8	50	220
9	60	271
10	40	62
11	70	118
12	57	72

El análisis general de la tabla de resultados de flexometría revela que las pruebas 7, 8 y 9 presentan un desempeño significativamente superior en comparación con las demás. Estas pruebas destacan por su capacidad para soportar esfuerzos de flexión repetitivos, evidenciando una resistencia estructural sobresaliente que las posiciona como las más prometedoras dentro del conjunto de datos evaluados. Lo anterior, se evidencia en la figura

**Figura 27.** Resultados de la prueba de flexometría



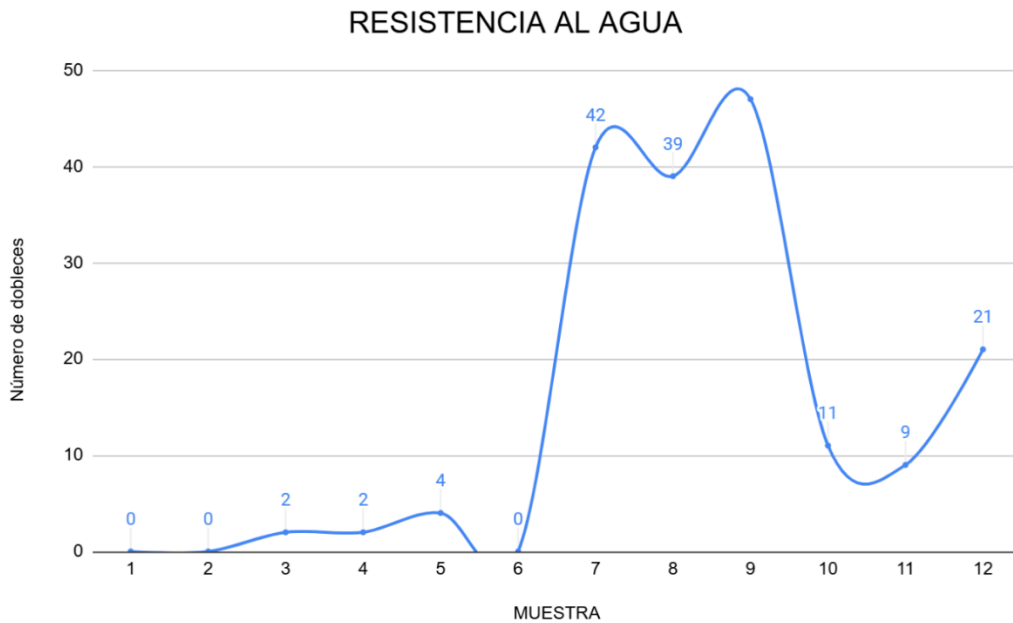
### 9.3.3. Resistencia al agua

Tabla 9 Resultados de la prueba de resistencia al agua

RESISTENCIA AL AGUA		
PRUEBA	NÚMERO DE GRIETA	NÚMERO DE RUPTURA
1	NO ES POSIBLE DETERMINAR	
2	NO ES POSIBLE DETERMINAR	
3	1	2
4	1	2
5	3	4
6	NO ES POSIBLE DETERMINAR	
7	28	42
8	16	39
9	30	47
10	7	11
11	4	9
12	6	21

En los resultados de resistencia al agua evidencia que las pruebas 7 y 9 presentan el mejor desempeño en comparación con las demás, destacándose por su capacidad para soportar condiciones de exposición al agua con una menor degradación estructural. El comportamiento de las muestras se evidencia en la figura.

**Figura 28.** Resultados de la prueba de resistencia al agua



La prueba 7 muestra 28 grietas y 42 rupturas, cifras que reflejan una resistencia notable frente a la formación de grietas y una durabilidad aceptable antes de la ruptura completa del material. Este resultado evidencia que el material puede soportar una exposición significativa al agua antes de fallar.

La prueba 9, con 30 grietas y 47 rupturas, se posiciona como la más resistente. Aunque el número de grietas es ligeramente superior al de la prueba 7, el mayor número de rupturas sugiere que este material tiene una mayor capacidad para mantener su integridad estructural bajo esfuerzos prolongados derivados de la exposición al agua.

### 9.3. 4 Densidad Aparente

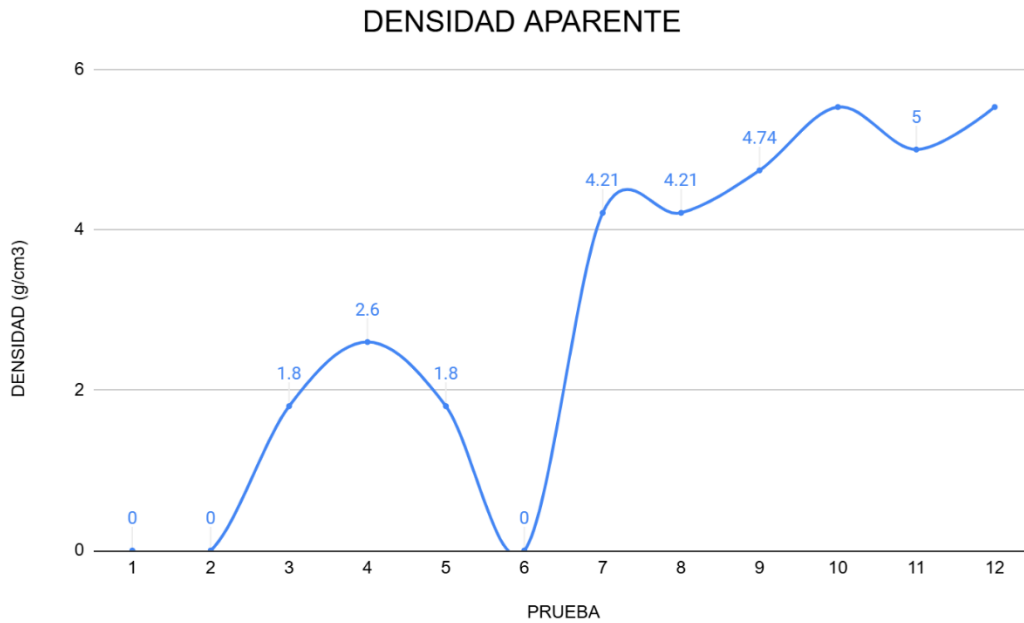
El dato de la densidad aparente de las muestras se asocia a los comportamientos anteriormente registrados.

*Tabla 10. Densidad aparente*

<b>DENSIDAD APARENTE</b>	
<b>PRUEBA</b>	<b>DENSIDAD (g/cm<sup>3</sup>)</b>
1	No es posible determinar
2	No es posible determinar
3	1,8
4	2,6
5	1,8
6	No es posible determinar
7	4,21
8	4,21
9	4,74
10	5,53
11	5,00
12	5,53

Se puede ver entre las muestras 3 y 5, una densidad baja en comparación con el resto de las muestras, lo cual se asocia con los resultados con menor deficiencia en las pruebas biomecánicas. Por otro lado, entre las muestras 7 y 9, el incremento en la densidad aparente es evidente, sin embargo, es menor al registrado a el de las muestras de la 10 a la 12. El crecimiento constante de la densidad se asocia a las cantidades utilizadas, especialmente, de cascara de naranja, que fue superior en las últimas 3 pruebas. Sin embargo, una densidad elevada puede implicar un menor rendimiento en cuanto a elongación, flexometría y resistencia al agua.

**Figura 28.** Resultados del cálculo de densidad aparente



### 9.3.4. Biodegradabilidad

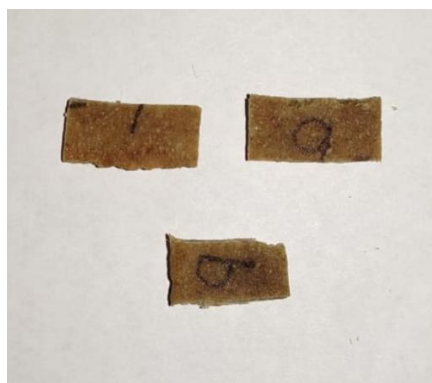
Se realizan pruebas de biodegradabilidad para la muestra que obtuvo mejor rendimiento en las pruebas biomecánicas y de resultado visual y de tacto, por tanto, se evalúan las propiedades de biodegradabilidad de la muestra 9.

Tabla 11. Prueba de biodegradabilidad, muestra 9

MUESTRA #	Prueba en Tierra	Prueba en Agua	Prueba en Salmuera
<b>Fecha de inicio</b>	<b>24 de noviembre, 2024</b>		
Tamaño			
Consistencia	Firme, maleable. Tacto aceitoso		
Color de la muestra	Color miel, con brillo superficial		
Grosor			
<b>Fecha de fin</b>	<b>1 de noviembre, 2024</b>		
Tamaño	1,2 cm x 1,7 cm	No se puede determinar	No se puede determinar
Consistencia	Frágil, suave al tacto	Grumosa, hinchada. Grumos muy pequeños, difícil de percibir	Grumosa, hinchada. Grumos de mediano tamaño, fáciles de percibir en la solución.
Color de la muestra	Café. Mate	Arena	Arena
Grosor	<1mm	No se puede determinar	No se puede determinar

La muestra presenta una alta biodegradabilidad en condiciones ambientales, ante la exposición de tierra, agua y salmuera, mostrando una degradación casi completa.

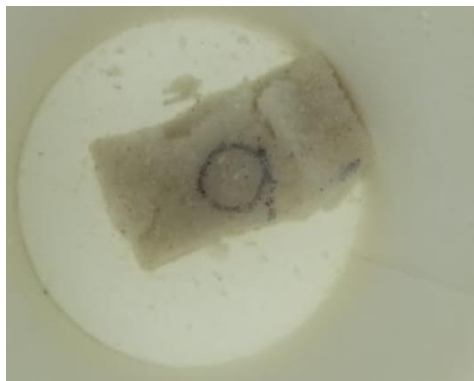
**Figura 29.** Muestra antes de la prueba de biodegradabilidad



**Figura 30.** *Muestra después la exposición a condiciones de tierra*



**Figura 31.** *Muestra después la exposición a condiciones de agua*



**Figura 33.** *Muestra después la exposición a condiciones de salmuera*



## 10. ANÁLISIS DE COSTOS

Para analizar los costos que generaría la implementación a nivel industrial del proyecto, se determina una inflación de 9,23% al realizar un promedio de la inflación en Colombia de los últimos años, periodo correspondiente desde el año 2019 al año 2024. Para la realización del análisis se realizan los cálculos según una producción diaria de 15 m<sup>2</sup>, por lo cual es necesario el uso de un horno para realizar el proceso de producción, el alquiler de una bodega de 86m<sup>2</sup> en el sector de Zona Industrial de la ciudad de Bogotá, debido a la cercanía del punto de recolección de las cáscaras de naranja y disponibilidad del local, además de la compra una minivan con el fin de lograr transportar las cáscaras de naranja.

**Tabla 6.** Costos de materia prima

	Cantidad para 1m <sup>2</sup> de textil (g)	Precio 1m <sup>2</sup>	Precio 15m <sup>2</sup>
cloruro de calcio	91	\$ 9.100	\$ 136.500
alginato de sodio	117	\$ 7.866	\$ 117.983
agua destilada	429	\$ 1.073	\$ 16.088
glicerina	65	\$ 878	\$ 13.163
aceite de coco	13	\$ 271	\$ 4.061
<b>TOTAL DIARIO</b>	715	\$ 19.186	\$ 287.794
<b>TOTAL MENSUAL</b>	-	\$ 383.726	\$ 5.755.885

La información de costos de las materias primas se obtuvo de la cotización realizada en la empresa Quimiforen s.a.s en año 2024, en base a estos costos se llevaron a un análisis de producción diaria de 15 m<sup>2</sup> de textil.

*Tabla 7. Costos mensuales de mano de obra por profesión*

<b>PROFESIÓN</b>	<b>PERSONAL</b>	<b>VALOR</b>
Ingeniero químico	1	\$ 3.833.968,50
Ingeniero ambiental	2	\$ 7.759.938,00
Operario	4	\$ 5.848.000,00
Contador	1	\$ 1.300.000,00
Marketing	1	\$ 6.342.631,50
Administrador empresas	1	\$ 5.642.473,00
Ventas	1	\$ 2.728.256,00

Los datos del salario para cada una de las profesiones se tomaron en base a un promedio realizado de los rangos de datos del salario mensual que ofrece el ministerio de trabajo para el año 2024 en su catálogo de ocupaciones “Ocupacol”

*Tabla 8. Costos Fijos sin depreciación anual*

<b>Costos fijos</b>	<b>Costo</b>
Horno inoxpro	\$ 19.000.000
Moldes x30	\$ 2.400.000
Vehiculo tipo van	\$ 70.000.000

Tabla 9. Costos Fijos y Variables mensuales

Costos iniciales	Valor
Horno Inoxpro	\$ 19.000.000
Moldes x30	\$ 2.400.000
Vehículo tipo van	\$ 70.000.000
Costos Fijos	Mensual
Arriendo de bodega 86m2	\$ 8.000.000
Mano de obra	\$ 33.455.267
Servicios públicos	\$ 2.095.500
Combustible	\$ 40.031
Seguros obligatorios vehículo	\$ 91.833
Mantenimiento de maquinaria	\$ 126.667
Costos Variables	Mensual
Materia prima	\$ 5.755.885
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 49.565.183</b>

Tabla 10. Costos Fijos y Variables con proyección anual

Costos iniciales	Valor				
Horno Inoxpro	\$ 19.000.000				
Moldes x30	\$ 2.400.000				
Vehículo tipo van	\$ 70.000.000				
Costos Fijos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Arriendo de bodega 86m2	\$ 96.000.000	\$ 104.928.000	\$ 114.686.304	\$ 125.352.130	\$ 137.009.878
Mano de obra	\$ 401.463.204	\$ 438.799.282	\$ 479.607.615	\$ 524.211.123	\$ 572.962.758
Servicios públicos	\$ 25.146.000	\$ 27.484.578	\$ 30.040.644	\$ 32.834.424	\$ 35.888.025
Combustible	\$ 480.369	\$ 525.043	\$ 573.872	\$ 627.242	\$ 685.576
Seguros obligatorios vehículo	\$ 1.102.000	\$ 1.204.486	\$ 1.316.503	\$ 1.438.938	\$ 1.572.759
Mantenimiento de maquinaria	\$ 1.520.000	\$ 1.661.360	\$ 1.815.866	\$ 1.984.742	\$ 2.169.323
Costos Variables	Año 1	Año 2	Año 3	Año 3	Año 5
Materia prima	\$ 69.070.620	\$ 75.445.838	\$ 82.409.489	\$ 90.015.885	\$ 98.324.351
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 594.782.193</b>	<b>\$ 650.048.587</b>	<b>\$ 710.450.294</b>	<b>\$ 776.464.484</b>	<b>\$ 848.612.670</b>

## 11. CONCLUSIONES

La viabilidad de la recolección de cáscaras de naranja en el Parque Metropolitano Simón Bolívar se ve favorecida por diversos factores clave, entre los que destaca la disposición de los vendedores a colaborar en el proceso, así como la regularidad y eficiencia en la recolección desde los puntos de venta. Esta dinámica garantiza un suministro constante y sostenido de material, lo que contribuye significativamente a la reducción de costos operativos y logísticos asociados al proyecto. Además, el apoyo activo de la comunidad y su trayectoria de venta en el punto, tanto en términos de participación como de conciencia ambiental, fortalece el impacto y la efectividad del proyecto, permitiendo su escalabilidad y sostenibilidad a largo plazo, como una estrategia de implementación de sistemas de economía circular en la ciudad de Bogotá.

En la realización de la obtención de un textil tipo cuero a base de cáscaras de naranja después de la realización de 12 muestras con variación en su composición y posterior análisis de las propiedades biomecánicas se determina que las muestras con mejor rendimiento son la 9 y la 8, las cuales tienen mayor porcentaje de alginato de sodio en comparación al resto de su composición teniendo el mismo porcentaje de cáscara de naranja y de glicerina, presentando una estructura resistente, con un rendimiento adecuado en cuanto a flexibilidad y elongación. Mientras que aquellas con rendimiento más bajo son las muestras 1, 2 y 6, las cuales comparten el hecho de que en su composición hay mayor porcentaje de glicerina, la cual aporta flexibilidad en las muestras, pero al tener mayor porcentaje hace que se genere una estructura endeble. A pesar de que se observa que el incremento de cascara de naranja ayuda a tener un material con mejor estructura se debe tener un equilibrio con los demás componentes debido a que aquellas muestras con mayor porcentaje de cáscara presentaban grietas y al tacto se desprendían pequeños trozos del material.

Como resultado del proyecto, el reconocimiento de la influencia de las proporciones es de sus componentes, las características físicas y mecánicas que obtienen cada una, y su capacidad de biodegradabilidad, resulta útil para el estudio relacionado a la elaboración de biotextiles como una solución alternativa de valorización de residuos sólidos orgánicos, y propuesta de cierre para ciclos de economía circular. El cuero vegano, resulta un material controversial dentro de la industria de la moda, pues se sigue incursionando en nuevos métodos de obtención de este producto, en búsqueda de un resultado lo más viable para su aplicación en prendas de vestir que resistan el ritmo de la cotidianidad, es por esto que, este proyecto, propone nuevos métodos y estudia los resultados obtenidos que si bien no llegan en su totalidad a cumplir con las características del cuero animal, si representa un paso para el estudio de la elaboración de textiles con estas propiedades.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] De Vettori Dorador, D. ., Huarag Guerrero, E. ., Carbajal Pineda, C. X. ., & Riveros Enciso, N. V. . (2022). Los impactos ambientales y jurídicos de la industria textil en el derecho de la moda. *Lumen*, 18(2), 79–91. <https://doi.org/10.33539/lumen.2022.v18n2.2678>
- [2] ONU (2019). Conferencia de la ONU sobre Comercio y Desarrollo. Revisado en: <https://unctad.org/es>
- [3] Greenpeace (2012). Puntadas tóxicas: El oscuro secreto de la moda. Revisado en: <https://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/report/contaminacion/detox.pdf>
- [4] Quintero D. (2022). Aporte a la economía circular de la industria de la moda en Colombia, a partir del análisis de la generación de residuos, usos actuales y posibles alternativas de manejo. [Tesis de pregrado, Universidad de los Andes]. Revisado en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/57cc2d5f-69fe-4c4c-9aef-54c55fa63b59/content>
- [5] Secretaría Distrital de Ambiente. (2021). Inventario de Gases de Efecto Invernadero ‘ INGEL. Revisado en: <https://www.ambientebogota.gov.co/inventario-de-gases-de-efecto-invernadero-ingei>
- [6] Mendez, A, Marzo, M & Pedraja, M. (2022). Participación ciudadana en sistemas de economía circular de residuos textiles Una primera aproximación. Revisado en: <https://turia.uv.es/index.php/ciriecespana/article/view/18274/21666>
- [7] Barreiro, A. (2008). La moda rápida: La última transformación del sistema de la moda. Revisado en: <https://associacaoportuguesasociologia.pt/vicongresso/pdfs/545.pdf>
- [8] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1998). Comité de problemas de productos básicos. Sexta reunión. Revisado en: <https://www.fao.org/unfao/Bodies/CCP/hs/98/w9790s.htm>
- [9] El impacto ambiental y social de la industria textil. (2023, mayo 20). Ecozap. <https://ecozap.es/moda-etica-sostenible/el-impacto-ambiental-y-social-de-la-industria-textil/>

- [10] Giraldo Ocampo, O. D. J., Sánchez Hincapié, P. A., & Arteaga Rojas, Y. P. (2023). Factores contaminantes declarados por las empresas textiles en Medellín. <https://dspace.tdea.edu.co/handle/tdea/4670>
- [11] Armario Sostenible Eco amigable. Jaimes, F. (2023). Armario Sostenible Eco amigable [Documento de trabajo, Universidad EAN]. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10882/13172>.
- [12] Ramírez, J. C. (2023). Tratamiento de aguas residuales y problemáticas ambientales del sector textil en Colombia: una revisión. *Informador técnico*, 87(1), 82-106. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8901951>
- [13] Quintero Castro, D. (2022). Aporte a la economía circular de la industria de la moda en Colombia, a partir del análisis de la generación de residuos, usos actuales y posibles alternativas de manejo. Universidad de los Andes. Disponible en: <http://hdl.handle.net/1992/57721>
- [14] Muñoz Valera, S. (2020). La ecologización de la industria de la moda: actores y procesos. *Anduli: Revista Andaluza de Ciencias Sociales*, 19, 199-223. [second-hand-la-solucion-para-disminuir-el-impacto-ambiental-que-genera-la-industria-de-la-moda-asi-funciona-en-colombia/202335/](https://doi.org/10.11578/anduli.19.199-223)
- [15] Álvarez, C., & Rodríguez, J. (2023). Valorización de residuos en la industria de la moda. *Sustainability and Fashion*, 8. *Sustainable Design Journal*. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/SDF-06-2023-0014/full/html>
- [16] Gómez, C., & Ortiz, M. (2023). Tendencias de moda sostenible en Colombia. *Moda Circular Magazine*, 10. *Moda Circular*. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/MC-08-2023-0024/full/html>
- [17] Maliha, M., Moktadir, M. A., Bag, S., & Stefanakis, A. I. (2023). Circular economy practices in the leather products industry toward waste valorization: An approach of sustainable environmental management. *Benchmarking: An International Journal*, 12. *Emerald Insight*. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/BSA-02-2023-0058/full/html>
- [18] Moreno, C. (2022). Colombia's move toward a circular fashion economy. *Circular Design Research*, 14. *ResearchGate*. [https://www.researchgate.net/publication/368929531\\_Colombia's\\_Move\\_Toward\\_a\\_Circular\\_Fashion\\_Economy](https://www.researchgate.net/publication/368929531_Colombia's_Move_Toward_a_Circular_Fashion_Economy)

- [19] Piłaszewicz, P. (2022). Fashioning the future: Sustainable fashion's role in a circular economy. *Journal of Textile Science & Fashion Technology*, 5. Open Access. <https://www.mdpi.com/2571-9056/5/3/36>
- [20] Politecnico di Milano. (2022). Biobased innovation as a fashion and textile design must: A European perspective. *Sustainability*, 3. MDPI. <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/9/5520>
- [21] Williams, J. (2022). Waste to wear: Sustainable solutions in fashion. *Journal of Sustainable Development*, 22. JSDev. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Waste-to-Wear-Sustainable-Solutions-in-Fashion.pdf>
- [22] Álvarez, C., & Rodríguez, J. (2023). Valorización de residuos en la industria de la moda. *Sustainability and Fashion*, 8. Sustainable Design Journal.
- [23] Ellen MacArthur Foundation. (2023). Circular economy in the fashion industry.
- [24] Geyer, R., Lindner, J. R., & Wright, A. (2022). Spatial variability of the recycling rate in the European Union: Implications for the circular economy. *Resources, Conservation & Recycling*, 186.
- [25] Maliha, M., Moktadir, M. A., Bag, S., & Stefanakis, A. I. (2023). Circular economy practices in the leather products industry toward waste valorization: an approach of sustainable environmental management. *Benchmarking: An International Journal*, p. 12. (Emerald).
- [26] Cornejo, C & Machado, G. (2017). Diseño y construcción de un reactor BATCH prototipo para la obtención de compost con residuos orgánicos generados en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6943/1/96T00392.pdf>
- [27] Alvarado, L & Hernandez, S. (2018). Revisión de alternativas sostenibles para el aprovechamiento del orujo de naranja. (Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales). Recuperado de: <https://revistas.sena.edu.co/index.php/recia/article/view/1393/1903#info>
- [28] Salamanca, V. (2022). Simón Bolívar, primer parque urbano en Latinoamérica declarado carbono cero. Recuperado de: <https://www.eltiempo.com/mas-contenido/simon-bolivar-primer-parque-urbano-en-latinoamerica-declarado-carbono-cero-720835#:~:text=La%20labor%20arroj%C3%B3%20que%2C%20por,y%20hasta%20excremento s%20de%20perro.>

- [29] Instituto Distrital de Recreación y Deporte. (2022). El Simón Bolívar será el primer parque Carbono Neutro de América Latina. Recuperado de: <https://www.idrd.gov.co/noticias/el-simon-bolivar-sera-el-primer-parque-carbono-neutro-de-america-latina>
- [30] Gutierrez, L. (2022). Bioplástico fabricado con cáscara de naranja. Recuperado de: <https://eccopaper.es/bioplastico-fabricado-con-cascara-de-naranja/>
- [31] Aleman M (2006). ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES Y BIODEGRADABILIDAD DE PLÁSTICOS (CAST-FILMS) ELABORADOS A PARTIR DE CÁSCARA DE NARANJA, PECTINA Y ALCOHOL POLIVINILICO (PVOH) . Revisado en: <http://eprints.uanl.mx/20748/1/1020155242.pdf>
- [32] Centro de materiales (2024). Fibras y textiles Revisado en: [https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/34388/%231\\_Cuero%20Biodegradable%20A%20Base%20De%20Cascara%20De%20Fruta.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/34388/%231_Cuero%20Biodegradable%20A%20Base%20De%20Cascara%20De%20Fruta.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [32] Truoco, J. (1949), La industria del cuero. [Universidad de Buenos Aires]. Revisado en: [http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/download/tesis/1501-0499\\_TrucocoJ.pdf](http://bibliotecadigital.econ.uba.ar/download/tesis/1501-0499_TrucocoJ.pdf)
- [33] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (1998). Comité de problemas de asuntos básicos [Sexta reunión]. Revisado en: <https://www.fao.org/unfao/Bodies/CCP/hs/98/w9790s.htm>
- [34] Vela S. (2024). Transformación de residuos en materia prima. Estudio de nuevos materiales para reducir el impacto medioambiental del cuero: el cuero vegano. [Trabajo de grado, Universidad de Valladolid]. Revisado en: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/68660>
- [35] Bernal, C. (2010). Metodología de la investigación. Pearson Educación (3ra ed, pp. 160 162). Recuperado de: <https://abacoenred.org/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>
- [36] Marín, D., Velazquez, J, et al. (2018). Extracción de pectinas en MICROCIENCIA Investigación, Desarrollo e Innovación (Vol. 7, pp. 28 – 34)
- [37] Puente, A., Puente, C, et al. (2023). Evaluación de las propiedades fisico-mecánicas del cuero tipo vestimenta lavable obtenido por la adición del polímero Zetestan-GF durante el proceso de curtiembre. Polo del conocimiento (85 ed., Vol. 8, No 10, pp. 1105-1117)

[38] Prieto, J., Romero, J., Villamil, N. (2024). OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE SAGÚ (CANNA ENDULIS KER) CON REFUERZO DEL RESIDUO DE OREJERO (ENTEROLOBIUM CYCLOCARPUM) (Trabajo de Grado, Pregrado). Recuperado de: <https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/a09da6dd-df59-4394-9b80-b89a39564723/content>

[39] Artega et al. (2020). Obtención de un material biopolímero a partir de alginato de sodio como recubrimiento de bananos para su conservación. Revisado en: <https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/7b0362ef-270f-4cb4-b1e7-2517cc778350/content#:~:text=uno%20de%20los%20polisac%c3%a1ridos%20usados,retener%20agua%20o%20ser%20adsorbente.>

[40] FAO (2003). A guide to the seaweed industry. Revisado en: <https://www.fao.org/4/y4765e/y4765e08.htm>

[41] J. Yus (2021). Plástico biodegradable – Ingenia materiales. Universidad Politécnica de Madrid. Revisado en: [https://polired.upm.es/index.php/ingenia\\_materiales/article/download/4937/5135](https://polired.upm.es/index.php/ingenia_materiales/article/download/4937/5135)

[42] ICONTEC (2010). NTC-ISO 5403:2010: Cuero. Ensayos físicos y mecánicos. Determinación de la resistencia al agua del cuero flexible. Revisado en: <https://tienda.icontec.org/gp-cuero-ensayos-fisicos-y-mecanicos-determinacion-de-la-resistencia-al-agua-del-cuero-flexible-ntc-iso5403-2010.html>

[43] ICONTEC (2006). NTC-ISO 3377-2:2006 Cuero. Ensayos físicos y mecánicos. Determinación de la resistencia al desgarre. Parte 2: Desgarre doble. <https://tienda.icontec.org/gp-cuero-ensayos-fisicos-y-mecanicos-determinacion-de-la-resistencia-al-desgarre-parte-2-desgarre-doble-ntc-iso3377-2-2006.html>

[44] Vela Bolado, S. (2024). Transformación de residuos en materia prima. Estudio de nuevos materiales para reducir el impacto medioambiental del cuero: el cuero vegano. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/68660>

[45] Y. Ortega (2005). Prueba de impacto: ensayo Charpy. Revisado en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmfe/v52n1/v52n1a8.pdf>

- [46] Fab Lab Barcelona. (2019). Coffee BIO-Leather Bag. Recuperado de: <http://fabtextiles.org/coffee-leather-bag/>
- [47] Ministerio de trabajo de Colombia s.f. Ocupacol. Revisado en: <https://ocupacol.mintrabajo.gov.co/>
- [48] Consejo de Bogotá. (2022). El manejo de los residuos sólidos en Bogotá, una enajenación que persiste vía servicios públicos – caso residuos orgánicos. Recuperado de: <https://concejodebogota.gov.co/el-manejo-de-los-residuos-solidos-en-bogota-una-enajenacion-que/cbogota/2023-03-10/171701.php>
- [49] Malaver, J. (2024). Reciclaje, el primer paso responsable para aprovechar la basura que generamos. Alcaldía de Bogotá. Recuperado de: <https://bogota.gov.co/yo-participo/blogs/basura-en-bogota-una-responsabilidad-de-todos-los-ciudadanos>
- [50] EUROLAB. (2023). EN ISO 5404 Cuero, métodos de prueba físicos, prueba estándar para la determinación de la resistencia al agua de cueros pesados. Recuperado de: <https://www.laboratuar.com/es/testler/urun-guvenligi-testleri/en-iso-5404-deri-fiziksel-test-yontemleri-agir-derilerin-su-direncinin-belirlenmesi-icin-standart-test/>