



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**ENVOLTURA COMESTIBLE A BASE DE CELULOSA MICROCRISTALINA
DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR**

AUTORA: Bastidas Flores Vanessa del Carmen

DIRECTORA: Dra. Lucía Yépez Vásquez, Msc.

2016



El Ecuador posee diversas fuentes de fibra vegetal, una de las más abundantes sea la caña de azúcar con 5'086.970 t, las cuales producen 1'300.000 t de bagazo



Desde hace muchos años, el plástico ha sido uno de los principales causantes de la contaminación del medio ambiente...

El uso de embalajes no biodegradables principalmente en el empaque de alimentos por su bajo costo y rentable fabricación

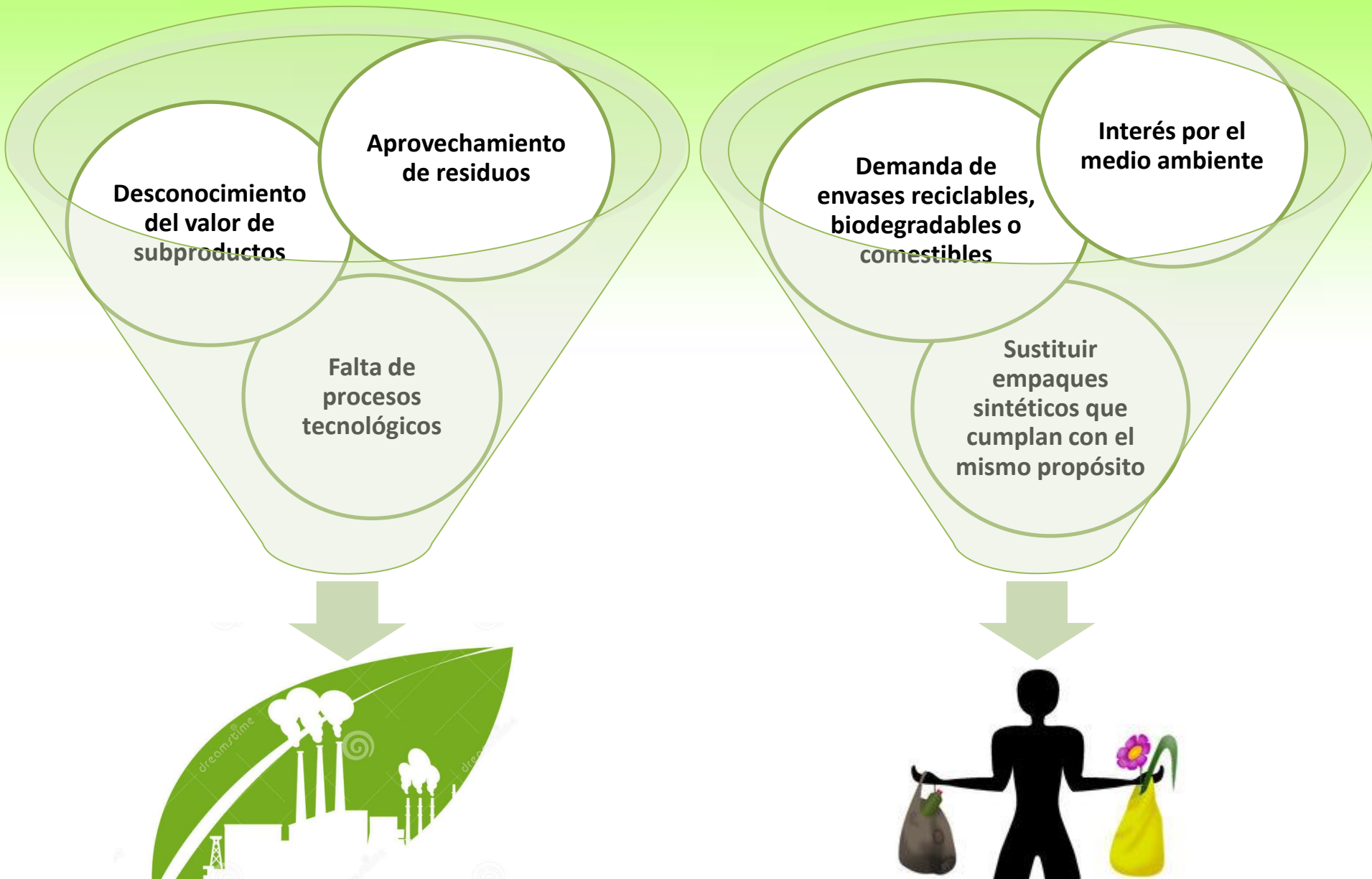


El inadecuado manejo de los residuos industriales y uso de materiales no biodegradables.

Problema



Justificación



Objetivo general

**Obtener una envoltura
comestible a base de
celulosa microcristalina
de bagazo de caña de
azúcar**



Objetivos específicos



1. Caracterizar mediante análisis fisicoquímicos la celulosa microcristalina obtenida del bagazo de caña de azúcar.



2. Evaluar el efecto de la cantidad y tipo de plastificante (glucosa líquida o glicerol), y la cantidad de aceite de orégano en la obtención de una envoltura comestible a base de celulosa microcristalina de bagazo de caña de azúcar.



3. Evaluar las propiedades mecánicas (tensión máxima y elongación de ruptura), de barrera, solubilidad y color de la envoltura.



4. Evaluar las características organolépticas, microbiológicas y fisicoquímicas (mejor tratamiento) para determinar la calidad de las envolturas comestibles de celulosa microcristalina.

Hipótesis

Hipótesis Nula

La cantidad y tipo de plastificante (glucosa líquida o glicerol) y la cantidad de aceite de orégano **NO INFLUYE** en las propiedades mecánicas, de barrera, solubilidad y color de la envoltura comestible a base de celulosa microcristalina obtenida del bagazo de caña de azúcar.

Hipótesis Alternativa

La cantidad y tipo de plastificante (glucosa líquida o glicerol) y la cantidad de aceite de orégano **INFLUYE** en las propiedades mecánicas, de barrera, solubilidad y color de la envoltura comestible a base de celulosa microcristalina obtenida del bagazo de caña de azúcar.



MARCO TEÓRICO

Bagazo



Material procedente de la molienda de los tallos de caña después de ser extraído el jugo.

Humedad : 13,91

Celulosa : 44,87

Lignina : 14,40

Celulosa microcristalina



La celulosa microcristalina es una forma no fibrosa de la celulosa en la que la pared celular de la fibra ha sido descompuesta en fragmentos mediante tratamientos químicos.

Películas comestibles



Una película comestible es una capa preformada y delgada elaborada con material comestibles y la cual una vez elaborada puede ser colocada sobre el alimento o entre los componentes del mismo.

Caracterización del área de estudio



Ingenio
azucarero



Región: Zona 1
Provincia: Imbabura
Cantón: Ibarra
Lugar: Unidades Edu-productivas de la carrera de Ingeniería Agroindustrial-UTN

Situación Geográfica

Altitud: 2250 m.s.n.m

Características Climáticas

Temperatura media anual: 18,9 °C

Humedad Relativa media anual: 73%



Fuente: Estación de Meteorología e Hidrología de la ciudad de Ibarra, Granja Experimental "Yuyucocha" de la Universidad Técnica del Norte, (2014)

Materiales y equipos



Materia prima e insumos



Reactivos



Materiales de laboratorio



Equipos



Factores en estudio

FACTOR A

☐ Tipo de plastificante

☐ A₁: glucosa líquida

☐ A₂: glicerol

FACTOR B

☐ Cantidad de plastificante

☐ B₁: 20%

☐ B₂: 30%

☐ B₃: 40%

FACTOR C

☐ Cantidad aceite de orégano

☐ C₁: 10 %

☐ C₂: 20%

Diseño de la investigación

- Se empleó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial A x B x C con 3 repeticiones

Características del Experimento

- **Número de repeticiones por tratamiento:** Tres (3)
- **Número de tratamientos:** Doce (12)
- **Número de unidades experimentales:** Treinta y seis (36)

Unidad experimental

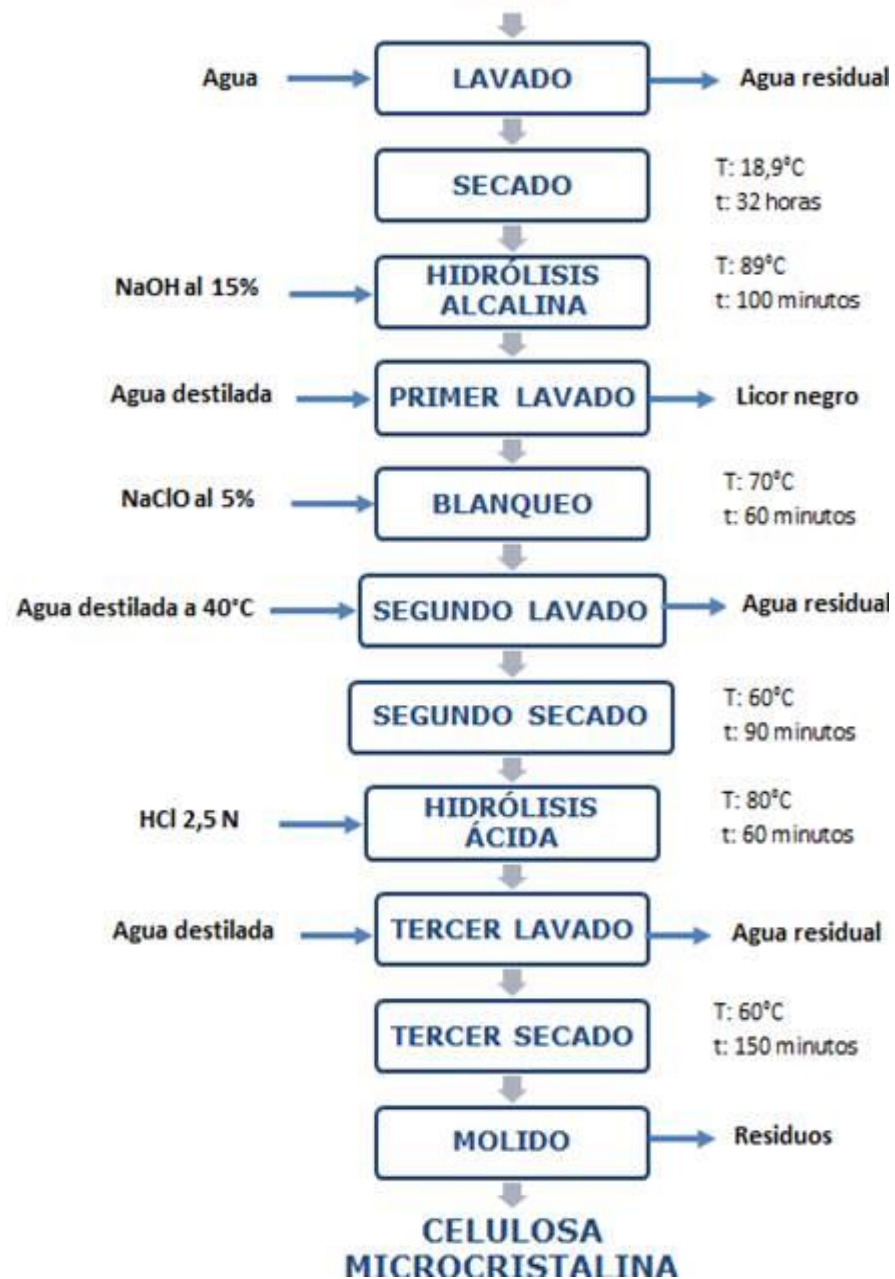
- Cada unidad experimental estuvo conformada por 0,14 ml de solución obtenida por cada cm^2 que fueron vertidos en cajas Petri de plástico de 8 cm de diámetro ($50,26\text{cm}^2$ de área).

Manejo Específico del Experimento

**Obtención de celulosa microcristalina a
partir del bagazo de caña de azúcar**



Bagazo de caña de azúcar



Manejo Específico del Experimento

**Obtención de envolturas comestibles
a base de celulosa microcristalina**



CELULOSA MICROCRISTALINA



ENVOLTURAS DE CELULOSA MICROCRISTALINA

Variables evaluadas

Cuantitativas



Resistencia a la tracción

- Norma ASTM D882-97



Elongación a la ruptura

- Ecuación $\varepsilon = \frac{l-l_0}{l_0} * 100$



Grado de transmisión de vapor de agua

- Norma Chilena Oficial NCh2098



Solubilidad en agua

- Método propuesto por Gontard et al, (1994) con adaptación.



Color

- Método L^*a^*b

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L)^2 + (a^* - a)^2 + (b^* - b)^2}$$

Cualitativas



Microestructura de las películas

- Microscopía óptica, aumento de 10X



Análisis microbiológico

- Recuento de mohos y levaduras



Características organolépticas

- Pruebas no paramétricas FRIEDMAN



Análisis fisicoquímicos

- Fibra: AOAC 978.10.
- Carbohidratos totales: cálculos.
- Proteína: AOAC 920.87.
- Contenido de cenizas.: AOAC 923.03.
- Extracto etéreo: AOAC 920.85.
- Humedad: AOAC 925.10.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

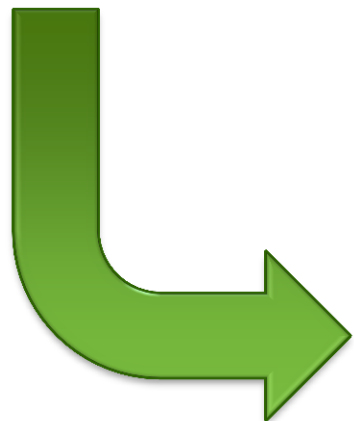


Caracterización de la celulosa microcristalina del bagazo de caña de azúcar

BAGAZO

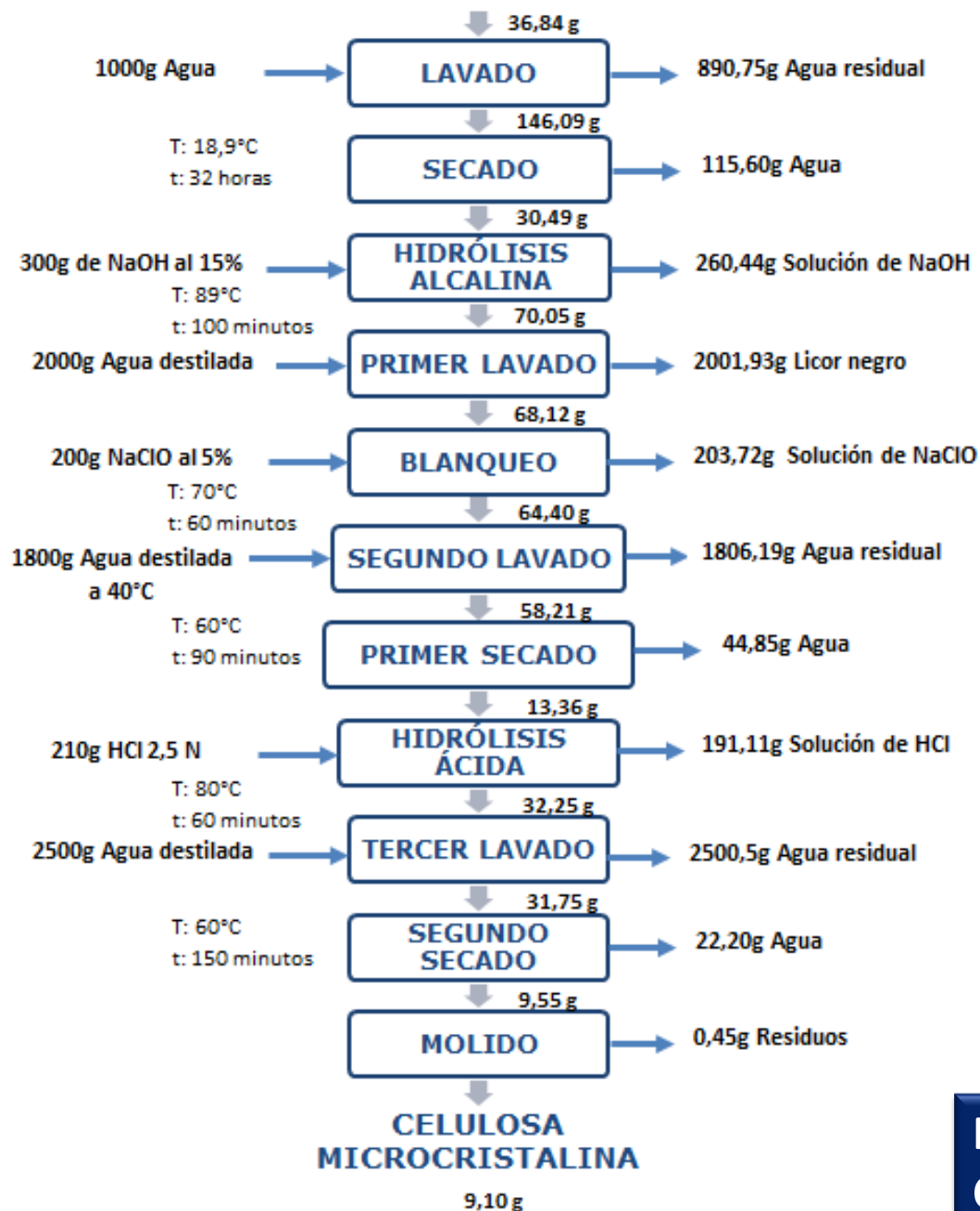
Humedad	9,16%
Contenido de celulosa	56,83%

CELULOSA MICROCRISTALINA



	Celulosa microcristalina obtenida del bagazo de caña de azúcar	Celulosa microcristalina comercial (Barros,2009)
Humedad	6,1%	No más del 7%
Cenizas	3,92%	No más del 0,5%
Contenido de celulosa	81,79 %	97%
Contenido de lignina	8,20 %	---
Solubilidad en agua	3,16%	No más del 0,24%
Descripción	Polvo fino Casi blanco Inodoro	Polvo fino y blanco o casi blanco, inodoro

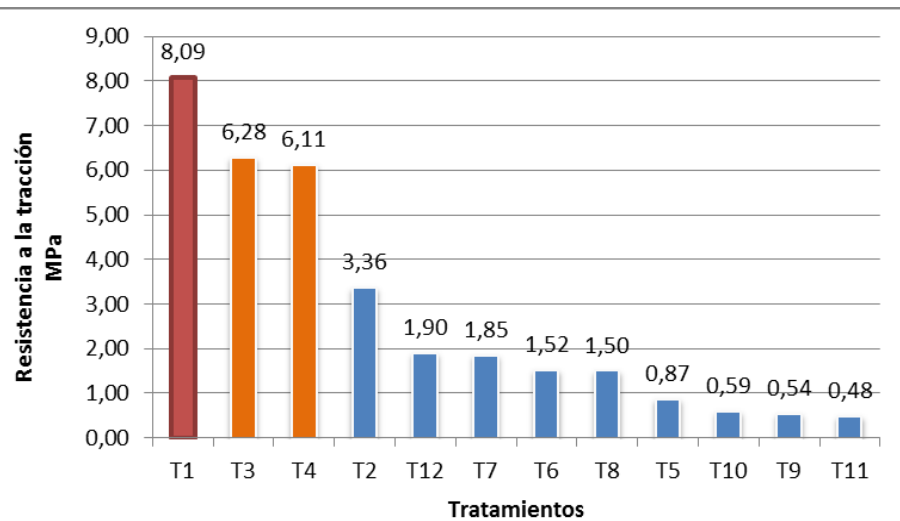
Bagazo de caña de azúcar



Rendimiento= 24,70%
Costo= 0,75 USD/g

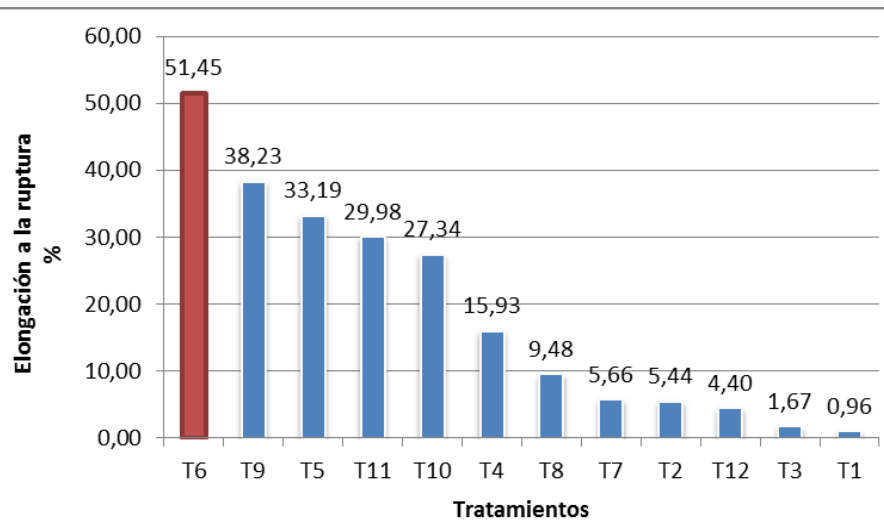
Análisis de las propiedades mecánicas

Resistencia a la tracción



La formulación de la envoltura si influye significativamente en la resistencia a la tensión.

% Elongación



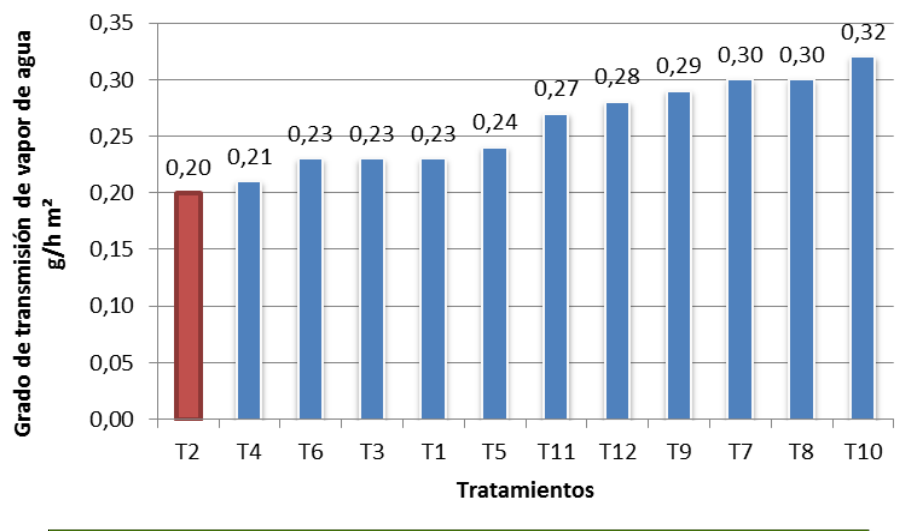
el % elongación del producto terminado depende de la cantidad de plastificante y ácido graso.

5 MEJORES TRATAMIENTOS

Tratamiento	Descripción	Elongación a la ruptura (%)
T6	40% de glucosa líquida, 10% de aceite de orégano, 10% de gelatina, 40% celulosa microcristalina	51,45
T9	30% de glicerol, 10% de aceite de orégano, 10% de gelatina, 50% celulosa microcristalina	38,23
T5	40% de glucosa líquida, 20% de aceite de orégano, 10% de gelatina, 30% celulosa microcristalina	33,19
T11	40% de glicerol, 10% de aceite de orégano, 10% de gelatina, 40% celulosa microcristalina	29,98
T10	30% de glicerol, 20% de aceite de orégano, 10% de gelatina, 40% celulosa microcristalina	27,34

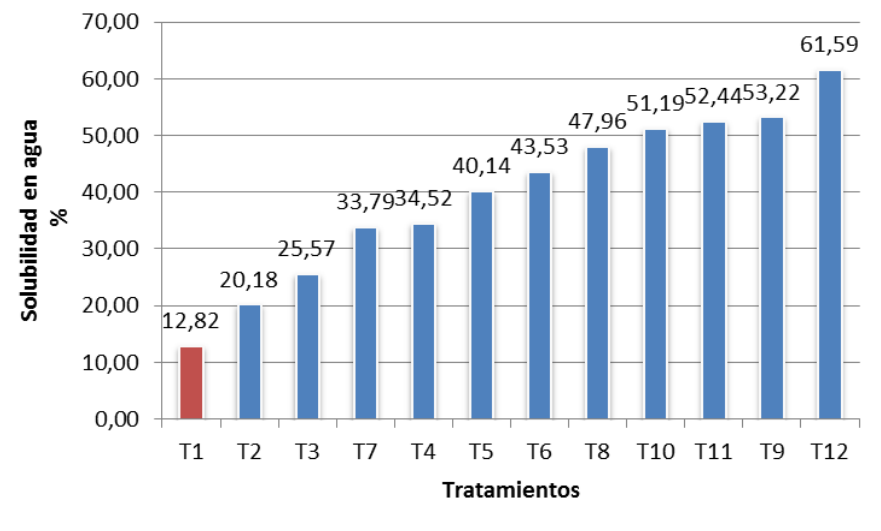
Grado de transmisión de vapor de agua y Solubilidad en agua

Permeabilidad al vapor de agua



El grado de permeabilidad de las envolturas depende del tipo de plastificante utilizado.

Material soluble en agua



La solubilidad del producto final depende de los tres factores

Color

Luminosidad



☐ 94.38 y 100.84

☐ Consideran claras

Cromaticidad en a



☐ Negativos y próximos a cero

☐ No presenta roja/verde

Cromaticidad en b



☐ Son positivos

☐ Presentan coloración amarilla

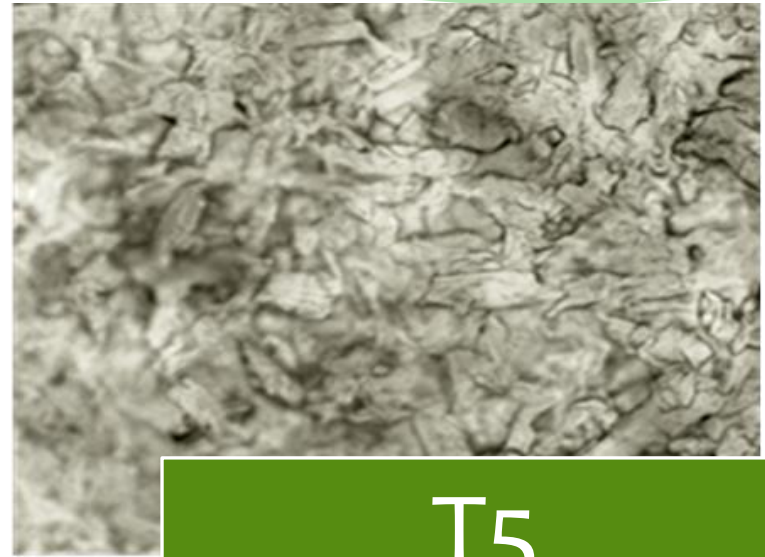


Análisis microscópico



T9

Estructura homogénea, firme y
mayormente compacta



T5

Estructura menos densa y se
puede apreciar las fibras más
claramente

Análisis microbiológico

PARÁMETROS ANALIZADOS	UNIDAD	RESULTADOS					LÍMITE PERMISIBLE	MÉTODO DE ENSAYO
		T6	T9	T5	T11	T10		
Recuento de mohos	UPM/g	410	1200	550	750	560	$1,0 \times 10^3$	AOAC 997.02
Recuento de levaduras	UPL/g	800	780	630	820	400	$1,0 \times 10^3$	

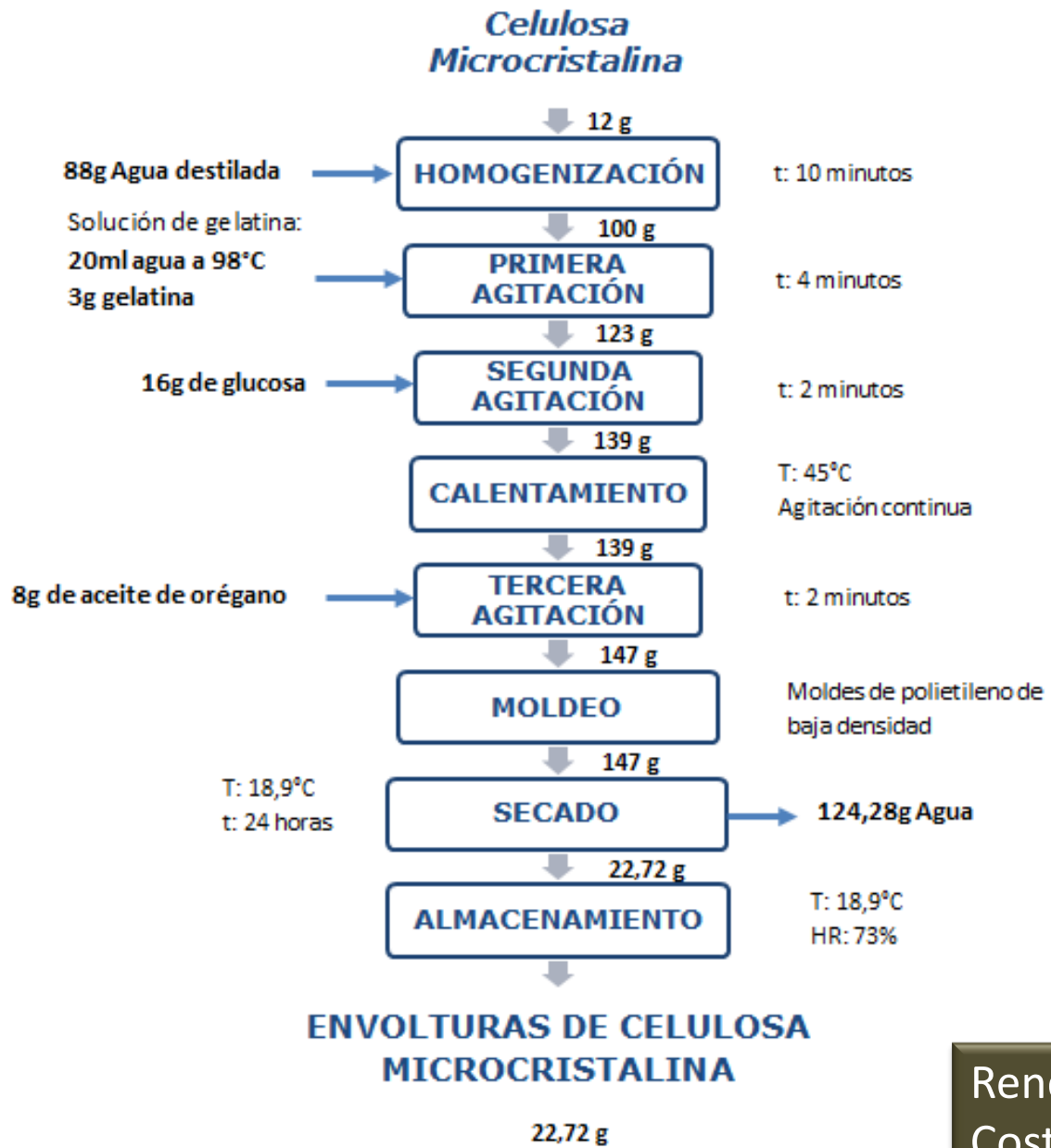
Análisis organoléptico

VARIABLE	VALOR		VALOR		TRATAMIENTOS
	CALCULADO	X ²	TABULAR	TABULAR	
			5%	1%	
Color	6,55	*	0,71	13,27	T6 T9 T10
Aspecto	6,63	*	0,71	13,27	T9 T10 T6
Olor	2,27	*	0,71	13,27	T5 T9 T6
Sabor	11,59	*	0,71	13,27	T10 T11 T6
Solubilidad en la boca	10,47	*	0,71	13,27	T10 T11 T9

Análisis fisicoquímicos

PARÁMETROS ANALIZADOS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS	
			T10	T6
Fibra	AOAC 978.10	%	26	28
Proteína total	AOAC 920.87	%	9,50	8,41
Carbohidratos totales	Cálculo	%	64,23	78,54
Humedad	AOAC 925.10	%	25,48	11,00
Cenizas	AOAC 923.03	%	0,45	0,10

Balance de materiales para el mejor tratamiento



T6

Rendimiento= 16,02%
Costo= 0,25USD/envoltura

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



CONCLUSIONES

- ❖ La caracterización fisicoquímica de la celulosa microcristalina de bagazo de caña de azúcar mostró que el contenido de celulosa es de 81,79%, lignina 8,20%, cenizas 3,92%, humedad 6,10% y se presenta como polvo fino, casi blanco e inodoro, con lo cual, se determina que posee características similares a la celulosa que se encuentra comercialmente.
- ❖ La cantidad de plastificante fue el factor de mayor efecto sobre las propiedades mecánicas de las películas, donde el nivel más alto de 40% permite una elongación a la ruptura de 51,45%; lo que indica que la flexibilidad de las envolturas depende directamente de la cantidad de plastificante utilizado.

CONCLUSIONES

- ❖ Las envolturas comestibles a base de celulosa microcristalina de bagazo de caña de azúcar presentaron poca resistencia mecánica 1,52Mpa, alta elongación a la ruptura 51,45%, baja permeabilidad al vapor de agua 0,23g/hm², intermedia solubilidad al agua 43,53% y la coloración fue clara, levemente amarilla en comparación con estudios realizados en películas de almidón modificado de yuca (Morales, 2014), zeína (Rojas, 2010) y almidón de maíz y yuca (Muñoz, 2014). Por lo que se concluye que el mejor tratamiento es T6 (40% de glucosa líquida, 10% de aceite de orégano, 10% de gelatina, 40% celulosa microcristalina) ya que posee características adecuadas para ser utilizadas como empaque de alimentos.
- ❖ Del análisis de resultados de las pruebas mecánicas de elongación a la ruptura del producto terminado, se concluye que los 5 mejores tratamientos fueron: T6, T5, T9, T10 Y T11, ya que presentan mayor elasticidad con valores entre 51,54% a 27,34%; con lo cual, se obtiene envolturas con flexibilidad para adaptarse a las diferentes formas que presente el alimento.

CONCLUSIONES

- ❖ Los análisis fisicoquímicos demuestran que la envoltura tiene un considerable aporte de fibra equivalente al 28% y proteína de 8,41%; esto se debe a la celulosa por su naturaleza de fibra que al mezclarse con la gelatina aporta un considerable porcentaje de proteína.
- ❖ La cantidad y tipo de plastificante (glucosa líquida o glicerol) y la cantidad de aceite de orégano influyen en las variables cuantitativas de las envolturas comestibles a base de celulosa microcristalina de bagazo de caña de azúcar, por lo que se acepta la hipótesis alternativa, considerando que estadísticamente el mejor tratamiento es T6 (40% de glucosa líquida, 10% de aceite de orégano, 10% de gelatina, 40% celulosa microcristalina) por poseer las mejores características mecánicas, fisicoquímicas, nutricionales y organolépticas.

RECOMENDACIONES

- ❖ Estudiar la obtención de la celulosa microcristalina a partir del bagazo de caña de azúcar utilizando tratamientos físicos o enzimáticos para optimizar su rendimiento.
- ❖ A la matriz de la película incorporar un conservante natural para mantener la estabilidad del producto durante su almacenamiento y lograr preservar las propiedades mecánicas (tensión máxima y elongación de ruptura), de barrera, solubilidad y color de la envoltura.
- ❖ Realizar el secado de las envolturas en estufa con la finalidad de disminuir el tiempo del proceso y optimizar recursos, para lo cual, se recomienda utilizar temperaturas de entre 30 a 35°C y tomar en cuenta el flujo de aire del sistema para evitar la dispersión de la solución en los moldes.
- ❖ Realizar pruebas de degradabilidad a las envolturas para evaluar el cambio que se produce en condiciones ambientales.
- ❖ Plantear un estudio del tiempo de vida útil y condiciones de almacenamiento adecuadas de las envolturas comestibles, con el fin de establecer parámetros para su durabilidad.

The background of the image is a dense collection of various candies, each wrapped in a piece of translucent, crinkled paper. The candies are in a variety of colors, including red, yellow, blue, pink, green, and brown. They are scattered across a solid purple background. The word "Gracias" is centered over the image in a large, white, serif font with a thin red outline.

Gracias