



TITULO DE LA INVESTGACIÓN:

"Producción de plástico biodegradable a partir de cáscara y bagazo de lima"

Centro de Bachillerato Tecnológico
industrial y de servicios No. 172

Nombre: Bianca Monserrat Ortíz Escoto

Edad: 18 años

Domicilio: Valle del Yaqui #204

Col. Valle Hermoso

Cortazar, Gto, México.

Tel. (411) 122 0116

E-mail: biankis.moe3@hotmail.com

Nombre: Carlos Zarco Salazar

Edad: 18 años

Domicilio: Hermenegildo Galeana #120

Zona centro

Cortazar, Gto, México.

Tel. (411) 125 9333

E-mail: zarco_toyn@hotmail.com

Asesor:

M.C. Miguel Ángel Quintana Aguado

TITULO

"Producción de plástico biodegradable a partir de cáscara y bagazo de lima"

RESUMEN

El empaque es una parte fundamental de un producto, debido a que contiene, protege y/o preserva a éste para que llegue en óptimas condiciones al consumidor. La elaboración de plástico biodegradable con subproductos descartables alimenticios ofrece la oportunidad de reciclarlos convirtiéndolos en materia prima para fabricar productos con valor agregado, como los empaques. En este sentido, la lima, al ser un fruto abundante de bajo costo en nuestro país y por la composición química de su cáscara y bagazo residuos orgánicos que adquieren una gran importancia, ya que se generan 8,439.50 toneladas anuales de estos. Por lo anterior, se planteó la pregunta de investigación ¿Es posible producir plástico biodegradable a partir de los residuos de la cáscara y bagazo de lima? Para ello, se propuso innovar el método de Hernández Carrillo (2009), utilizando como materia prima cáscara y bagazo de lima, cambiando algunos procesos en su metodología y preparando ocho soluciones filmógenas diferentes para producir plástico biodegradable con las mejores propiedades físicas (humedad, espesor, densidad, permeación al vapor de agua, termosellabilidad y su capacidad para ser imprimible) y mecánicas (fuerza de estirabilidad y de punción). Es importante mencionar que de acuerdo con la innovación realizada, en cuanto a la materia prima utilizada, la molienda, el tamizado y la porción de los aditivos, se obtuvieron resultados más óptimos, correspondientes al tratamiento de cáscara y bagazo de lima fresca, obteniendo cuatro plásticos biodegradables con propiedades semejantes a las descritas en la norma NMX-EE-207-1986 en cuanto a la densidad, color y espesor. Las principales contribuciones de este proyecto son directamente el aprovechamiento de residuos orgánicos de origen vegetal, en este caso cáscara y bagazo de lima; e indirectamente la reducción de la contaminación de residuos orgánicos y del uso irracional de empaques sintéticos, lo que contribuirá en la preservación del ambiente.

Palabras clave: Plástico biodegradable, cáscara de lima, bagazo de lima.

INTRODUCCIÓN

Las investigaciones sobre empaques se han enfocado en filmes y revestimientos comestibles, debido a factores como la demanda de los consumidores por alimentos de alta calidad, la necesidad de nuevas técnicas de almacenamiento para la industria alimentaria, los conceptos ambientales sobre la disposición de materiales renovables para empaques y las oportunidades para crear nuevos mercados mediante el uso de residuos agrícolas.

Los filmes y revestimientos comestibles son elaborados a base de biopolímeros, como proteínas, lípidos y polisacáridos, derivados de fuentes naturales renovables y que son completamente biodegradados en un período de tiempo considerablemente corto, contribuyendo así a reducir la contaminación del medio ambiente. Por otro lado, los filmes y revestimientos comestibles, son un tema de gran interés porque además de su biodegradabilidad, tienen un gran potencial para evitar el deterioro de muchos productos alimenticios.¹

Es por eso que el objetivo de este trabajo es producir plástico biodegradable a partir de la cáscara y bagazo de lima y evaluar sus propiedades físicas y mecánicas.

METODOLOGÍA

a) PROCEDIMIENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN, INSTRUMENTOS A UTILIZAR Y MÉTODOS PARA EL CONTROL Y CALIDAD DE LOS DATOS

- **Método para la elaboración de empaque plástico biodegradable.**

Se innovó la metodología de Hernández Carrillo 2009(Figura 1).

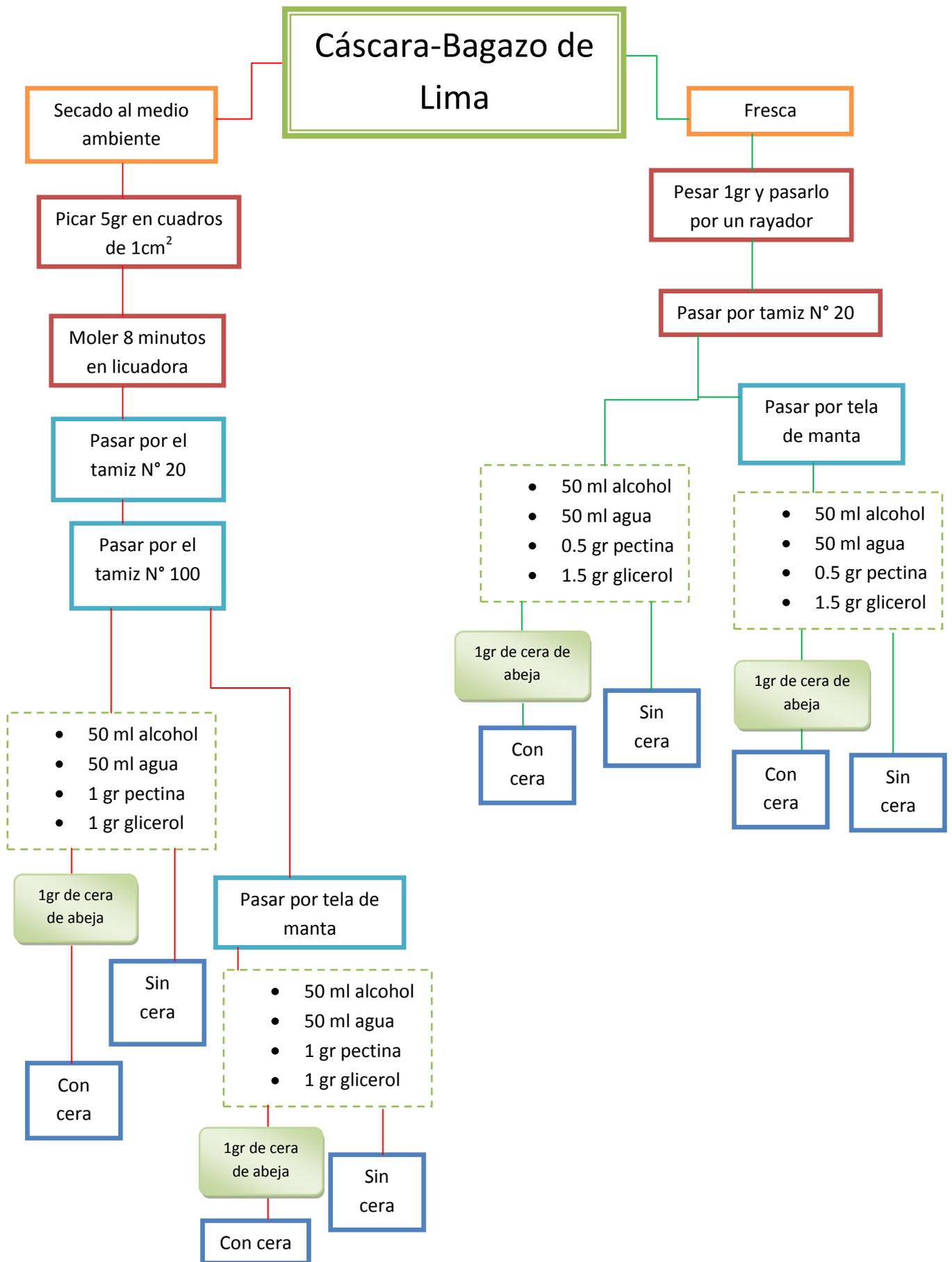


Figura 1.- Diagrama del proceso de la elaboración del empaque plástico.

Procedimiento para la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del empaque plástico biodegradable.

- **Método para la determinación del espesor en el empaque plástico biodegradable.**

El espesor se midió con un Vernier Digital (SURTEK 122204 Stainless Hardened) en 10 puntos distintos de las películas para obtener un promedio.

- **Método para la determinación de la densidad en el empaque plástico biodegradable.**

Se pesó la película en una balanza analítica (OAHUS analytical *plus*). Para la determinación de su volumen se puso una probeta con un volumen fijo y conocido, se introdujo la película a ésta y por diferencia de volúmenes se calculó el volumen correspondiente. Respectivamente se hicieron los cálculos:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}}$$

- **Método para la determinación de termosellado en el empaque plástico biodegradable.**

Para esta prueba se tomaron dos trozos de cada tipo de película y se colocaron uno sobre otro en tres formas distintas: lado brillante - lado brillante, lado brillante - lado opaco, y lado opaco - lado opaco. Luego se pusieron en una selladora de bolsas y se aplicó un tiempo de sellado de 3 segundos.

- **Método para la determinación de impresión en el empaque plástico biodegradable.**

Se realizó mediante la metodología de Hernández Carrillo 2009, imprimiendo el código de cada película sobre el trozo correspondiente, utilizando una impresora laser HP Laserjet 1020. Después de que se secó bien la impresión se frotaron los trozos para observar si la tinta se fijó en las películas.

- **Método para la determinación de humedad en el empaque plástico biodegradable.**

La humedad de las películas se midió según el método 934.06 AOAC (1998), el cual se basa en la pérdida de peso de una muestra cuando se coloca en una estufa.

- **Método para la determinación de permeabilidad al vapor de agua en el empaque plástico biodegradable.**

La permeabilidad al vapor de agua se determinó de acuerdo al método gravimétrico estándar de la ASTM, E 96_80 (ASTM, 1989) conocido como “método de copa” o “celda de prueba”.

- **Método para la determinación de las propiedades mecánicas del empaque plástico biodegradable.**

Para esta prueba se pensaba manejar el texturómetro TA: XT Plus para las pruebas de punción y estirabilidad o elongación. Debido a la complicación que se presentó, por la falta de este aparato, y por los tiempos establecidos para la experimentación, se ideó una forma de medir la resistencia o punto de ruptura del plástico, creando una base donde se ajustó el plástico por los extremos y dejando libre la superficie del centro, en dicha superficie, se colocó un recipiente, al que poco a poco se le introdujo objetos hasta que la masa total rompió al plástico. Se realizaron los cálculos correspondientes para determinar la fuerza total entre el área de la película.

- Se compararon los resultados de la evaluación de propiedades físicas y mecánicas del empaque plástico biodegradable obtenido con la **NMX-E-239-SCFI-2002** de productos utilizados en el sector salud, bolsas de polietileno de baja densidad para uso en áreas de nutrición y dietética, y **NMX-EE-207-1986** de películas de polietileno para envasar pan de caja y bollería.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

A) PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS

Los resultados obtenidos corresponden a los procesos de: Lote No. 1 “Secado de la cáscara-bagazo de lima al medio ambiente” y Lote No. 2 “Cáscara-bagazo fresco”, donde por cada lote se obtuvieron cuatro tipos diferentes de empaque plástico biodegradable (filtrado con cera, filtrado sin cera, sin filtrar con cera y sin filtrar sin cera). Figura 2.

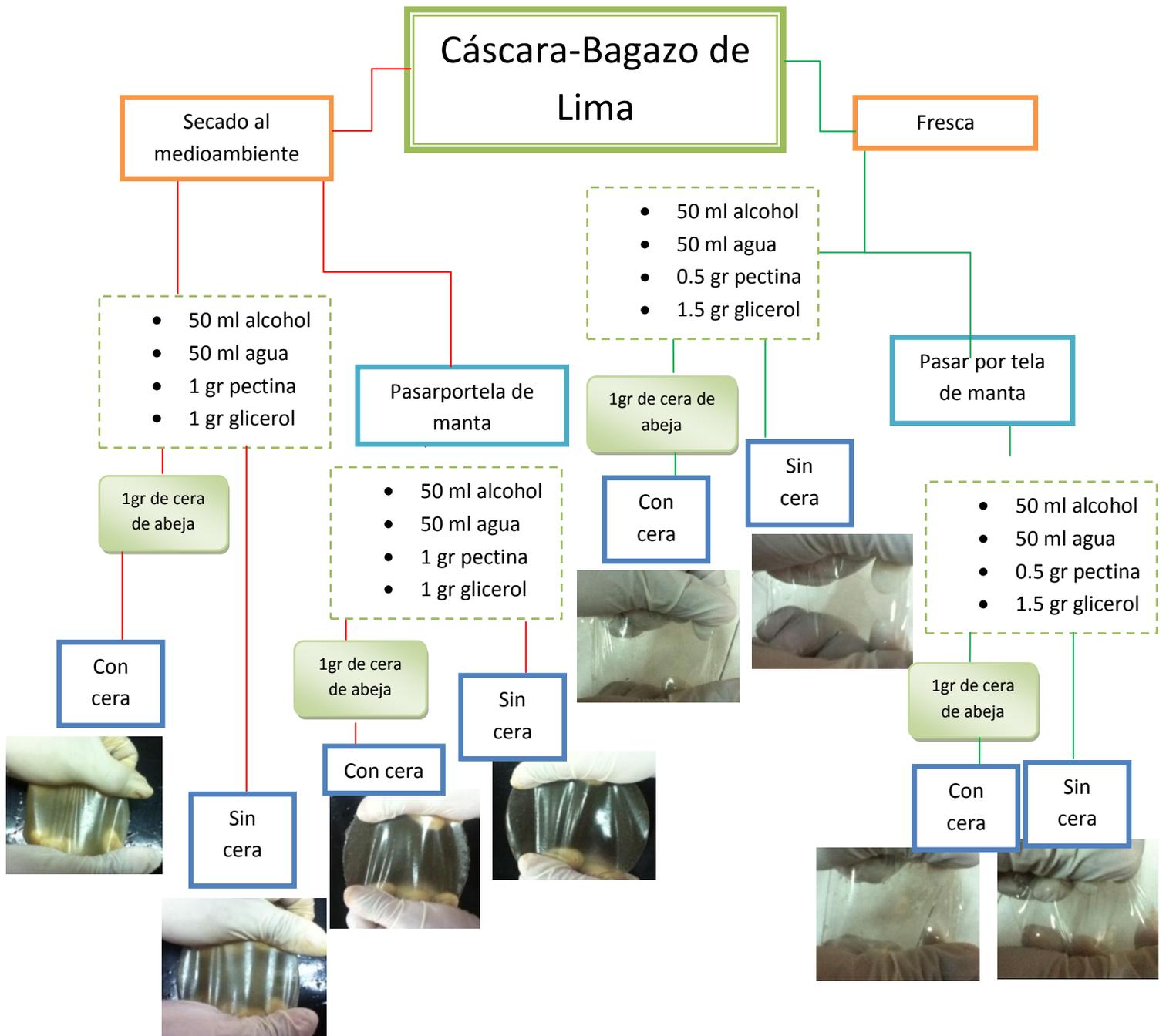


Figura 2.- Resultados ilustrados de las películas biodegradables por lote.

A continuación se muestra los resultados generales de las ocho películas biodegradables diferentes que se realizaron, a los cuales se les evaluó la densidad, espesor, termosellado, impresión, punción y estirabilidad (punto de ruptura), humedad, permeabilidad al vapor de agua, y color (Tabla 1).

Tabla 1.- Resultados generales de los ocho tipos de películas biodegradables.

	Lote 1.- Película sin filtrar/sin cera de abeja	Lote 1.- Película filtrada/sin cera de abeja	Lote 1.- Película sin filtrar/con cera de abeja	Lote 1.- Película filtrada/con cera de abeja	Lote 2.- Película sin filtrar/sin cera de abeja	Lote 2.- Película filtrada/sin cera de abeja	Lote 2.- Película sin filtrar/con cera de abeja	Lote 2.- Película filtrada/con cera de abeja
Espesor (mm)	1.3915	1.6104	0.9983	1.3464	0.131	0.135	0.146	0.147
Densidad (g/cm³)	0.235	0.2386	0.299	0.3173	0.8297	0.8499	0.7508	0.9416
Color	<i>Verde Amárela</i>	<i>Verde Amárela</i>	<i>Verde Amárela</i>	<i>Verde Amárela</i>	<i>Trasparente</i>	<i>Trasparente</i>	<i>Trasparente</i>	<i>Trasparente</i>
Termosellado	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo
Impresión	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo	Positivo
Humedad (%)	11.61	11.87	10.91	11.90	19.72	22.38	22.64	18.14
Permeabilidad a vapor de agua (mol · m/sm² · Pa)	1.4697 x10 ⁻¹²	1.4540 x10 ⁻¹²	2.7714 x10 ⁻¹²	3.6945 x10 ⁻¹²	8.4802 x10 ⁻¹⁸	6.1439 x10 ⁻¹⁸	2.5331 x10 ⁻¹⁸	3.3484 x10 ⁻¹⁸
Punción y Estirabilidad (N/cm²)	7.24	7.27	7.89	7.46	8.59	8.38	9.03	8.84

B) COMPARACIÓN CON LAS NORMAS MEXICANAS

Haciendo la comparación de los resultados de los ocho tipos de plásticos biodegradables (tabla 2 y 3) elaborados se consideró que el Lote No.2 puede usarse para envasar pan de caja y bollería de acuerdo a que tiene los estándares más aproximados a los que se manejan en la NMX-EE-207-1986.

Tabla 2.- Comparación de resultados obtenidos en Lote No.1 (cáscara-bagazo seca al medio ambiente) con las normas mexicanas.

	Lote 1.- Película sin filtrar/sin cera de abeja	Lote 1.- Película filtrada/sin cera de abeja	Lote 1.- Película sin filtrar/con cera de abeja	Lote 1.- Película filtrada/con cera de abeja	NMX-EE-207-1986	NMX-E-239-SCFI- 2002
Espesor (mm)	1.3915	1.6104	0.9983	1.3464	0.0254-0.0762	0.038
Densidad (g/cm³)	0.235	0.2386	0.299	0.3173	0.910 -0.925	0,919 a 0,923
Color	<i>Verde Amárela</i>	<i>Verde Amárela</i>	<i>Verde Amárela</i>	<i>Verde Amárela</i>	<i>Trasparente</i>	<i>Trasparente</i>

Tabla 3.- Comparación de resultados obtenidos en Lote No.2 (cáscara-bagazo fresco) con las normas mexicanas.

	Lote 2.- Película sin filtrar/sin cera de abeja	Lote 2.- Película filtrada/sin cera de abeja	Lote 2.- Película sin filtrar/con cera de abeja	Lote 2.- Película filtrada/con cera de abeja	NMX-EE-207-1986	NMX-E-239-SCFI-2002
Espesor (mm)	0.131	0.135	0.146	0.147	0.0254-0.0762	0.038
Densidad (g/cm³)	0.8297	0.8499	0.7508	0.9416	0.910 -0.925	0,919 a 0,923
Color	<i>Trasparente</i>	<i>Trasparente</i>	<i>Trasparente</i>	<i>Trasparente</i>	<i>Trasparente</i>	<i>Trasparente</i>

C) ANALISIS ESTADÍSTICO

Para sustentar científicamente los resultados se realizó un análisis estadístico. Para suavizar la complejidad del análisis estadístico se determinó solamente una variable predictora: el espesor de la película del plástico obtenido, porque el espesor se considera un factor muy importante para determinar las propiedades físicas del plástico así como la calidad del mismo.

Para realizar los cálculos estadísticos se introdujeron los 240 datos repartidos en 8 procesos diferentes al programa de Minitab 16. Se utilizó la estadística básica con un resumen gráfico para los cuatro procesos de cada lote. Los resultados se tabularon en una serie de datos tomados de las gráficas por cada proceso (tabla 4).

Tabla No. 4.- Datos estadísticos correspondientes a cada proceso de los dos lotes.

Estadístico	Lote No. 1 (seca)				Lote N. 2 (fresca)			
	Seca FSC	Seca SFSC	Seca FCC	Seca SFCC	Fresca FSC	Fresca SFSC	Fresca FCC	Fresca SFCC
P. Anderson-Darling	0.96	0.92	0.26	0.33	0.57	1.14	0.65	0.53
Valor P	0.013	0.016	0.697	0.507	0.13	0.005	0.079	0.159
Media	0.23867	0.235	0.31733	0.299	0.13567	0.131	0.14533	0.146
Desv. Estandar	0.03839	0.01978	0.05705	0.05454	0.03191	0.02187	0.02255	0.02343

FSC: filtrado sin cera de abeja; SFSC: sin filtrar sin cera de abeja; FCC: filtrado con cera de abeja; SFCC: sin filtrar con cera de abeja.

Otra de las herramientas estadísticas utilizada fue la ANOVA (tabla 5), para saber si los datos son estadísticamente iguales o no.

Tabla No. 5.- Análisis de Varianza (ANOVA).

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Factor	7	1.22413	0.17488	131.37	0.000
Error	232	0.30883	0.00133		
Total	239	1.53296			

S = 0.03648 R-cuad. = 79.85% R-cuad. (ajustado) = 79.25%

Se utilizó también el método de Tukey (tabla 6), el cual indica de cada lote los procesos que comparten la misma letra de agrupación son estadísticamente iguales.

Tabla No. 6.- Agrupar información utilizando el método de Tukey

	N	Media	Agrupación
Seca FCC	30	0.31733	A
Seca SFCC	30	0.29900	A
Seca FSC	30	0.23867	B
Seca SFSC	30	0.23500	B
Fresca SFCC	30	0.14600	C
Fresca FCC	30	0.14533	C
Fresca FSC	30	0.13567	C
Fresca SFSC	30	0.13100	C

Con el análisis de varianza se manejarán dos hipótesis con un valor de significancia de $\alpha = 0.05$.

H_0 : Las varianzas **son iguales**.

H_1 : Las varianzas **no son iguales**.

Al analizar la tabla ANOVA se observa que el valor de P es menor que α (0.05) rechazando la hipótesis nula (H_0), lo cual indica que dos o más varianzas estadísticamente son diferentes.

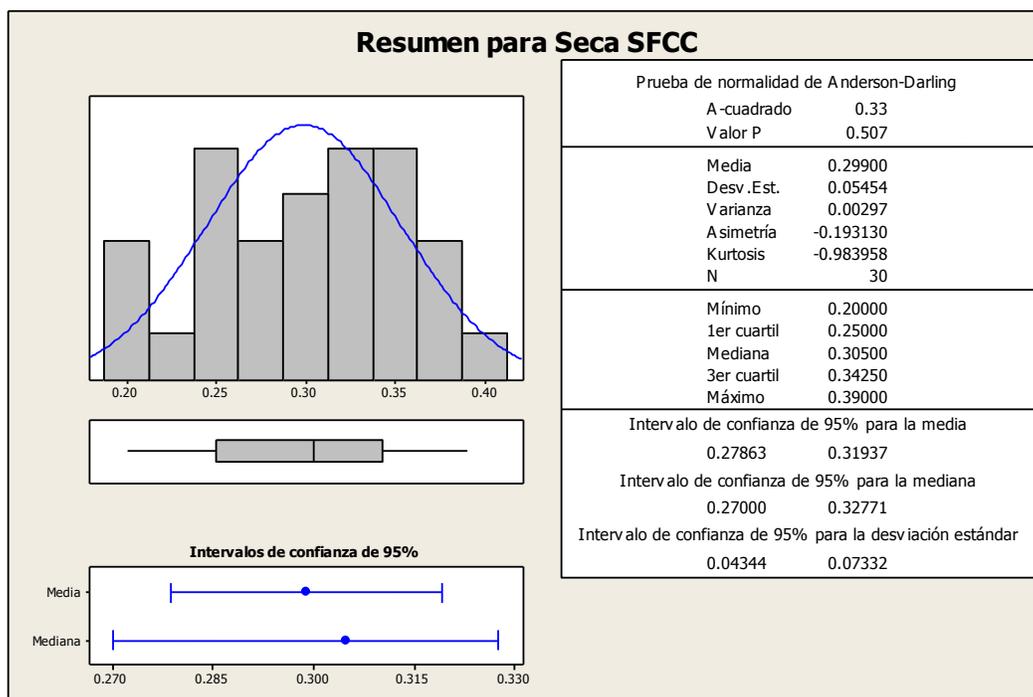
Y mediante el método de Tukey se pudo notar que en el caso del Lote No.1 (seca), los procesos con cera de abeja son estadísticamente iguales entre sí (indicados con letra A) y así mismo, los procesos sin cera de abeja (indicados con la letra B). Por lo cual se deduce que los filtrados no son una variable significativa

en los procesos del Lote No.1. En cuanto al lote No.2 se observa que todos los procesos son estadísticamente iguales (indicados con la letra C) pero diferentes a los procesos del Lote No. 1.

Para determinar cuál es el proceso óptimo en cada uno de los lotes, se analizó los datos estadísticos (tabla 4), el análisis de varianza (tabla 5), el método de Tukey (tabla 6) y los conocimientos prácticos de la experimentación.

En el caso del Lote No.1 (cáscara-bagazo seco al medio ambiente) el proceso óptimo es “sin filtrar con cera de abeja (SFCC)” (gráfica 1), ya que es económico porque se omite el filtrado, tendrá cera de abeja que actúa como un agente surfactante que mejora la propiedad de la película, su densidad es alta lo cual es favorable, los datos están normalizados, la media estadística no es un valor alto y muestra poca dispersión en los datos.

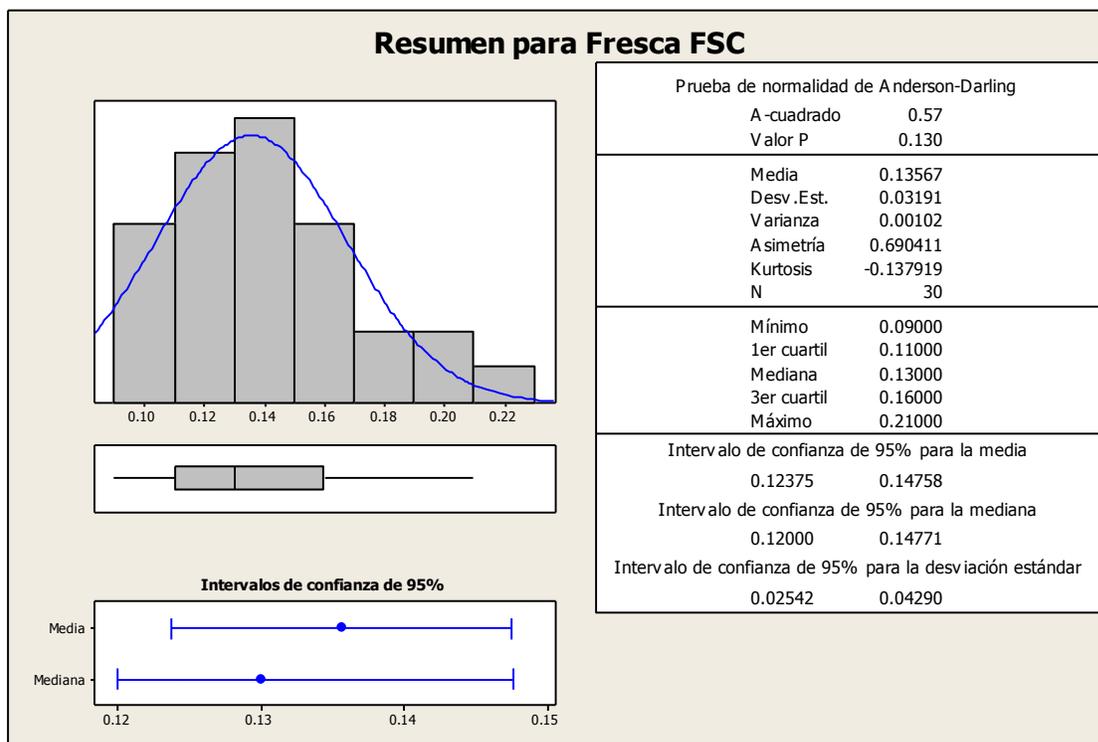
Gráfica No. 1.- Resumen estadístico Lote No.1 “sin filtrar con cera de abeja (SFCC)”.



Para el Lote No. 2 (cáscara-bagazo fresco) el proceso óptimo (gráfica 2), es “filtrado sin cera de abeja (FSC)”, debido a que económicamente se ahorrarán gastos por no contener cera de abeja, al estar filtrada el plástico será más

atractivo visualmente, tiene una densidad alta, los datos están normalizados, la media estadística es baja y muestra poca dispersión en los datos.

Gráfica No. 2.- Resumen estadístico del Lote No. 2, filtrado sin cera de abeja (FSC)".



Una vez teniendo los procesos más óptimos por cada lote, se compararon y se determinó mediante el análisis estadístico y los conocimientos prácticos de la experimentación, que el proceso más viable de toda la metodología corresponde al **Lote No. 2 (cáscara-bagazo fresco) “filtrado sin cera de abeja (FSC)”**.

CONCLUSIONES

Se cumplió el primer objetivo específico, innovar la metodología de Hernández C. (2009) para producir el plástico biodegradable a partir de los residuos de cáscara y bagazo de lima, donde fue evidente la diferencia de resultados en cuanto a sus propiedades físicas y mecánicas, ya que la metodología innovada del Lote No.2 mostró resultados más favorables en comparación con la metodología del Lote No.1.

En cuanto al segundo objetivo específico (evaluar las propiedades físicas y mecánicas del plástico biodegradable producido de la cáscara y bagazo de lima comparando los datos obtenidos con los de la norma NMX-E-239-SCFI-2002 y NMX-EE-207-1986) se cumplió de manera positiva, debido a que se obtuvieron los resultados y se hizo la comparación, demostrando así que el Lote No.2 fue el que más se aproximó a los estándares de las normas, específicamente a la **NMX-EE-207-1986**.

En relación a la hipótesis de este proyecto de investigación, ésta se cumple y de manera satisfactoria se pueden ofertar hasta el momento ocho empaques plásticos biodegradables diferentes.

Mediante el análisis estadístico se concluyó que para el Lote No.1 (cáscara-bagazo seca al medio ambiente) el proceso más óptimo es “sin filtrar con cera de abeja (SFCC)”. Y en cuanto al Lote No. 2 (cáscara-bagazo fresco) el proceso más óptimo es “filtrado sin cera de abeja (FSC)”.

Al realizar la comparación de los dos procesos más óptimos, se dedujo que el proceso más viable, sustentado estadísticamente de toda la metodología corresponde al Lote No. 2 (cáscara-bagazo fresco) “filtrado sin cera de abeja (FSC)”.

BIBLIOGRAFÍA

1. Durango, A; Soares. N; Arteaga, R. (2011) Filmes y revestimientos comestibles como empaques activos biodegradables en la conservación de alimentos. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. Vol. 9 No. 1 (122 - 128)
2. SAGARPA, (2010). *Producción de lima en México*. Extraído el día 11 de Junio de 2012, desde http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351

3. Jaramillo J.C., Hernández M. S., (2011) *Obtención de empaques biodegradables a partir de cáscara de tuna y lima*. XVIII Gran Encuentro Nacional de Ciencia Joven. Guadalajara, Jalisco.
4. *Empaques y películas biodegradables y/o comestibles para alimentos*. (s.f.). Extraído el 17 de octubre del 2011 desde <http://materiales.eia.edu.co/ciencia%20de%20los%20materiales/articulos-materiales>
5. Hernández, J. G., et al. (2009). *Desarrollo de material de empaque comestible/biodegradable a partir de la cascara de tuna*. Extraído el 17 de Noviembre de 2011 desde www.pncta.com.mx/pages/pncta_investigaciones_09h.asp
6. Castañeda, L.H. (s.f.). *Empaques y Medio Ambiente: gestión de residuos sólidos*. Extraído el 18 de Abril de 2012 desde www.catalogodeempaques.com
7. Delgado, P. (2011). *10 por ciento crecerá la industria del plástico en el 2011: ANIPAC. Ciudad Capital*. Obtenido el día 10 de febrero de 2012, desde <http://www.ciudadcapital.com.mx/archives/8778>.
8. Arredondo, T., et al. 2007. Efectos de la temperatura de refrigeración comercial sobre el análisis de perfil de texturas de frutos de zarzamora recubiertos con caseinato de sodio. *XXI Jornada de Ingeniería Bioquímica*. Instituto Tecnológico de Celaya. Celaya, Gto. Del 6 al 10 de Octubre. 30-32.
9. Santoyo C. J., et al. 2007. Determinación del grado de aceptación sensorial de frutos de garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*) recubiertos con caseinato de sodio. *XXI Jornada de Ingeniería Bioquímica*. Instituto Tecnológico de Celaya. Celaya, Gto. Del 6 al 10 de Octubre. 46-49.
10. Segura, M., Nieto F. (2008) *Productos con valor agregado a partir del suero lácteo*. XV Gran Encuentro Nacional de Ciencia Joven.