

**MODIFICACIÓN SUPERFICIAL DE UN TEXTIL DE ALGODÓN  
RECICLADO A PARTIR DEL USO DE ALMIDÓN DE YUCA O PAPA**

**MARIA JOSÉ CARVAJAL MARÍN  
MARIA CAMILA HOYOS MEJIA  
JOSÉ ASael HENAO SOTO**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE ARQUITECTURA Y DISEÑO  
FACULTAD DE DISEÑO INDUSTRIAL  
PROGRAMA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
MEDELLÍN  
2023**

# MODIFICACIÓN SUPERFICIAL DE UN TEXTIL DE ALGODÓN RECICLADO A PARTIR DEL USO DE ALMIDÓN DE YUCA O PAPA

MARIA JOSÉ CARVAJAL MARÍN  
MARIA CAMILA HOYOS MEJIA  
JOSÉ ASael HENAO SOTO

Trabajo de grado para optar al título de Diseñador Industrial

Asesores

PAULA ANDREA CHACÓN CIFUENTES  
Ingeniera de Diseño de Producto

ALEJANDRO ALBERTO ZULETA GIL  
Ingeniero de Materiales

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE ARQUITECTURA Y DISEÑO  
FACULTAD DE DISEÑO INDUSTRIAL  
PROGRAMA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
MEDELLÍN  
2023

# Modificación superficial de un textil de algodón reciclado a partir del uso de almidón de yuca o papa

Maria José Carvajal Marín, Maria Camila Hoyos Mejía, José Asael Henao Soto

Facultad de Diseño Industrial, Universidad Pontificia Bolivariana, Sede Medellín, Circular 1 N° 70-01, Medellín, Colombia

## Resumen

El presente artículo expone los hallazgos de un acercamiento a un ejercicio experimental que tuvo como finalidad aumentar las propiedades mecánicas y de permeabilidad del textil de algodón reciclado empleado en la marroquinería y calzado de una empresa local de la ciudad para evitar el uso de elementos sintéticos más contaminantes. Así mismo, evaluó las opciones de varias materias primas para seleccionar el que mejor comportamiento presenta, teniendo como objetivo mejorar las propiedades mecánicas de este textil y usando como materia prima el almidón de yuca o papa, partiendo de la problemática de la contaminación y cuidado del medio ambiente, dando una solución mediante la implementación de materiales ecológicos menos contaminantes. Para esto, se inició con la identificación de estas materias primas, seguida de la formulación de diferentes mezclas utilizando dichos almidones de manera independiente; luego, estas formulaciones se aplicaron al textil de algodón reciclado, para posteriormente llevar a cabo pruebas de permeabilidad al agua y ensayos a la rotura con base a las normas ASTM D3687 y ASTM 3787.

Los resultados revelaron que la combinación de almidón de papa y piedra alumbre logra una reducción significativa del 20% en la absorción de agua por parte del algodón reciclado; además, con respecto a las propiedades mecánicas se evidenció una mejora del 85% con la mezcla del almidón de papa y la caseína ya que fue el tratamiento de mejor resultado, este fortaleció las fibras, mejoró la resistencia al desgaste y mejoró la estabilidad dimensional. Este proceso de acabado permitió aprovechar las propiedades naturales de los materiales para hacer que el textil fuera más duradero y resistente, lo que benefició tanto la sostenibilidad como la funcionalidad del producto.

Palabras clave: Algodón reciclado; Modificación Superficial; Materiales Sostenibles; Almidón.

## 1. Introducción

La investigación que se presenta se desarrolló debido a la problemática que tiene el textil de algodón reciclado usado por la empresa Animalista en los productos de marroquinería y calzado para ser más duradero y resistente con el paso del tiempo sin recurrir al uso de materiales sintéticos, el propósito de este estudio es aprovechar residuos naturales que puedan mejorar las propiedades mecánicas y de permeabilidad del textil. De acuerdo con los datos del Departamento Nacional de Planeación en Colombia los tubérculos reportan desperdicios en sus diferentes eslabones de la cadena alimentaria, estimando que aproximadamente se pierde un 40% de la producción total, desde su producción hasta distribución (DPN, 2016). Según el periódico La República (2017), en la Central Mayorista de Medellín cada día llegan aproximadamente 9.500 toneladas de alimentos, de las cuales 24 toneladas se desperdician o terminan como residuos transformados en abono en una estación ambiental. Por otro lado, en la Central Minorista, el cual es el segundo gran sitio de comercio y distribución de alimentos en Medellín, llegan 600 toneladas de alimentos diarios de los cuales 24 toneladas terminan en los contenedores de basura, siendo las raíces y *los tubérculos el segundo grupo de alimentos que más se desperdician* en estas centrales comerciales de alimentos.

En este contexto de desperdicio de tubérculos, surge una alternativa prometedora: la yuca, que se emplea en la industria textil como agente de encolado. La yuca ofrece excelentes propiedades de carga, adhesividad y formación de película, así como una buena afinidad con otras fibras textiles naturales y una fácil remoción (Beltrán, 2020). Como alternativa para el aprovechamiento de los residuos de tubérculos, se ha utilizado la yuca en la industria textil como agente de encolado, destacándose por su excelente capacidad de carga, adhesión y formación de película, con buena afinidad con otras fibras textiles naturales (Beltrán 2020).

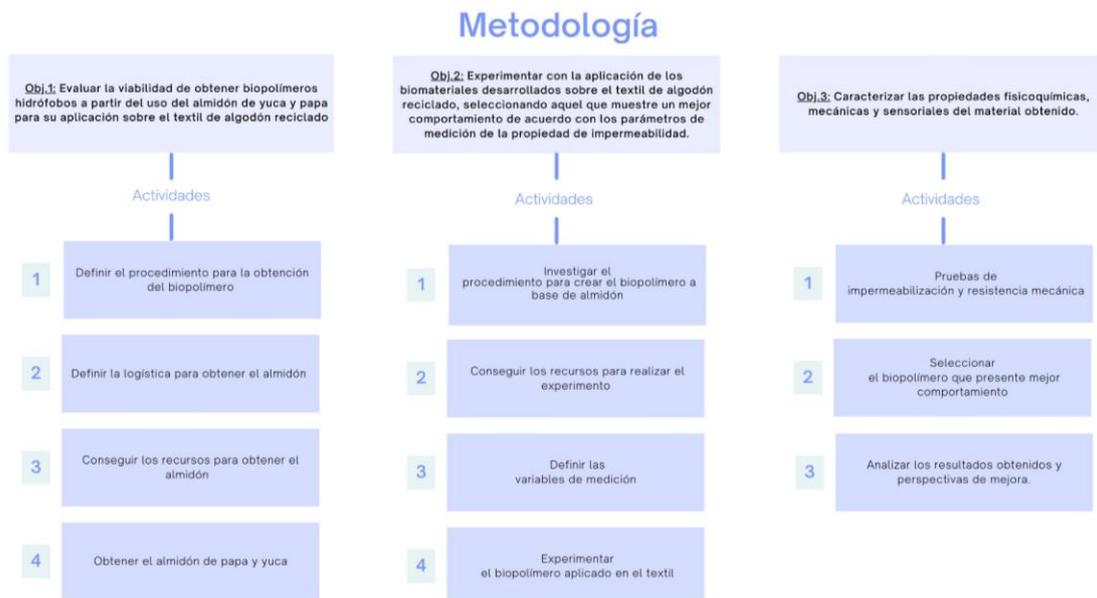
De esta manera se ha estado utilizando el almidón como materia prima para la fabricación de materiales poliméricos biodegradables y como alternativa a los polímeros sintéticos. La Agencia Iberoamericana Para La Difusión De La Ciencia y Tecnología expone el trabajo de investigación de Ruiz, G (2018) Profesora de la Universidad EAFIT de Medellín, quien trabajó con almidón de yuca como alternativa para sustituir progresivamente el uso de los plásticos de un solo uso y bandejas. Este posee propiedades similares a las de los polímeros termoplásticos, cuya maleabilidad es sencilla durante la producción, siendo eficaz para reemplazar el uso de estos. En dicho trabajo se realizaron cuatro mezclas utilizando almidón de yuca, glicerina y agua para formar láminas que posteriormente fueron cortadas y extruidas hasta obtener una película transparente. De esta manera se lograron obtener materiales biodegradables para incrementar la resistencia y fabricar otros empaques y bolsas de basura reemplazando los plásticos convencionales. En otra investigación (Bayetero, 2017) realizada por unos investigadores de la Universidad Técnica del Norte, se trabajó con el almidón de papa para impermeabilizar poliéster y algodón destinados a la mantelería para evitar manchas y suciedades y poder ser removido de manera rápida y eficaz del mantel. En esta investigación se logró la impermeabilización a un 100% en líquidos y un 40% en aceite, obteniendo un mantel suave y liso. Con esto se logra disminuir gastos, tiempo en lavar y planchar, como también aumentar el tiempo de uso de los manteles ya que estos se vuelven más resistentes y duraderos.

Por otro lado, se ha identificado que en la industria de marroquinería y calzado la implementación del algodón reciclado, aunque ayuda a disminuir el impacto ambiental de esta industria, se ha visto limitada debido a sus carencias en cuanto a la impermeabilidad. Dicha propiedad es importante en estos textiles para que el producto sea de fácil aseo y mantenimiento. Sin embargo, hay un vacío de conocimiento sobre la impermeabilización de textiles de algodón reciclado con alternativas que sean sustentables. El almidón de yuca y papa puede aportar a estos productos este factor impermeable para prolongar su ciclo de vida y ofrecer una mayor funcionalidad a los usuarios.

De acuerdo con lo anterior, este trabajo de investigación pretende aprovechar materias primas que pueden ser obtenidas a partir de estos tubérculos que son desechados para evitar estas consecuencias que se generan en las principales plazas de mercado de la ciudad de Medellín, mejorando la impermeabilización del textil de algodón reciclado y contribuyendo a disminuir el impacto ambiental en el sector de marroquinería y calzado. Con base en esto se plantea entonces aplicar un biomaterial hidrófobo para modificar las propiedades de permeabilidad al agua y evaluar el cambio en las propiedades mecánicas del textil de algodón reciclado usado en la industria del calzado y la marroquinería, utilizando como materia prima el almidón de yuca o papa. Para esto se experimentó con la aplicación de los biomateriales desarrollados sobre el textil de algodón reciclado, seleccionando aquel que muestre un mejor comportamiento de acuerdo con los parámetros de medición de la propiedad de impermeabilidad y posteriormente se evaluará el que mejor comportamiento presente para ser seleccionado para realizar pruebas de mecánicas y observar el comportamiento final de las muestras apoyados en el diseño para las transiciones, formar futuros más sostenibles y crear estilos de vida alternativos beneficiosos para la economía y la sociedad.

## 2. Metodología

La investigación tiene un enfoque mixto, ya que, se analizó e integró tanto investigación como cuantitativa con pruebas de medición y cualitativas con todos los datos recopilados en experimentación, observación y demás información abierta que se recogió durante el trabajo de campo. La metodología de la investigación se divide en tres fases cómo se evidencia en la *figura 1*, además se definen actividades para la elaboración de la experimentación de la investigación, en ellas se especifican tiempos, recursos, procedimientos y resultados esperados para cada una de ellas con base a los objetivos específicos de la investigación, se parte de cada uno de estos para el desarrollo de actividades internas, algunas en simultáneo, que permitan llevar a cabo la investigación y realizar toda la experimentación mixta que permita llegar a un resultado como respuesta a la problemática identificada en el inicio.



**Figura 1.** Esquema de la metodología abordada en el trabajo

### 2.1 Obtención de los biopolímeros

Para la obtención del material se consideraron 3 variables: el tiempo, temperatura y el porcentaje en peso de ligante, además se determinaron 2 tiempos distintos para realizar el experimento, 10 y 20 minutos, esto debido a que el punto fusión del almidón es bajo (66 °C) comparado con otros procesos, por lo tanto no requiere de mucho tiempo para alcanzarlo, las temperaturas a trabajar fueron de 40°, 60° y 80°C porque si bien se alcanza el punto de fusión del almidón a los 66 °C , a partir de los 32 °C aproximadamente se comienza con ese proceso de ebullición, por lo tanto se trabajó con la temperatura cuando inicia el proceso (40°C), con la temperatura cuando lo alcanza (66°C) y con la temperatura cuando lo supera (80°C). Por último, se utilizaron distintas muestras de textil con variables fijas como: tamaño y peso de la tela, gramos de almidón y ml de agua como se muestra en la *tabla 1*.

Condiciones de proceso			
N°	Tiempo (Min)	Temperatura (°C)	% en peso de ligante
1	10	40	3
2			6
3			3
4			6
5		60	3
6			6
7			3
8			6
9	20	40	3
10			6
11			3
12			6
13		60	3
14			6
15			3
16			6

**Tabla 1.** Condiciones de proceso.

La cantidad de materia prima a utilizar (yuca y papa) está determinada por la cantidad de almidón que se le puede extraer a cada una de estas; En la papa el porcentaje de almidón es entre un 15 y 20% de la misma y en la yuca de un 30%. Una papa promedio está entre 100 y 200 g y la yuca promedio está entre 600 y 800 g, por ende, dependiendo de la cantidad de pruebas realizadas se define la cantidad de yuca o papa, 45 g de almidón por prueba. Para la extracción del almidón se necesitó: Un rallador, Papa o Yuca rallada, un colador, un recipiente y abundante agua ver *Figura 2*. Para la experimentación se utilizaron muestras de tela de algodón de 10x10cm (5 g), por cada gramo de tela son 30 mL de agua para tener una relación 1/30, en total se utilizó 150 ml por cada prueba.



**Figura 2.** Procedimiento extracción almidón

## 2.2 Modificación del textil de algodón reciclado

Teniendo en cuenta que se buscó un ligante natural, para la experimentación se utilizó la caseína láctica, un excelente ligante natural generalmente utilizado en las formulaciones de estuco para frescos, telas, extraído de la leche y como agente principal almidón de yuca o papa para la modificación del textil. Con distintas muestras de textil, pero con variables fijas tales como: tamaño y peso de la tela, gramos de almidón y cantidad de agua, se realizó la experimentación en cada una de las muestras variando la temperatura, porcentaje de ligante y tiempo de baño. En la experimentación con el biopolímero aplicado en el textil de algodón reciclado se usó una balanza industrial *Torbal compact Bench* para pesar las cantidades necesarias de ligante y almidón de una manera precisa para la obtención del biopolímero, una vez listas las cantidades se utilizó un beaker de 200 mL para medir agua destilada y agregar el ligante y almidón, además, se utilizó una plancha calefactora HP380-Pro porque es una plancha para el calentamiento rápido y uniforme que permite regular el aumento de la temperatura para homogeneizar la mezcla. Para este proceso, primero se calentó el biopolímero gradualmente hasta llegar a cada una de las temperaturas establecidas para proceder a introducir el textil y seguir aumentando la temperatura por un tiempo determinado, luego se dejó reposar la mezcla para extraer el textil y se secara al aire libre para comenzar a realizar las pruebas respectivas.

### *2.3 Caracterización del material modificado*

Con base a las normas ASTM D3687 y ASTM 3787, se realizaron 3 tipos de pruebas distintas a las muestras: Las pruebas mecánicas revelan las propiedades de un material bajo fuerza dinámica o estática, son diseñadas para garantizar que los materiales sean adecuados para sus aplicaciones previstas. Incluyen métodos tales como resistencia a la tracción, resistencia a la compresión, resistencia al impacto, tenacidad a la fractura y fatiga. Para estas pruebas se sometió el material a una carga de compresión de 800 N-1400 N para determinar su deformación por compresión.

Por otro lado, en relación con la resistencia al agua de las muestras, es importante mencionar previamente que un tejido se refleja principalmente en dos aspectos: la penetración del agua y la humectación de la superficie y que la permeabilidad de un tejido es la propiedad que tiene el agua líquida de penetrar de un lado al otro del tejido, la propiedad opuesta se denomina resistencia a la penetración del agua. Para las pruebas de se cortaron trozos de textil iguales de 10 x 5, luego se marcó cada pedazo en la mitad, se pesó el textil con una balanza y se registró su peso en seco, luego se sumergió el textil hasta la marca realizada por 10 segundos, se pesó el textil húmedo y se registró el dato; Por último se realizó la prueba de ángulo de contacto, la cual consiste en dejar caer una sola gota sobre la tela y se mide el ángulo que esta genera, dependiendo de esto se habla o no de impermeabilidad.

Por otro lado, es importante mencionar que la resistencia al agua de un tejido se manifiesta en dos aspectos principales: la capacidad de penetración del agua y la humectación de su superficie. La permeabilidad de un tejido se refiere a la propiedad del agua líquida de atravesar el material de un lado a otro, mientras que la resistencia a la penetración del agua se opone a este proceso. En este orden de ideas, para determinar la resistencia al agua del tejido modificado, se cortaron trozos de tejido de igual tamaño, con dimensiones de 10 x 5 centímetros, los cuales fueron marcados en su punto medio, registrando su peso en seco y después de haberlo sumergido en agua durante 10 segundos, con lo cual se determina el porcentaje de agua absorbida. Adicionalmente, se realizó la prueba del ángulo de contacto, el cual consistió en dejar caer una sola gota de agua sobre la tela y medir el ángulo que esta forma. Dependiendo del resultado de esta medición, se determina si el tejido puede considerarse como impermeable o no.

## **3. Resultados y discusiones**

### 3.1 Obtención de los biopolímeros

En esta etapa de la investigación los resultados en un principio eran negativos en cuanto a la extracción del almidón de papa, se presentaron inconvenientes en los cuales el almidón se quemaba, no se logró la identificación del motivo, sin embargo, pudo haber sido las condiciones climáticas, el proceso de extracción o un hongo, para resolver esto, se adquirió el almidón de papa en el comercio de Medellín. Por otro lado, el almidón de yuca presentó una excelente consistencia después de la extracción.

### 3.2 Modificación del algodón reciclado

Los resultados de este proceso en las diferentes muestras fueron diversos, debido a que las condiciones variaron entre concentraciones, temperaturas y cantidad de la mezcla como se puede observar en la *Figura 3* con las variables utilizadas.

Material: textil de algodón reciclado Peso: 5 gr Relación agua: 1/30 = 150 ml Tiempo: 10 min Temperatura: 40°C		Almidón de yuca 30% 45g 0.045Kg	Ligante 3% 4,5g 0.0045Kg
Material: textil de algodón reciclado Peso: 5 gr Relación agua: 1/30 = 150 ml Tiempo: 10 min Temperatura: 40°C		Almidón de yuca 30% 45g 0.045Kg	Ligante 6% 9g 0.009Kg
Material: textil de algodón reciclado Peso: 5 gr Relación agua: 1/30 = 150 ml Tiempo: 10 min Temperatura: 60°C		Almidón de yuca 30% 45g 0.045Kg	Ligante 3% 4,5g 0.0045Kg
Material: textil de algodón reciclado Peso: 5 gr Relación agua: 1/30 = 150 ml Tiempo: 10 min Temperatura: 60°C		Almidón de yuca 30% 45g 0.045Kg	Ligante 6% 9g 0.009Kg
Material: textil de algodón reciclado Peso: 5 gr Relación agua: 1/30 = 150 ml Tiempo: 20 min Temperatura: 40°C		Almidón de yuca 30% 45g 0.045Kg	Ligante 3% 4,5g 0.0045Kg
Material: textil de algodón reciclado Peso: 5 gr Relación agua: 1/30 = 150 ml Tiempo: 20 min Temperatura: 40°C		Almidón de yuca 30% 45g 0.045Kg	Ligante 6% 9g 0.009Kg
Material: textil de algodón reciclado Peso: 5 gr Relación agua: 1/30 = 150 ml Tiempo: 20 min Temperatura: 60°C		Almidón de yuca 30% 45g 0.045Kg	Ligante 3% 4,5g 0.0045Kg
Material: textil de algodón reciclado Peso: 5 gr Relación agua: 1/30 = 150 ml Tiempo: 20 min Temperatura: 60°C		Almidón de yuca 30% 45g 0.045Kg	Ligante 6% 6g 9Kg

**Figura 3.** Registro de datos primeras pruebas

Se ahondó más en la investigación del ligante natural encontrando los siguientes resultados teóricos:

Los principales ligantes son: A base de proteínas, de resinas, de nitrocelulosa, de aceites o poliuretanos. Teniendo en cuenta que buscamos un ligante natural escogimos la caseína láctica, es un excelente ligante natural y generalmente se utiliza en las formulaciones de estuco para frescos, telas, es extraído de la leche, soluble en los álcalis, y en las sales solubles de bajo pH e insoluble en agua, en la *Figura 4* se puede apreciar la aplicabilidad en el textil del ligante con el almidón durante el proceso de mordentado con las concentraciones utilizadas.

Material: textil de algodón reciclado Peso: 5 gr Relación agua: 1/30 = 150 ml Tiempo: 20 min Temperatura: 75°C		Almidón de Papa 750% 7.5g 0.0075Kg	Piedra Lumbre 15% 0.75g 0.00075Kg
Material: textil de algodón reciclado Peso: 5 gr Relación agua: 1/30 = 150 ml Tiempo: 20 min Temperatura: 75°C		Almidón de Papa 750% 7.5g 0.0075Kg	Caseína 15% 0.75g 0.00075kg
Material: textil de algodón reciclado Peso: 5 gr Relación agua: 1/30 = 150 ml Tiempo: 20 min Temperatura: 75°C		Almidón de yuca 750% 7.5g 0.0075Kg	Piedra Lumbre 15% 0.75g 0.00075kg
Material: textil de algodón reciclado Peso: 5 gr Relación agua: 1/30 = 150 ml Tiempo: 20 min Temperatura: 75°C		Almidón de yuca 750% 7.5g 0.0075Kg	Caseína 15% 0.75g 0.00075Kg

**Figura 4.** Registro de datos pruebas con mordientes

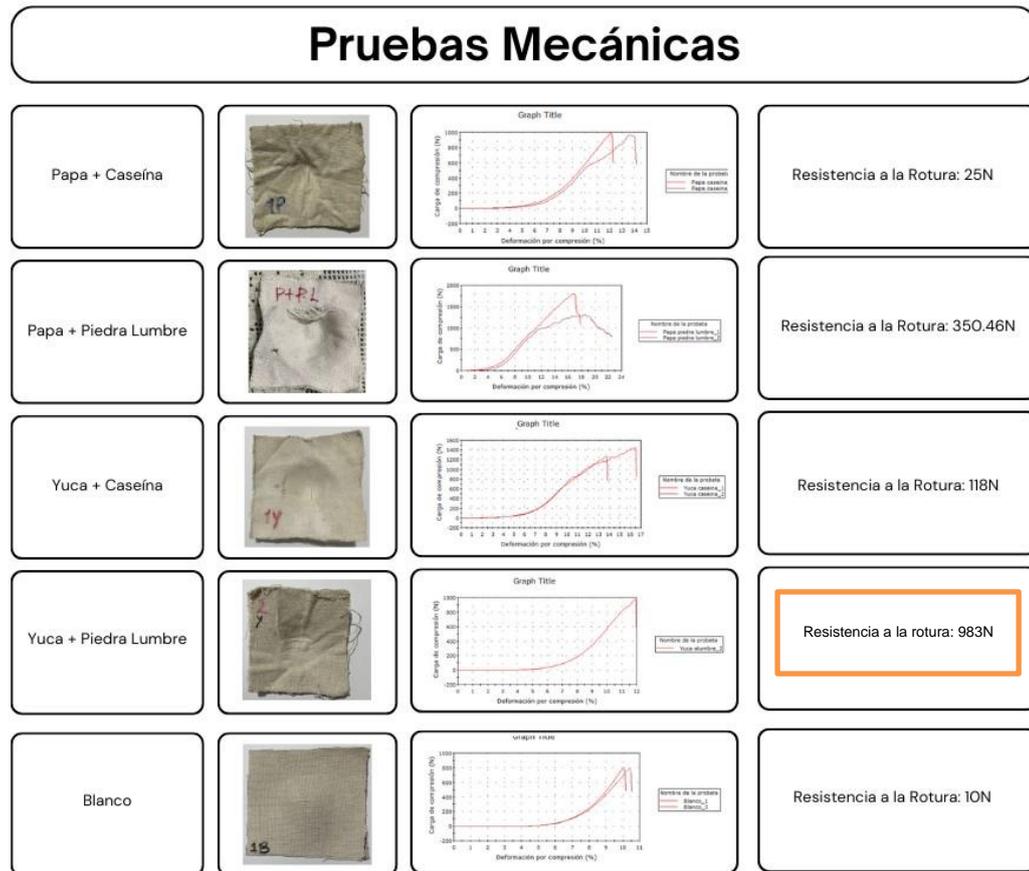
### 3.3 Caracterización del material modificado

Reveló las propiedades del material bajo fuerza dinámica o estática, diseñadas para garantizar que los materiales fueron adecuados para sus aplicaciones previstas.

Esta prueba midió la fuerza necesaria para romper una muestra de tejido. Los datos revelaron la resistencia del textil, cuánta tensión soporto antes de romperse. La prueba de almidón de Yuca y Piedra lumbre mostró una mayor resistencia a la tracción en comparación con las demás muestras. Esto indicó que el tratamiento si mejoró la calidad del textil para resistir fuerzas de tensión.

La resistencia estructural es un factor determinante para explicar las mejoras descritas anteriormente, en donde el almidón de Yuca y la piedra lumbre tienen una estructura más fibrosa y resistente en comparación con el almidón de papa y la caseína, generando una mayor resistencia a la deformación mecánica como se puede observar en la *Figura 5*, además, las moléculas de almidón de Yuca y piedra lumbre están unidas por medio de enlaces más fuertes, logrando una mayor resistencia a la separación, por lo tanto, la resistencia estructural y la cohesión molecular del almidón de yuca y la

pedra lumbre los hacen más resistentes a la prueba mecánica en comparación con el almidón de Papa y caseína. El material en blanco soportó una carga durante las pruebas mecánicas de 10N, mientras que el material modificado de Yuca + Piedra Lumbre soportó 983N un aproximado de 900 veces más que el primero, lo que resulta muy positivo para el objetivo de la investigación en la obtención de un material más resistente mecánicamente hablando.



**Figura 5. Prueba Mecánica**

La resistencia al agua de un tejido, también conocida como waterproof, se reflejó principalmente en dos aspectos: la penetración del agua y la humectación de la superficie.

Se determinó que el tratamiento con almidón de papa y caseína mejoró las propiedades de humectabilidad del textil de algodón reciclado como se puede observar en la *Figura 6* con la prueba de humectabilidad con el material modificado.

La estructura molecular del almidón de Papa y la caseína es más compacta y densa en comparación con el almidón de Yuca y la piedra lumbre, esto dificulta la penetración del agua o líquidos, lo que los hace menos propensos a la humectación. Por otro lado, el almidón de Yuca y piedra lumbre puede absorber y retener más agua, generando que se humedezca más rápido durante la prueba de humectabilidad en comparación con el almidón de Papa y caseína, esto quiere decir que este último tiene una mayor capacidad para retener agua.

Durante la prueba de humectabilidad, en donde se sumergieron las muestras totalmente durante algunos segundos, la muestra de Papa + Caseína fue la que menos porcentaje de agua absorbió por lo descrito anteriormente con un 57%, si bien no se puede hablar de un material totalmente impermeables, si es una modificación en el material que soporta salpicaduras y gotas de agua, dando una posibilidad en el mundo del diseño industrial de desarrollo de textiles y materiales técnicos,

diseño de productos resistentes a líquidos o fluidos e incluso validación de materiales para aplicaciones específicas.

Papa + Caseína		$11 - 7 / 7 \times 100 = 57,1$	Absorbe: 57%
Papa + Piedra Lumbre		$9 - 5 / 5 \times 100 = 80$	Absorbe: 80%
Yuca + Caseína		$10 - 5 / 5 \times 100 = 100$	Absorbe: 100%
Yuca + Piedra Lumbre		$10 - 5 / 5 \times 100 = 100$	Absorbe: 100%

**Figura 6.** Prueba de humectabilidad

Para el diseño industrial es muy importante este trabajo de investigación porque del material con el que se fabrica los productos de marroquinería y calzado afecta el rendimiento y durabilidad del mismo, al mejorar sus resistencia mecánica, se aumenta la resistencia al desgaste y la durabilidad de los productos, evitando que se rompa rápidamente; Por su parte, al mejorar la humectabilidad del textil se mejora en aspectos de mantenimiento e higiene del producto porque se pueden realizar estos procedimientos sin desgastar el material.

## 4. Conclusiones

### 4.1 Obtención de los biopolímeros

- El almidón de yuca pudo ser extraído con el procedimiento previamente planteado, presentando una excelente consistencia homogénea y cantidad esperada para las experimentaciones, alcanzando a mezclar en su totalidad el almidón, ligante y agua para poder impregnar el textil.
- Los desperdicios y desechos de los tubérculos son una oportunidad para convertirse en materia prima para el desarrollo de materiales que mejoren las propiedades físicas y mecánicas del textil de algodón reciclado.

### 4.2 Modificación del algodón reciclado

- La apariencia física del material con el biopolímero de excelente consistencia homogénea que se impregna al textil, no cambia frente al textil de algodón reciclado original pero su tacto si lo hace, el primero se siente un poco rugoso (siendo suave todavía) frente al segundo.
- Este material modificado es un material más rígido que el textil de algodón reciclado y menos flexible, lo cual lo hace más resistente frente al uso constante. Como recomendación queda hacer pruebas de lavado para determinar qué tanto aguanta este material modificado frente a este agente y cuánto podría durar esta modificación del material.

### 4.3 Caracterización del material modificado

- Las pruebas de humectabilidad demostraron que el textil modificado presenta un comportamiento más óptimo frente a la permeabilidad del agua penetrando en un tiempo mayor al de la tela sin modificar, en las muestras de papa y caseína. Este material modificado es un material más rígido que el textil de algodón reciclado y menos flexible, lo cual lo hace más resistente frente al uso constante. Como recomendación queda hacer pruebas de lavado para determinar qué tanto aguanta este material modificado frente a este agente y cuánto podría durar esta modificación del material.
- El textil de algodón reciclado no es un material impermeable, este textil con las propiedades que se lograron modificar podrían prolongar un poco más el ciclo de vida del producto, Las pruebas realizadas al material modificado permiten ver un aumento importante en su resistencia mecánica respecto al material original, teniendo a su vez más resistencia a la tracción.

## Referencias

Europarl. (2020, Diciembre). El impacto de la producción textil y de los residuos en el medio ambiente. Parlamento Europeo. From <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20201208STO93327/el-impacto-de-la-produccion-textil-y-de-los-residuos-en-el-medio-ambiente>

Obando, R. (2013) Tintura Alternativa En Hilos De Lana Con Colorantes Naturales. Universidad Técnica del Norte, Ecuador. From <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2300/2/Reporte%20T%20cnico%20en%20Espa%20c%20b1ol-Ing%20c%20a9s.pdf>

WWF. (2021). Desperdicios: Imaginarios, actitudes y comportamientos en Colombia. Canal trece. From <https://canaltrece.com.co/noticias/dia-internacional-desperdicio-alimentos-colombia-2021-wwf/#:~:text=El%20estudio%20%27%20Desperdicios%3A%20imaginarios%2C%20actitudes%20y%20comportamientos,el%20cambio%20clim%C3%A1tico%20y%20la%20p%C3%A9rdida%20de%20bio diversidad.>

Revo. (2022). Modelos circulares y un diseño más inteligente para reducir el impacto ambiental de la industria textil. Revo prosper. From <https://www.revoproprosper.org/2022/02/23/modelos-circulares-y-un-diseno-mas-inteligente-para-reducir-el-impacto-ambiental-de-la-industria-textil/#:~:text=El%20informe%20tambi%C3%A9n%20analiza%20c%C3%B3mo%20los%20modelos%20comerciales,vida%20y%20aumentar%20el%20uso%20de%20materiales%20reciclados.>

Luna, G., Villada, H., & Velasco, R. (2009). Almidón termoplástico de yuca reforzado con fibra de fique. From <https://www.semanticscholar.org/paper/ALMID%C3%93N-TERMOPL%C3%81STICO-DE-YUCA-REFORZADO-CON-FIBRA-Luna-Villada/287fb2f7a304bfbcdfebec13407bb7acb7c08f4>

Cobana, M., & Antezana, R. (2007). Proceso de extracción de almidón de yuca por vía seca. Revista Boliviana de Química. From <http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v24n1/v24n1a14.pdf>

Navia-Porras, D. P., & Bejarano-Arana, N. (2014, Diciembre). Evaluación de propiedades físicas de bioplásticos termo-comprimidos elaborados con harina de yuca. From <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n2/v12n2a05.pdf>

Bayetero Calderón. E. T. (2017) Utilización del almidón de papa para impermeabilizar telas pes/co destinadas a mantelería. Universidad Técnica Del Norte. From <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6448>

Beltrán R. (2020). Aprovechamiento del residuo del almidón de papa como materia prima para la industria. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. From <https://repositorio.unsa.edu.pe/items/2b4318b1-1b07-4b2b-a869-eb5372c6ce0d>

Departamento Nacional de Planeación. (2016). Pérdidas y desperdicios de alimentos en Colombia. From [https://sinergia.dnp.gov.co/Documentos%20de%20Interes/Perdida\\_y\\_Desperdicio\\_de\\_Alimentos\\_en\\_colombia.pdf#:~:text=P%C3%A9rdidas%20y%20desperdicios%20en%20los,diferentes%20eslabones%20de%20la%20cadena%20alimentaria](https://sinergia.dnp.gov.co/Documentos%20de%20Interes/Perdida_y_Desperdicio_de_Alimentos_en_colombia.pdf#:~:text=P%C3%A9rdidas%20y%20desperdicios%20en%20los,diferentes%20eslabones%20de%20la%20cadena%20alimentaria)

Gómez, L. (2015). Así es el mundo de la papa colombiana. CONtexto ganadero. From <https://www.contextoganadero.com/agricultura/informe-asi-es-el-mundo-de-la-papa-colombiana%22?page=9>

Ariza, E. Fajardo, A. (2011). Factibilidad del uso de almidón de plátano como aditivo para lodos de perforación. Universidad Industrial de Santander. From <https://www.redalyc.org/pdf/3420/342030282002.pdf>

Torres P, Rodríguez J y Rojas O (2005). Extracción de almidón de yuca. Manejo integral y control de la contaminación hídrica. Livestock Research for Rural Development. Volume 17, Article #74. Retrieved January 31, 2023, from <http://www.lrrd.org/lrrd17/7/torr17074.htm>

Jordá, M. (2008). Aplicación de la teoría de Kubelka-Munk en la optimización de la estampación pigmentaria. Universidad Politécnica de Valencia. From <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13269/Memoriamicueljorda.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

C.T.S España (2006) CASEINA LACTICA Y CALCIO CASEINATO. Recuperado mayo 12, 2023 de: <https://shopespana.ctseurope.com/documentacioncts/fichastecnicasweb2018/5.1colas%2Caditivosycargas2016/caseinalacticaycalcio-caseinatoesp.pdf>

Tesis.uson.mx. (2012). Obtenido de tesis.uson.mx: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/21900/Capitulo2.pdf>

Definición de ligante: definicion.org. (2015). Obtenido de definicion.org: <http://www.definicion.org/ligante>