



“Elaboración de una cera vegetal a partir de palma africana *Elaeis guineensis* Jacq., para recubrimiento de cartón”

Ledesma Robila, Melanie Angeles

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería en Biotecnología

“Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera en Biotecnología”








M.Sc. Vargas Verdesoto, Rafael Eduardo

24 de agosto del 2021

Document Information

Analyzed document	Ledesma Melanie_Tesis_ revisada 20.08.2021 urkund.docx (D111515948)
Submitted	8/20/2021 5:36:00 PM
Submitted by	
Submitter email	revargas@espe.edu.ec
Similarity	7%
Analysis address	revargas.espe@analysis.unkund.com

Sources included in the report

	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / TRABAJO DE TITULACIÓN Evaluación in vitro del efecto alelopático del aceite esencial de Tagetes minuta L. (chincho).docx		
SA	Document TRABAJO DE TITULACIÓN Evaluación in vitro del efecto alelopático del aceite esencial de Tagetes minuta L. (chincho).docx (D97358786) Submitted by: kiproanio@espe.edu.ec Receiver: kiproanio.espe@analysis.unkund.com		8
W	URL: https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/12058/1/T-ESPE-053436.pdf Fetched: 11/13/2019 1:25:34 AM		1
W	URL: http://siwaxgroup.com/wp-content/uploads/2018/07/las-ceras-en-la-industria-del-embalaje.pdf Fetched: 12/18/2020 10:16:34 PM		1
W	URL: https://eprints.ucm.es/4423/1/T26589.pdf Fetched: 5/13/2020 2:12:52 AM		1
W	URL: http://45.238.216.13/ojs/index.php/mikarimin/article/download/469/231 Fetched: 8/6/2021 7:58:01 PM		2
SA	TESIS FERMENTADOR DE CACAO documento para urkun.docx Document TESIS FERMENTADOR DE CACAO documento para urkun.docx (D110985951)		3
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Tesis-Karina Pilicita-Urkund.docx Document Tesis-Karina Pilicita-Urkund.docx (D25834452) Submitted by: mbjadan@espe.edu.ec Receiver: mbjadan.espe@analysis.unkund.com		2

Firma:



Rafael Eduardo Vargas Verdesoto, M.Sc.

C.C. 170820053-8



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**Elaboración de una cera vegetal a partir de palma africana *Elaeis guineensis* Jacq., para recubrimiento de cartón**” fue realizado por la señorita **Ledesma Robila, Melanie Angeles**, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 24 de agosto del 2021

Firma:

Msc. Vargas Verdesoto, Rafael Eduardo

C.C.: 170820053-8



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Ledesma Robila, Melanie Angeles**, con cédula de ciudadanía n°1719695106, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Elaboración de una cera vegetal a partir de palma africana *Elaeis guineensis* Jacq., para recubrimiento de cartón”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 24 de agosto del 2021

Firma:

Ledesma Robila, Melanie Angeles

C.C.: 1719695106



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y DE LA AGRICULTURA
CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Ledesma Robila Melanie Angeles**, con cédula de ciudadanía n° 1719695106, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Elaboración de una cera vegetal a partir de palma africana *Elaeis guineensis* Jacq., para recubrimiento de cartón”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 24 de agosto del 2021

Firma:

Una firma manuscrita en tinta azul que parece leer "Ledesma Robila".

Ledesma Robila, Melanie Angeles

C.C.: 1719695106

DEDICATORIA

Este trabajo es dedicado a Dios por darme la fuerza necesaria para culminar mis estudios, guiar mi camino y levantarme en los momentos de frustración, pero principalmente por permitirme disfrutar de este momento crucial de mi vida junto a todos mis seres queridos.

A mis padres, mi esposo, mis hermanas, mis sobrinos y mis abuelitas quienes, con su apoyo incondicional, amor y confianza aportaron a mi formación tanto personal como profesional permitiéndome culminar mi carrera.

Melanie Angeles Ledesma Robila

AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme dado vida y permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional junto a toda mi familia y seres queridos, y por darme la fuerza para seguir adelante en los momentos difíciles.

A mis padres Galo y Kelly quienes con su ejemplo me enseñaron a nunca darme por vencida y siempre seguir adelante sin importar lo complicado o difícil que se vuelva una situación, por ser mi inspiración, por todo su amor, comprensión y motivación.

A mi esposo Paulo por su apoyo incondicional, su amor, su paciencia y sus palabras de aliento.

A mis hermanas Zayda y Anita, por su cariño, sus consejos, peleas y bromas que siempre están presentes.

A mis sobrinos Zamir y Naim por alegrar mis días con su cariño y sus locuras.

A mis abuelitas por siempre estar pendientes de mí y por sus oraciones.

A mis amigas, Estefy, Andre, Jany, Anita, Yaha y Sasha por compartir durante mi carrera todas las alegrías y tristezas que se presentaron en el camino.

A mi tutor Rafael Vargas y a mi cotutora Kary Ponce por haberme guiado, no solo en la elaboración de mi proyecto de titulación, sino a lo largo de mi carrera ya que con su dirección y conocimiento me permitieron cumplir esta meta anhelada.

A Kary, Vane, Carlita, Susanita y Kathy quienes facilitaron esta investigación y me dieron su confianza.

Finalmente quiero dedicar esta tesis mis perritos, osito+, kira, panchito y doby por su compañía.

Melanie Angeles Ledesma Robila

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESULTADOS DE LA HERRAMIENTA URKUND.....	2
CERTIFICACIÓN	3
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA	4
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	5
DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTO	7
ÍNDICE DE TABLAS	11
ÍNDICE DE FIGURAS.....	12
LISTADO DE ABREVIATURAS.....	13
LISTADO DE SÍMBOLOS	15
RESUMEN	16
ABSTRACT	18
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	20
Planteamiento del Problema	20
Justificación del Problema	21
Objetivos	23
Objetivo General	23
Objetivos Específicos.....	23
Hipótesis	23
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	24
Palma Africana.....	24
Aspectos Generales de la Palma Africana	24

	9
Condiciones Ambientales para el Cultivo.....	25
Características Climáticas	25
Características del suelo.....	25
Características Morfológicas.....	26
Productos de la Palma Africana.....	27
Aceite de Palma.....	28
Aceite de Palmiste	28
Subproductos de la Palma Africana.....	29
Refinación del Aceite	29
Aplicaciones Industriales de las ceras vegetales.....	31
Petróleo.....	31
Origen y Composición.....	31
Alcanos	32
Parafinas Macrocristalinas.....	32
Ceras Semicristalinas	33
Ceras Microcristalinas.....	33
Naftenos.....	34
Aromáticos	34
Aplicaciones Industriales de la Parafina	34
Impacto Ambiental del Petróleo	35
Monoestearato de Glicerilo	35
Cartón Corrugado.....	35
Pruebas de Control de Calidad del Cartón.....	39

	10
Ensayo de Cobb.....	39
Prueba de Resistencia a la Compresión de la Caja Armada (BCT).....	40
Características fisicoquímicas.....	42
Punto de Fusión.....	42
Viscosidad	43
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	44
Obtención de la Parafina.....	44
Elaboración de las Ceras Vegetales	44
Determinación de la Absorción de Agua.....	44
Resistencia a la Compresión de la Caja Armada.....	47
Caracterización de las Muestras Seleccionadas	48
Punto de Fusión	48
Viscosidad.....	49
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	51
Ensayo de Cobb.....	51
Prueba BCT	55
Punto de Fusión	58
Viscosidad.....	59
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	62
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	70
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES.....	71
CAPÍTULO VIII: BIBLIOGRAFÍA	72
CAPÍTULO IX: ANEXOS.....	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clases texturales de suelos de acuerdo a la clasificación americana	26
Tabla 2 Tipos de ondulaciones y sus alturas en cartón corrugado	38
Tabla 3 Diseño factorial 3x2	45
Tabla 4 ANOVA de la variable Agua Absorbida respecto al tipo de tratamiento	52
Tabla 5 Test de Duncan del Agua Absorbida respecto al tipo de tratamiento	52
Tabla 6 Prueba de Kruskal Wallis para el Ensayo de Cobb	54
Tabla 7 ANOVA de la variable Fuerza Máxima respecto al tipo de tratamiento	56
Tabla 8 Test de Duncan de la Fuerza Máxima con respecto al tipo de tratamiento.	56
Tabla 9 Prueba de Kruskal Wallis para la prueba BCT.....	57
Tabla 10 ANOVA de la variable Viscosidad con respecto al tipo de tratamiento.....	59
Tabla 11 Test de Duncan de la Viscosidad respecto al tipo de tratamiento	60
Tabla 12 Prueba de Kruskal Wallis para el análisis de Viscosidad.....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Partes del fruto de la Palma Africana.....	27
Figura 2 Elementos que componen el cartón corrugado.....	36
Figura 3 Estructura de un cartón corrugado de cara simple	37
Figura 4 Estructura de un cartón corrugado de doble cara	37
Figura 5 Estructura de un cartón corrugado de cara triple	38
Figura 6 Equipo de Cobb	40
Figura 7 Máquina de Ensayos Mecánicos Universales.....	41
Figura 8 Reloj Comparador	41
Figura 9 Indicador de Fuerza	42
Figura 10 Modo de fijación de los capilares al termómetro	49
Figura 11 Reómetro y Husillo empleado para determinar la Viscosidad.....	50
Figura 12 Test de Cobb realizado en una probeta recubierta con parafina	51
Figura 13 Cantidad de Agua Absorbida (g/m^2) durante dos minutos	55
Figura 14 Fuerza Máxima (kgf) que resiste un cartón sin y con cera.....	58
Figura 15 Punto de Fusión de los tratamientos T2, T5 y T8	59
Figura 16 Viscosidad de las muestras de cera vegetal y parafina	61

LISTADO DE ABREVIATURAS

mm/año	Milímetros por año
msnm	Metros sobre el nivel del mar
g/m²	Gramos por metro cuadrado
min	Minutos
s	Segundos
rad/s	Radianes por segundo
°C	Grados Centígrados
°F	Grados Fahrenheit
rpm	Revoluciones por minuto
cm	Centímetros
mm	Milímetros
ml	Mililitros
mm/min	Milímetros por minuto
kgf	Kilogramos Fuerza
lbf	Libras Fuerza
kN	Kilonewtons
N	Newtons
Pa*s	Pascal por segundo
cSt	Centistokes
cP	Centipoise

BCT	Box Compression Test
SE.RBD	Superestearina Refinada, Blanqueada y Desodorizada
PFH.RB	Palma full Hidrogenada Refinada y Blanqueada
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
WOP	World Packaging Organization
FDA	Food and Drugs Administration
ANOVA	Analysis of Variance
SO_x	Óxidos de Azufre
CO₂	Dióxido de Carbono
H₂S	Ácido Sulfídrico
H₂	Hidrógeno

LISTADO DE SÍMBOLOS

Pf Peso Final

Pi Peso Inicial

% Porcentaje

= Igual

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar si la cera vegetal elaborada a partir de Palma Full Hidrogenada, Refinada y Blanqueada (PFH.RB) o la Superestearina Refinada, Blanqueada y Desodorizada (SE.RBD) al mezclarse con el aditivo monoestearato de glicerilo, pueden emplearse como sustituto de la parafina comercial en la aplicación de recubrimiento de cartón, para así mejorar sus propiedades de impermeabilización y resistencia a la compresión. Primero se realizó el ensayo de Cobb en ocho tratamientos: T1 o control negativo, cartón sin recubrimiento de cera; T2 con recubrimiento de Superestearina RBD al 2% del aditivo de monoestearato de glicerilo (SE.RBD 2%); T3, T4 con recubrimiento de Superestearina RBD al 5% (SE.RBD 5%) y 7% (SE.RBD 7%), respectivamente; T5, T6, T7 con recubrimiento de Palma Full Hidrogenada RB al 2% (PFH.RB 2%), 5% (PFH.RB 5%), 7% (PFH.RB 7%), respectivamente y T8 o control positivo; con recubrimiento de Parafina comercial, siguiendo el protocolo de la Norma Técnica Ecuatoriana INEN NTE 1400:2013. De acuerdo al análisis de ANOVA, test de Duncan, Prueba de Shapiro Wilks y Kruskal Wallis los tratamientos T2 (0,00 g/m²) y T5 (0,39 g/m²) presentaron los mejores resultados de cada una de las ceras vegetales. La resistencia a la compresión se efectuó en los tratamientos seleccionados previamente (T2 y T5) y los dos controles (T1 y T8) mediante la prueba de Compresión de Caja Armada (BCT) en base a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1422:2013 obteniéndose que el cartón con parafina soporta la mayor fuerza de 156,23 kgf seguido del tratamiento T2 (155,06 kgf), T5 (136,83 kgf) y T1 (126,99 kgf). Adicionalmente, se midió el punto de fusión y viscosidad de los tratamientos T2, T5 y T8 para caracterizarlos.

PALABRAS CLAVES:

- **PALMA FULL HIDROGENADA RB**
- **SUPERESTEARINA RBD**
- **PARAFINA**

ABSTRACT

The objective of this study was to determine whether the vegetable wax made from Full Hydrogenated, Refined and Bleached Palm (PFH.RB) or Refined, Bleached and Deodorized Superestearin (SE.RBD) when mixed with the additive glyceryl monostearate, can be used as a substitute for commercial paraffin in the application of cardboard coating in order to improve its waterproofing properties and resistance to compression. First, the Cobb test was performed on eight treatments: T1 or negative control, cardboard without wax coating; T2 coated with 2% Superestearin RBD of the additive of glyceryl monostearate (SE.RBD 2%), T3, T4 coated with 5% Superestearin RBD (SE.RBD 5%) and 7% (SE.RBD 7%), respectively; T5, T6, T7 covered with 2% Full Hydrogenated Palm RB (PFH.RB 2%), 5% (PFH.RB 5%), 7% (PFH.RB 7%), respectively and T8 or positive control; coated with commercial paraffin, following the protocol of the Ecuadorian Technical Standard INEN NTE 1400:2013. According to the ANOVA analysis, Duncan test, Shapiro Wilks and Kruskal Wallis test, treatments T2 (0.0 g/m²) and T5 (0.39 g/m²) presented the best results for each of the vegetable waxes. The compressive strength was carried out in the previously selected treatments (T2 and T5) and the two controls (T1 and T8) through the Armed Box Compression test (BCT) based on the Ecuadorian Technical Standard NTE INEN 1422:2013 obtaining that the cardboard with paraffin supports the highest force of 156.23 kgf followed by the treatment T2 (155.06 kgf), T5 (136.83 kgf) and T1 (126.99 kgf). Additionally, the melting point and viscosity of treatments T2, T5 and T8 were measured to characterize them.

KEYWORDS:

- **FULL HYDROGENATED PALM RB**
- **SUPERESTEARIN RBD**
- **PARAFFIN**

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Planteamiento del Problema

En la industria de envases y embalajes tanto a nivel nacional como internacional el cartón corrugado es uno de los materiales más empleados, debido a que se adecua a los diferentes tamaños y formas de los productos, es económico y liviano (Kengfall & Rodríguez, 2017). Según la WOP (World Packaging Organization) los empaques de cartón corrugado ocupan aproximadamente el 36% del mercado de embalajes a nivel mundial (Larrazábal, 2006) generando una facturación anual de miles de millones de dólares (I. Martínez, 2009). En el Ecuador en el año 2019 la venta de papel y cartón ondulado, así como envases de papel y cartón ocupó un 39,2% de las actividades productivas relacionados con esta industria (A. Sánchez *et al.*, 2019). Durante el año 2018 la industria de cartón en Ecuador generó \$595,8 millones de dólares a pesar de importar la materia prima para la fabricación de los productos finales que se originan de la pulpa de papel, jugando un papel importante en la economía del Ecuador ya que su actividad es fundamental para el desarrollo correcto de otros sectores productivos (A. Sánchez *et al.*, 2019).

Los principales países productores de cartón a nivel mundial son: Estados Unidos con el 42%, Guatemala con el 17%, Panamá con el 10%; Colombia, el Salvador y Costa Rica con el 5% respectivamente (PROCARSA, 2013).

Las fábricas más importantes ecuatorianas que producen cartón son: Papelera Nacional S.A., Productora Cartonera S.A., Incarpalm S.A., y Cartopel S.A. (PROCARSA, 2013).

La Real Academia Española (RAE, 2021) define al cartón como “Materia formada por la superposición de hojas de pasta de papel adheridas unas a otras con la humedad por compresión y secadas después por evaporación, con lo que adquiere cierta dureza”. Esta propiedad física de dureza que posee el cartón es una de las principales razones por las que se utiliza para empacar y transportar diversos productos; además de ser un material relativamente barato de fabricar, presenta resistencia y durabilidad, al mismo tiempo que ofrece flexibilidad (American Forest & Paper Association, 2019), pero resulta muy común que existan daños en su superficie debido al incremento de humedad, provocando el ablandamiento del cartón y la pérdida de resistencia original de la caja a la estiba (J. Rodríguez, 2010) lo que genera el colapso de la caja bajo una carga de compresión moderada (Ong *et al.*, 1996).

Justificación del Problema

La cera de parafina se ha utilizado durante mucho tiempo para numerosos fines como es la fabricación de velas, fósforos, cosméticos entre otros; en cuanto a la industria alimentaria se ha empleado para recubrir, laminar o impregnar cartón, papel u otros materiales que generalmente son utilizados como envoltorios, contenedores o cubiertas (Moyer & Fauber, 1964; Murphy *et al.*, 2013).

Al encerar las cajas de cartón con parafina, este revestimiento permite un rendimiento aceptable en condiciones de ambiente húmedo actuando como una barrera antihumedad prolongando la vida útil de los productos contenidos en su interior, además de aportar mayor resistencia al apilamiento del cartón (Repsol, 2021), pero se ha descubierto que los cartones revestidos con cera de parafina son difíciles de reciclar (Ong *et al.*, 1996) ya que la parafina es un producto fabricado a base de petróleo.

El petróleo es un recurso natural no renovable y su suministro a nivel mundial es limitado y ha disminuido, además su actividad causa impacto ambiental como la destrucción de la biodiversidad y el calentamiento global, entre otros (Bravo, 2007) lo que ha generado la necesidad de encontrar productos alternativos que cumplan con las mismas funciones, pero que provengan de recursos renovables y amigables con el medio ambiente (Hassan & Borsinger, 2009).

Desde el punto de vista de recursos naturales, así como de suministro, se pretende utilizar compuestos que se obtengan de fuentes renovables como son los extractos de plantas. Una opción a la parafina comercial es la cera vegetal que puede obtenerse del cultivo de palma africana *Elaeis guineensis* Jacq., (Ong *et al.*, 1996) ya que no debe ser importada y pueden producirse a un costo competitivo con la parafina (Hassan & Borsinger, 2009).

El propósito de esta investigación es emplear derivados de la palma africana como son la Palma Full Hidrogenada RB y la Superestearina RBD que en combinación con el monoestearato de glicerilo permite elaborar una cera vegetal para ser utilizada como recubrimiento para cajas de cartón corrugado y corroborar que cumple las mismas funciones de disminución de permeabilidad y aumento de la resistencia mecánica que la parafina comercial provee al cartón.

Objetivos

Objetivo General

Elaboración de una cera vegetal a partir de palma africana *Elaeis guineensis* Jacq., para recubrimiento de cartón.

Objetivos Específicos

- Elaborar una cera vegetal a partir de derivados de la palma africana *Elaeis guineensis* Jacq.
- Realizar el ensayo de Cobb empleando la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1400:2013 en los cartones encerados para obtener el tratamiento que presente menor absorción de humedad.
- Evaluar la resistencia a la compresión según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1422:2013 en el cartón revestido con la cera seleccionada previamente.
- Determinar las características fisicoquímicas de la cera vegetal con mejores resultados.

Hipótesis

- **Ho:** El cartón recubierto con cera vegetal elaborada a partir de palma africana *Elaeis guineensis* Jacq., presenta igual resistencia a la compresión que el recubierto con cera de parafina comercial.
- **H1:** El cartón recubierto con cera vegetal elaborada a partir de palma africana *Elaeis guineensis* Jacq., presenta mayor resistencia a la compresión que el recubierto con cera de parafina comercial.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Palma Africana

Aspectos Generales de la Palma Africana

La palma africana *Elaeis guineensis* Jacq., conocida también como palma aceitera, palmiche, palma de aceite, corajo de Guinea, entre otros, es una planta oleaginosa perenne cultivada por su elevado contenido de aceite vegetal ya que, en comparación con otras oleaginosas tradicionales como el girasol, la soya, el maní, el ajonjolí, etc., produce anualmente de 4 a 6 veces más aceite (IICA, 1983; Cardozo, 1959).

Es una planta que tiene gran rentabilidad por su elevada capacidad de producir aceite vegetal, cumple un rol fundamental dentro de la economía del país como proveedor de materia prima para la fabricación de productos destinados a la industria y alimentación. El cultivo de palma representa el 64% del consumo total de aceite vegetal, y a nivel mundial es primero en exportación y segundo en producción (Navas, 2001).

Inicia su producción comercial después de 36 o 48 meses de siembra en el campo (Morán & Ramírez, 1993) y dependiendo de las condiciones climáticas, el material de siembra y el manejo agronómico, la palma puede ser explotada económicamente por alrededor de 26 años o más (Chávez & Rivadeneira, 2003).

Su origen se ubica en el Este de África y del Golfo de Guinea (Cardozo, 1959). En el Ecuador la principal zona de producción de la palma africana está ubicado a lo largo de las vías Santo Domingo de los Colorados – Quevedo, Santo Domingo de los Colorados – Quinindé (Chávez & Rivadeneira, 2003; Romero, 1980).

Condiciones Ambientales para el Cultivo

Características Climáticas.

Las condiciones climáticas óptimas para el desarrollo y producción del cultivo de palma africana es una precipitación de 1.500 a 1.800 mm/año, entre 120 a 150 mm/mes que se obtiene en los meses de diciembre a febrero en el Noroccidente del Ecuador, un brillo solar de aproximadamente 1.400 horas/año que equivalen a 115 horas/mes, una temperatura media diaria-anual en el rango de 24°C a 26°C, una humedad ambiental promedio diario mensual del 75% y una altitud no mayor de 500 msnm (Chávez & Rivadeneira, 2003; Navas, 2001; Technoserve, 2009).

Características del suelo.

Para mejorar el desarrollo y rendimiento de la palma africana es adecuado emplear un suelo de textura franco-limoso a franco-arcilloso con una profundidad de por lo menos 0.60 m y una topografía semiondulada, ya que al sembrar en suelos totalmente planos o de significativa irregularidad se requiere de mayor inversión, repercutiendo en la rentabilidad. El pH apropiado para el cultivo está en el rango de 5 a 6,5 (Chávez & Rivadeneira, 2003).

Los tipos de suelo y texturas según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, USDA se pueden encontrar en la Tabla 1.

Tabla 1

Clases texturales de suelos de acuerdo a la clasificación americana, USDA

Tipos de suelo	Textura	Relación
		Arena-limo-arcilla (%)
Livianos	Arenoso	90-5-5
	Arenoso franco	80-15-5
Medios	Franco arenoso	65-25-10
	Franco	40-40-20
	Franco limoso	20-65-15
	Franco arcilloso arenoso	35-35-30
Pesados	Franco arcilloso	35-30-35
	Franco arcilloso limoso	10-35-55
	Limoso	10-85-5
	Arcilloso arenoso	55-5-40
	Arcilloso limoso	5-50-45
	Arcilloso	10-20-60

Nota. Tomado de Ciancaglini, 2000.

Características Morfológicas

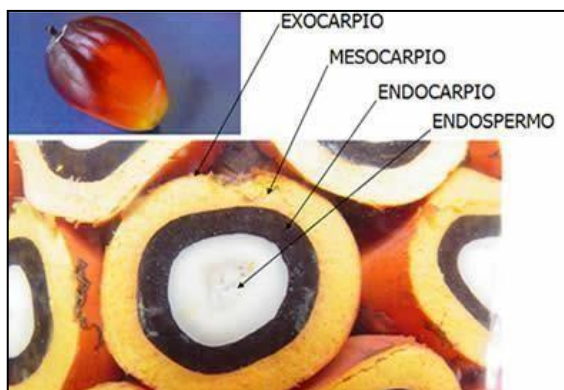
La palma africana es una planta que puede alcanzar los 40 metros de altura en estado natural pero a nivel industrial su crecimiento se limita entre los 10-15 m, posee entre 20 a 30 hojas en cuyas axilas se desarrollan entre 12 y 13 frutos por año, en espádice o racimo con un tamaño que puede variar de 10 cm a 35 cm de ancho y de 10 cm a 50 cm de largo; con un peso promedio que va desde los 10 kilos hasta alcanzar incluso los 25 kilos, tienen en promedio entre 800 a 2000 drupas sésiles de forma ovoide de 3 a 5 cm de largo y con un peso de 8 a 15 gramos su

color superior exterior varia de verdoso a negro rojizo de acuerdo a su etapa de cultivo mientras que la parte inferior del fruto siempre es de color amarillo (IICA, 1983; Cardozo, 1959; Rojas, 1989).

Con respecto al fruto este está formado por una capa externa denominada epidermis o exocarpio presenta la característica de ser cerosa, dura, brillante y lisa, la siguiente capa se conoce como mesocarpio o pulpa y es una masa amarillenta o anaranjada de parénquima que contiene un 45 a 50 por ciento de su peso en aceite, dentro de esta tenemos el endocarpio o cuesco que es la capa interna la misma que se caracteriza por ser dura y de color negro la cual recubre la almendra o endospermo (IICA, 1983; Rojas, 1989). En la Figura 1 se puede observar las partes del fruto (Borrero, n.d.).

Figura 1

Partes del fruto de la Palma Africana



Nota. Tomado de Borrero, n.d.

Productos de la Palma Africana

Del fruto de la palma africana se obtiene dos tipos de aceite comestible, el primero conocido como aceite de palma o aceite rojo se origina de la pulpa o mesocarpio, en su forma sin procesar es de color marrón rojizo y tiene una

consistencia semisólida a temperatura ambiente; el segundo proviene de la almendra o endospermo y normalmente se denomina aceite de almendra o palmiste.

Ambos constituyen la materia prima base para la industria alimentaria y tienen igual importancia económica a pesar de ser comercializados por separado según su propia situación de oferta y demanda debido a las diferentes características físicas y composición química que poseen (Morán & Ramírez, 1993; Wiley, 2005).

Aceite de Palma.

El aceite rojo, que constituye el 20-25% del peso de los racimos de la palma tiene una gran versatilidad como materia prima en la industria química y de productos alimenticios. Posee innegables condiciones económicas y técnicas para su hidrogenación, que es el punto de inicio en procesos de transformación de varios productos. Este aceite se emplea en la fabricación de margarinas, jabones, velas, grasas comestibles compuestas y aceites de cocina. Al implementar el consumo de aceite rojo “al natural” en la alimentación humana se obtiene una excelente fuente de vitamina A y E (Morán & Ramírez, 1993).

Aceite de Palmiste.

El aceite de almendra se encuentra en menor proporción en los frutos y presenta características químicas semejantes al aceite de coco, por lo que es considerado un aceite de superior calidad al aceite rojo. Se emplea en la elaboración de grasas para confiterías, helados, mayonesas, mantequillas vegetales, productos farmacéuticos, detergentes, tintas, disolventes, productos de confitería, cremas, entre otros (IICA-CATIE, 1995; Morán & Ramírez, 1993).

Subproductos de la Palma Africana

Al fraccionar el aceite crudo de palma se obtiene una parte líquida y otra parte sólida a temperatura ambiente, que constituyen productos alimenticios de alta calidad. La primera fracción conocida como oleína se emplea como aceite de mesa, margarinas, cremas, confitería, y la segunda fracción denominada estearina se usa en la elaboración de grasas vegetales y margarinas, detergentes, jabones, velas (Cenipalma, 2013; García *et al.*, 2008; Riechman, 2003; Rojas, 1989).

Adicionalmente se obtiene los siguientes subproductos de la palma: torta de almendra que es un desperdicio de la extracción del aceite de palmiste que tiene potencial como materia prima para la fabricación de alimentos para animales, los residuos de racimos que se obtienen de la incineración del raquis y espigas también conocidos como “cenizas de racimos”, que pueden emplearse como abono por ser rico en potasio y finalmente tenemos los desechos de palma (fibras, sustancias no oleaginosas, mezcla de agua y químicos) obtenidos del proceso de extracción del aceite rojo que son sometidos a métodos para secar, centrifugar y volverlos polvo para ser mezclados con torta de palmiste o yuca convirtiéndose en alimento seco peletizado utilizado como balanceado para ganado (Morán & Ramírez, 1993).

Refinación del Aceite

Una vez que se ha extraído el aceite crudo de palma o palmiste inicia la etapa de refinación, en la cual se remueven todas las impurezas del aceite, se crean las propiedades de color y consistencia, y se da una estabilidad al aceite frente a la oxidación. Hay dos sistemas principales de refinado que son el refinado químico y el refinado físico (OMS, 1993), ambos procesos se diferencian básicamente en la manera en la que se eliminan los ácidos grasos libres. El proceso de refinado físico es el más utilizado por su eficiencia, rentabilidad y simple tratamiento de efluentes,

consta de tres etapas: el desgomado, el blanqueado y la desodorización (Espinal *et al.*, 2004; Wiley, 2005).

El desgomado es un proceso que consiste en la adición de una sustancia acuosa para eliminar impurezas como fosfolípidos, proteínas solubles y gomas que se encuentran disueltas en el aceite ya que al ser insolubles en agua forman flóculos separándose del aceite dando lugar a una nueva fase sólida que se puede separar con facilidad por centrifugación y posterior filtración (Espinal *et al.*, 2004; Á. Gil, 2010).

El blanqueamiento consiste en la decoloración parcial del aceite (Espinal *et al.*, 2004). En el blanqueado se utilizan tierras minerales como arcillas para eliminar sustancias colorantes como los carotenoides y la clorofila (Á. Gil, 2010).

En el proceso de desodorización se eliminan los compuestos volátiles como las cetonas y los aldehídos mediante destilación por arrastre de vapor a vacío que se lleva a cabo a elevadas temperaturas (210 - 270°C) y bajas presiones (Á. Gil, 2010), con el fin de eliminar el mal olor y sabor característico del aceite (Requejo, 2020), además se aumenta su duración (Espinal *et al.*, 2004).

La Hidrogenación es un proceso que consiste en saturar con hidrógeno los dobles enlaces presentes en las cadenas de ácidos grasos, reduciendo el índice de iodo e incrementando el punto de fusión, convirtiendo el aceite líquido en un sólido a temperatura ambiente, con baja viscosidad (Hassan & Borsinger, 2009; Soler, 2018). Este proceso se realiza en una autoclave donde se coloca el aceite con una porción pequeña de níquel que es el catalizador, se introduce el hidrógeno a presiones entre 1 y 10 atm y a temperaturas que varían de 120°C a 220°C como máximo, el hidrógeno (H₂) se introduce de manera continua hasta conseguir el índice de iodo deseado, la grasa obtenida se filtra en caliente para recuperar el catalizador y se espera hasta a que se solidifique (Almagro, 2007; OMS, 1993; Primo, 2007).

El fraccionamiento es la separación de las fracciones de aceite/grasa de forma controlada, en este proceso primero se realiza el enfriamiento del aceite, se cristalizan los sólidos y se separan por medio de filtración (H. Martínez *et al.*, 2006). Este proceso no produce cambios en la naturaleza química de los ácidos grasos (Á. Gil, 2010; OMS, 1993).

Aplicaciones Industriales de las ceras vegetales

Las ceras vegetales se utilizan en la industria de cosmética, productos de limpieza, pinturas, recubrimiento de alimentos, helados, papel y cartón (Ojeda, 2013; M. Sánchez & Garcés, 1997).

Petróleo

Origen y Composición

El petróleo es un recurso no renovable que se ha obtenido por la descomposición de la materia orgánica en un medio anaerobio, bajo temperaturas y presiones elevadas y está constituido esencialmente por una mezcla de hidrocarburos, es decir, está formado por átomos de carbono e hidrógeno en cantidades variables y compuestos que contienen heteroátomos como el oxígeno, azufre, nitrógeno, níquel, vanadio, cromo en menor concentración (Castillo *et al.*, 2005; Gary & Handwerk, 2003; Iñesta & García, 2002; Ortuño, 2012). Es una sustancia viscosa oscura que a temperatura y presión normal tiene una consistencia líquida (Levorsen, 1980).

Hay una gran variedad de hidrocarburos con fórmulas químicas diferentes presentes en el crudo de petróleo, pero químicamente se clasifican en tres familias: los alcanos (hidrocarburos saturados parafínicos), los naftenos (hidrocarburos cíclicos) y los aromáticos (anillos bencénicos) (Gary & Handwerk, 2003; Iñesta & García, 2002; Wauquier, 2004).

Alcanos

Los alcanos también conocidos como hidrocarburos alifáticos saturados, o parafinas, son de color blanco semitransparente que carecen de olor y sabor. Se comercializan en forma de planchas, bloques o en gel (Navarese, 2006), están constituidos por una cadena de átomos de carbono enlazados cada uno de cero a tres átomos de hidrógeno excepto el metano que es el hidrocarburo más sencillo, su fórmula general es: C_nH_{2n+2} (Wauquier, 2004).

Existen dos tipos de parafinas (alcanos) según la forma de la estructura de la cadena: la primera son las parafinas normales o de cadena lineal conocidas como n-parafinas, son alcanos saturados con una estructura molecular lineal con una longitud entre 17 a 57 carbonos, un peso molecular comprendido entre 280 – 840, se caracterizan por tener una naturaleza altamente cristalina (Richey & Spilker, 1972), y las segundas son las Isoparafinas o parafinas de cadena ramificada que son hidrocarburos saturados que presentan cadenas ramificadas en su estructura molecular y estas ramificaciones están constituidas principalmente por radicales lineales de 1 a 6 carbonos (J. Sánchez, 2003). Las ramificaciones pueden localizarse en diferentes puntos de la cadena dando lugar a una variedad de moléculas con igual número de carbonos, estas estructuras se conocen como isómeros (Wauquier, 2004).

Con respecto a la alineación o tipo de empaquetamiento se pueden distinguir tres tipos:

Parafinas Macrocristalinas.

Son ceras que se obtienen del petróleo, se extraen de los destilados del aceite lubricante de bajo punto de ebullición por lo que poseen un peso molecular menor al de las ceras intermedias o al de las ceras microcristalinas; para obtener las

parafinas refinadas comerciales se procesa el destilado con el objetivo de eliminar el aceite que contiene y se somete a una serie de etapas consecutivas que puede incluir: hidrogenación, decoloración y desodorización (Hunter & Segesser, 1954; F. Martínez, 2018), su estructura química está compuesta principalmente por cadenas lineales denominadas n-parafinas, con una ligera porción de cadenas ramificadas o isoparafinas. Estas parafinas están constituidas por moléculas de 20 a 40 átomos de carbono y mediante microscopia electrónica de barrido su estructura cristalina es fácilmente apreciable ya que el alineamiento de sus cadenas lineales es más o menos paralelo. Poseen un porcentaje de n-parafinas que varía del 90% al 60%, este porcentaje va disminuyendo a medida que incrementa el peso molecular lo que genera la pérdida del carácter macrocristalino. En cuanto a sus características principales presentan un bajo peso molecular que varía entre 280 y 560, cristales grandes, son sólidos a temperatura ambiente, su punto de fusión esta entre 40°C a 70°C, tienen una alta fluidez, elevada dureza y una baja viscosidad (a 100°C menos de 6 cSt) (J. Sánchez, 2003).

Ceras Semicristalinas.

Conocidas también como ceras intermedias, son hidrocarburos saturados que poseen un porcentaje de n-parafinas comprendido entre el 60% al 40%, tiene un punto de fusión que varía entre 60°C a 80°C, su viscosidad es menor de 10 cSt a 100°C (J. Sánchez, 2003).

Ceras Microcristalinas.

Son ceras blandas, opacas, maleables, pegajosas, flexibles que están constituidas por hidrocarburos normales, pero predominan en su estructura los hidrocarburos cíclicos y ramificados, están formados por moléculas de 30 a 60 carbonos, su punto de fusión varía de 70°C a 100°C, su peso molecular promedio esta entre 420 – 840, posee cristales pequeños amorfos, presentan baja fluidez y una viscosidad entre 10

a 20 cSt a 100°C (Evricom, 2020; J. Sánchez, 2003). Estas ceras se pueden obtener por dos procesos distintos: el primero consiste en procesar los residuos que sobran de la destilación de los aceites lubricantes lo que genera ceras más plásticas, mientras que las ceras que derivan del depósito que forman algunos crudos muy cerosos en los tanques de almacenamiento son duras y de elevado punto de fusión (F. Martínez, 2018).

Naftenos

Son hidrocarburos alifáticos cíclicos conocidos también como cicloalcanos o cicloparafinas ya que en su estructura química presentan anillos o ciclos de 5 ó 6 carbonos unidos a cadenas saturadas, su fórmula general es: C_nH_{2n} (Gary & Handwerk, 2003; J. Sánchez, 2003; Wauquier, 2004).

Aromáticos

Son una clase especial de hidrocarburos insaturados, cuya estructura química está formada en base al anillo de benceno el mismo que posee seis átomos de carbono, al omitirse la presencia de un átomo de hidrógeno en cada vértice del hexágono del benceno los distintos átomos de hidrógeno de su estructura pueden sustituirse por radicales alquilo o por otros aromáticos, su fórmula general es: C_nH_{2n-6} (Gary & Handwerk, 2003; Wauquier, 2004).

Aplicaciones Industriales de la Parafina

Con respecto a las aplicaciones industriales, la parafina se emplea para la fabricación de velas, productos de belleza, artículos de plástico y caucho, así como para revestimiento ya que es un material que se utiliza tradicionalmente para impermeabilizar papel y cartón ya que es resistente al agua, es inodoro, además de ser bastante impermeable a la humedad en forma de vapor (CCI, 1999).

Impacto Ambiental del Petróleo

Durante la exploración, extracción, procesamiento, transporte, así como en el uso y la eliminación del petróleo y sus derivados, se genera una gran variedad de impactos ambientales como son la emisión de hidrocarburos como los óxidos de azufre (SO_x), los cuales generan problemas respiratorios en los seres humanos, así como la acidificación de lagos; el dióxido de carbono (CO₂): aporta al efecto invernadero; el ácido sulfhídrico (H₂S): es maloliente y tóxico, entre otros. Los derrames accidentales o estallidos durante la exploración de nuevos pozos de petróleo que además de contaminar el agua marina y la región costera puede causar la muerte de aves y de los organismos que habitan la zona, inclusive se pueden generar fugas y contaminar aguas subterráneas (Glynn & Gary, 1999).

Monoestearato de Glicerilo

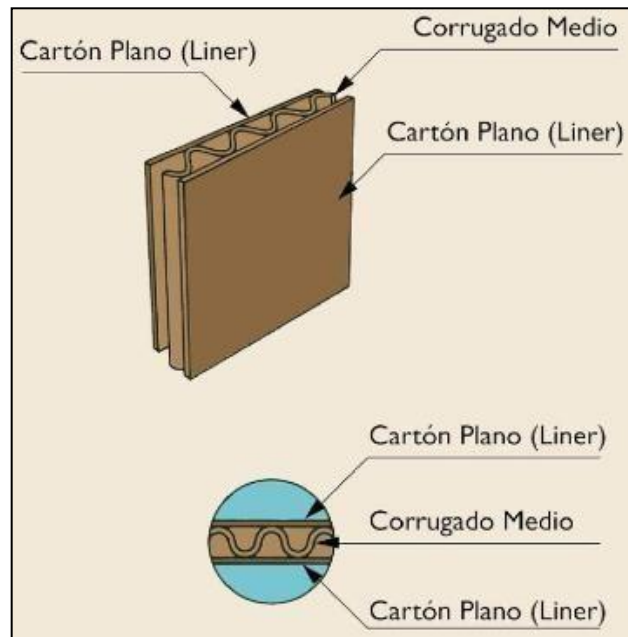
Es una mezcla de monoglicéridos de ácido esteárico con cantidades variables de di y triglicéridos, es un sólido de color blanco, duro y puede tener forma de polvo, pequeños granos o copos (Barros, 2009). Se clasifica como un agente emulsionante artificial, espesante y agente conservador (M. Gil, 2007; Pochteca, 2015).

Cartón Corrugado

El cartón corrugado está formado por caras de cartón plano o liner, separadas entre sí por papel corrugado en forma de onda conocido como cartón medio, médium, ondulado o flauta; esta estructura se adhiere utilizando un pegamento de almidón, presión y calor (Kengfall & Rodríguez, 2017) a lo largo de las crestas de la onda (Larrazábal, 2006). La Figura 2 muestra las partes que forman el cartón corrugado (CARTOPEL S.A., 2011).

Figura 2

Elementos que componen el cartón corrugado



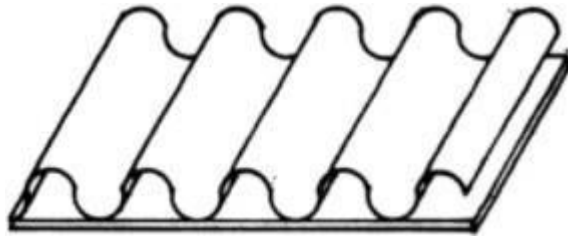
Nota. Tomado de CARTOPEL S.A., 2011.

Dependiendo de la cantidad de ondulados y liners utilizados se puede conformar varios tipos de cartón corrugado (Kengfall & Rodríguez, 2017).

Cara simple: Consta de un liner y un médium como se muestra en la Figura 3, es una estructura flexible (Kengfall & Rodríguez, 2017) que se la conoce también como cartón microcorrugado y se usa principalmente para realizar manualidades como cajas de regalos, para decoración, para floristería, para artes gráficas y artesanales, además de ser empleado como separador de cajas de mayor tamaño (Larrazábal, 2006). No se utiliza para la fabricación de cajas de cartón (Kengfall & Rodríguez, 2017).

Figura 3

Estructura de un cartón corrugado de cara simple

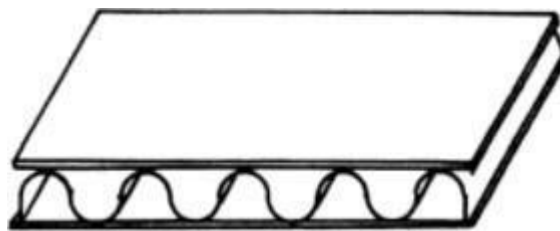


Nota. Tomado de Vargas, 1987.

Cara doble: También conocido como pared simple o cartón sencillo (I. Martínez, 2009), es una estructura rígida que consta de dos liners que recubren un ondulado (Kengfall & Rodríguez, 2017). Con este tipo de cartón (Figura 4) se fabrica más del 90% de las cajas de cartón corrugado (Araoz & Ferreyros, 2009; Muzo, 2016).

Figura 4

Estructura de un cartón corrugado de doble cara

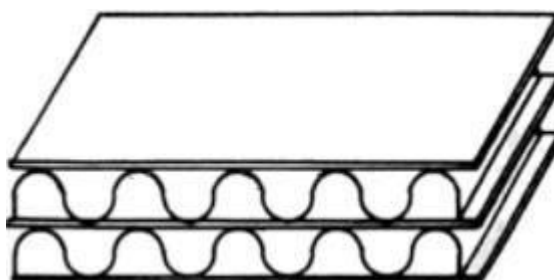


Nota. Tomado de Vargas, 1987.

Cara triple: Llamada también pared doble o cartón doble (Figura 5) (I. Martínez, 2009), está formado por tres liners y dos corrugados intercalados, es una estructura rígida que se usa principalmente para dar mayor protección contra impactos (Kengfall & Rodríguez, 2017).

Figura 5

Estructura de un cartón corrugado de cara triple



Nota. Tomado de Vargas, 1987.

Una característica principal del cartón corrugado es la altura de las ondulaciones (Wahab, 2012). La mayoría de las cajas de cartón corrugado están fabricadas con ondulados o flautas de tipo A, B, C y E, siendo la de tipo C (4 mm) la más común (Bizongo, 2014). La Tabla 2 indica la altura de la onda correspondiente a cada tipo (CPE INEN, 2013). Mientras más grande sean las flautas habrá mayor acolchonamiento (Larrazábal, 2006).

Tabla 2

Tipos de ondulaciones y sus alturas en cartón corrugado

Tipo de Onda	Altura de la onda (mm)
A	4,6 – 4,8
B	2,5 – 3,0
C	3,5 – 4,0
E	1,1 – 1,8

Nota. Tomado de NTE INEN, 2013.

Desde que fue aceptada por primera vez la caja de cartón ondulado por las organizaciones de clasificación de mercancías legales como contenedores para el transporte en el año de 1903 (Chen *et al.*, 2011), sus aplicaciones han sido diversas y empleadas por más de 100 años (Wahab, 2012). Una de las principales funciones de los empaques de cartón es la protección de una gran variedad de productos como: frutas y verduras frescas, maquinaria industrial, empaques primarios de alimentos, electrodomésticos, etc., (Castellanos, 2017) contra los daños mecánicos causados por la colisión con otros objetos durante el proceso de transporte (Osowski & Piatkowski, 2017), además sirven como un depósito seguro para almacenar el producto hasta que sea comercializado (I. Martínez, 2009).

La fabricación de las cajas de cartón corrugado se realiza en base a las necesidades del cliente, la naturaleza y peso del producto (Kengfall & Rodríguez, 2017). Estos envases se emplean tanto en el mercado interno, así como de exportación (CPE INEN, 2013).

Pruebas de Control de Calidad del Cartón

Ensayo de Cobb

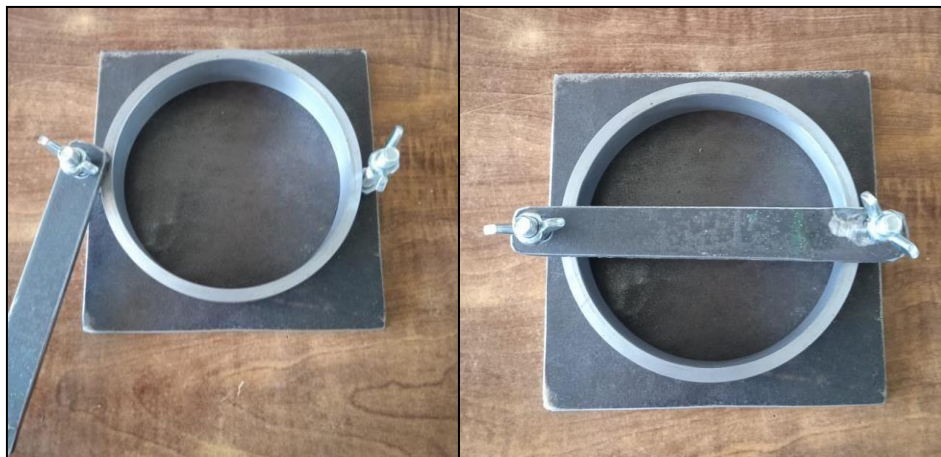
Es un análisis que permite determinar la absorción de humedad, es decir, la cantidad de agua absorbida por la superficie de una pieza de cartón durante un periodo específico de 2 minutos (J. Rodríguez, 2010).

Para obtener el peso de agua o valor Cobb se emplea el equipo Cobb el cual consta de un anillo de acero inoxidable de un diámetro interno de $11,28 \pm 0,02$ cm, un espesor de aproximadamente 0,6 cm y una altura de 2,5 cm ajustable a una platina metálica por medio abrazaderas como se muestra en la Figura 6 (Alarcón & Bravo, 2010), este instrumento permite un contacto uniforme e inmediato de un lado de la pieza de ensayo con el agua, adicionalmente permite controlar que la

separación de la muestra sea rápida y precisa evitando el riesgo de contacto con el agua fuera de la superficie de análisis. El resultado del aumento de la masa se expresa en gramos por metro cuadrado (g/m^2) (INEN, 2013; J. Rodríguez, 2010).

Figura 6

Equipo de Cobb



Prueba de Resistencia a la Compresión de la Caja Armada (BCT)

La prueba BCT cuyas siglas en inglés significa (Box Compression Test) es una prueba de control de calidad que se realiza en el producto terminado para determinar la resistencia a la compresión o aplastamiento vertical y así obtener datos sobre la carga máxima que soporta una caja de cartón corrugado, es decir, estimar el comportamiento del material analizado al apilamiento, durante el almacenamiento, así como durante el transporte (Alarcón & Bravo, 2010; CARTOPELS.A., 2011).

El equipo que se emplea para la prueba BCT es una máquina de ensayos mecánicos universales como la que se indica en la Figura 7 este equipo es capaz de ejercer compresión por medio del desplazamiento uniforme de una de sus placas accionadas por un motor (NTE INEN, 2013), utiliza un reloj comparador Figura 8 para calibrar la velocidad de carga, la misma que debe estar entre $12,5 \pm 2,5$

mm/min para realizar este ensayo, también se necesita un indicador de fuerza
Figura 9 para medir la fuerza empleada para comprimir una caja de cartón (I.
Martínez, 2009; NTE INEN, 2013).

Figura 7

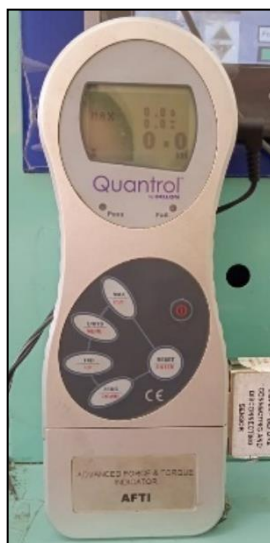
Máquina de Ensayos Mecánicos Universales



Figura 8

Reloj Comparador



Figura 9*Indicador de Fuerza***Características fisicoquímicas*****Punto de Fusión***

El punto de fusión de forma general es el cambio de una sustancia del estado sólido al líquido (Picado & Álvarez, 2008), y es propio de cada sustancia en particular (Durst & Gokel, 2007).

A temperatura ambiente una gran variedad de compuestos orgánicos son sólidos como consecuencia de las fuerzas intermoleculares que poseen sus moléculas, la naturaleza y magnitud de estas fuerzas muestran las diferencias en los puntos de fusión. De forma general cuando las fuerzas que sostienen a los cristales son muy fuertes, el punto de fusión es mayor, si estas fuerzas son relativamente débiles se disminuye el punto de fusión. Por lo que los compuestos que tiene puntos de fusión menor a la temperatura ambiente son líquidos (Durst & Gokel, 2007).

El método del tubo capilar abierto permite determinar el punto de fusión, ya que es la temperatura mínima a la cual una muestra de aceite o grasa solidificada previamente dentro de un tubo capilar se torna líquida y se desliza por el tubo (INEN 474, 1980).

Viscosidad

Es una propiedad física que se puede definir como la resistencia que presenta un líquido a fluir bajo determinadas condiciones de temperatura y velocidad de cizalla (Monsalvo *et al.*, 2014). La viscosidad está en función de la temperatura y de la naturaleza de la cera. Cuando incrementa la temperatura en los líquidos, la viscosidad tiende a disminuir y viceversa; con respecto a la naturaleza de su estructura, mientras mayor peso molecular tenga la cera mayor será la oposición que presente a fluir, en el caso de las ceras microcristalinas que contiene mayor número de cadenas ramificadas la viscosidad es superior a las parafinas que poseen cadenas lineales, para un mismo valor de temperatura (F. Martínez, 2018) (Picado & Álvarez, 2008).

En caso de que no se especifique otra cosa, cuando se utiliza la palabra viscosidad se entiende que es la viscosidad dinámica o absoluta cuyas unidades se expresan en milipascales por segundo (mPa*s), lo que equivale a un Centipoise (cP) (Aulton, 2004; Collieu & Powney, 1977), otra manera de expresar la viscosidad de una sustancia es la llamada viscosidad cinemática la cual relaciona la viscosidad absoluta con la densidad del fluido y se expresa en unidades de milímetros al cuadrado por segundo (mm²/s) que es equivalente a Centistokes (cSt) (Aulton, 2004; Díaz, 2006).

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de la Parafina

La parafina comercial se compró en La Casa de los Químicos, local donde se venden productos químicos, material de laboratorio y accesorios, está ubicado en la Av. América N18-17 y Asunción en la ciudad de Quito (E. Sánchez, n.d.).

Elaboración de las Ceras Vegetales

La Palma Full Hidrogenada RB, la Superestearina RBD y el aditivo monoestearato de glicerilo fueron proporcionados por Industrial Danec S.A, empresa ubicada en el kilómetro 1 ½ vía Sangolquí – Tambillo, Cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha, país Ecuador, con coordenadas: 0°34'38"S, 78°45'49"O (EMIS, 2021).

La preparación de una de las ceras vegetales se realizó mezclando el monoestearato de glicerilo con Palma Full Hidrogenada RB de modo que el porcentaje en peso de dicho aditivo sea aproximadamente del 1 al 5 por ciento de peso de la materia prima en mención (Phadoemchit & Boonvichitr, 1989), teniendo esta información se definió probar concentraciones menores, mayores e iguales al 5%, por lo cual se planteó el (2%, 5% y 7%) de aditivo. Para la elaboración de la segunda muestra de cera se efectuó el mismo procedimiento, pero se empleó Superestearina RBD como materia prima.

Determinación de la Absorción de Agua

El ensayo de Cobb se realizó en el Laboratorio de Materiales Avanzados del Centro de Nanociencia y Nanotecnología de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE localizado en la Av. General Rumiñahui S/N y Ambato, Sector Santa Clara, Cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha, país Ecuador cuyas coordenadas son: 0°18'53"S, 78°26'36"O.

Se utilizó un diseño factorial 3x2, donde se analizó los factores porcentaje de aditivo y tipo de muestra con tres y dos niveles respectivamente. La Tabla 3 indica los factores y niveles del diseño experimental.

Tabla 3

Diseño factorial 3x2

Factores	Niveles
% de aditivo	2%, 5% y 7%
Tipo de muestra	Superestearina RBD Palma Full Hidrogenada RB

Nota. Esta tabla indica los niveles que se van analizar para cada uno de los factores en estudio.

Se obtuvo 6 tratamientos correspondientes a la combinación entre los factores y niveles propuestos para el ensayo. Adicionalmente se empleó un control positivo que es la parafina comercial y un control negativo que concierne al cartón sin ningún tipo de recubrimiento. Se efectuó 5 repeticiones para cada uno de los tratamientos. La variable de respuesta fue la humedad absorbida en (g/m²).

Para determinar la absorción de agua se procedió a recortar cinco piezas de cartón de (12,5 cm x 12,5 cm) libre de manchas de grasa o arrugas, para cada uno de los ocho tratamientos a analizarse (Frank, 2013; INEN, 2013), se pesó cada pieza de ensayo utilizando una balanza analítica AL204 Mettler Toledo y se anotó su valor.

Se preparó cada una de las ceras pesando las siguientes cantidades: 49 g de muestra y 1 g de monoestearato de glicerilo para la SE.RBD y PFH.RB al 2%, 47,5 g de materia prima con 2,5 g del aditivo para la SE.RBD y PFH.RB al 5% y para la SE.RBD y PFH.RB al 7% se mezcló 46,5 g de muestra con 3,5 g de aditivo, en el

caso de la parafina se empleó únicamente los 50 g sin añadir ningún porcentaje de aditivo. En una plancha de calentamiento a 210°C y 125 rpm se derritió cada una de las ceras hasta que su consistencia fuera completamente líquida y sin grumos, se pasó a un pírex de vidrio y se dejó reposar durante tres minutos, posteriormente se llevó las muestras a la estufa a 80°C por 15 minutos.

Se tomó el cartón por los costados evitando tocar la parte central y se puso en contacto la cara externa de la pieza de ensayo con la cera durante tres segundos, se retiró el cartón de la cera, se pesó y se anotó su valor, se esperó 24 horas para determinar el valor de Cobb. Se realizó el mismo procedimiento hasta completar las cinco repeticiones de cada uno de los siete tratamientos que poseen cera, excluyendo el caso T1 o control negativo que corresponde al cartón sin recubrimiento.

Se ubicó en el equipo de Cobb el cartón de ensayo y se aseguró con las mordazas para evitar fugas, se puso en funcionamiento el cronómetro al mismo tiempo que se vertió 100 ml de agua destilada a temperatura ambiente por dos minutos sobre la superficie de ensayo (Bautista, 1981). Transcurrido el tiempo de remojo se retiró rápidamente el agua del anillo evitando gotear en la parte externa del cartón, se extrajo la pieza de ensayo con el lado humectado hacia arriba y se colocó entre dos hojas de papel secante, se pasó un rodillo de un lado a otro sin ejercer mucha presión para retirar el exceso de agua, se pesó y se registró los resultados para aplicarlos en la siguiente fórmula (INEN, 2013):

$$\textit{Agua Absorbida (g/m}^2\text{)} = [\textit{Peso final (g)} - \textit{Peso inicial (g)}] \times 100$$

Para el análisis estadístico se empleó el programa Infostat, se efectuó un análisis de varianza (ANOVA), el Test de Duncan, la prueba de Shapiro-Wilks (modificado) y el Test de Kruskal Wallis para el análisis no paramétrico de los datos obtenidos aplicando un *p-valor* de 0,05.

Resistencia a la Compresión de la Caja Armada

La prueba de resistencia a la Compresión de la Caja Armada (BCT) se realizó en el Laboratorio de Mecánica de Materiales de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Como primer paso se armó 12 las cajas de cartón, tres sin recubrimiento de cera, tres recubiertas con Superestearina RBD al 2%, tres con la Palma Full Hidrogenada RB al 2% y tres con parafina comercial, se esperó 12 días para realizar la prueba de compresión. Se calibró el equipo a una velocidad constante de 12 mm/min empleando un reloj comparador (NTE INEN, 2013), posteriormente se colocó una caja en la máquina de ensayos universales entre dos piezas cuadradas de madera de 20 cm de largo, 20 cm de ancho y 20 mm de altura para distribuir uniformemente la fuerza e impedir el movimiento del cartón, se adicionó una platina de metal en la parte superior para evitar perforar la madera, se verificó que los indicadores de fuerza estén en cero para prevenir lecturas falsas, se accionó la máquina haciendo descender la placa superior a la velocidad continua programada hasta el momento donde el material se deformó, se tomó lectura de la carga máxima que se registró en el indicador en unidades de kilogramos fuerza (kgf) y está se anotó como la resistencia máxima a la compresión de la caja armada (I. Martínez, 2009), se retiró la muestra y se realizó el mismo procedimiento con los 11 cartones de prueba restantes.

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA), el test de Duncan, la prueba de Shapiro Wilks (modificado) y el Test de Kruskal Wallis empleando el programa estadístico Infostat.

Caracterización de las Muestras Seleccionadas

Punto de Fusión

El punto de fusión se determinó en la cera que se emplea en los tratamientos T2, T5 y T8 que corresponden a la SE.RBD 2%, PFH.RB 2% y Parafina, respectivamente. Para preparar las muestras se procedió a pesar 49 g de SE.RBD y 49 g de PFH.RB y se mezcló cada una con 1 g de monoestearato de glicerilo, para la muestra de parafina se pesó 50 g sin añadir ninguna cantidad de aditivo.

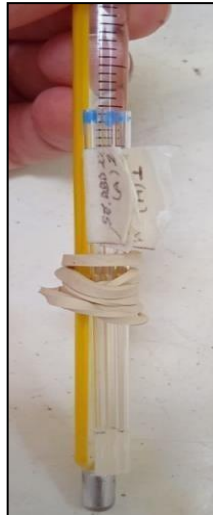
Se fundió las ceras en una plancha de calentamiento a una temperatura de 210°C y con agitación constante de 125 rpm, una vez que la mezcla se encontraba completamente líquida se etiquetó los tubos capilares en la parte superior y se los sumergió verticalmente dentro de la cera hasta alcanzar una altura de 1 cm, se preparó tres capilares por muestra y se realizó dos repeticiones, se retiró los capilares y se esperó unos segundos para que se solidifique, se colocó en el congelador por 40 min el termómetro y los capilares con su contenido y a la par se ubicó en el refrigerador por 40 min un vaso de precipitación de 100 ml con 80 ml de agua destilada dentro del cual se puso un agitador magnético. Transcurrido el tiempo planteado, se fijó los tres capilares de manera que el extremo inferior del mismo quede a la altura del bulbo del termómetro empleando una liga como se observa en la Figura 10, y se colocó en el congelador por 5 min más, adicionalmente el vaso con agua destilada previamente refrigerado también se puso en el congelador por 5 min adicionales.

Finalmente, se sumergió el termómetro con los capilares en el agua destilada a una profundidad tal que su extremo inferior quede 4,5 cm bajo el nivel del agua esto se realizó con la ayuda de un soporte universal y una pinza nuez, se calentó el agua contenida en el vaso de precipitación con las muestras dentro a 200°C y 250 rpm hasta observar que se deslizó la columna de cera en cada tubo capilar, se anotó

las lecturas obtenidas y el promedio de estas es el punto de fusión. El protocolo que se empleó para este análisis fue la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 474, el método del capilar abierto (INEN 474, 1980).

Figura 10

Modo de fijación de los capilares al termómetro



Viscosidad

La viscosidad se determinó en el Laboratorio de Mecánica de Fluidos de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE. Se empleó el Reómetro DHR-2 y el husillo con geometría de cilindro concéntrico (Figura 11), los resultados se mostraron en el programa TA Instruments Trios V4.3.1.39215.

Para obtener la viscosidad de la parafina, SE.RBD 2% y la PFH.RB 2%, se preparó 50 g de cada una de las muestras aplicando las cantidades utilizadas en los ensayos anteriores, se derritió las muestras y se colocó 15 ml de la muestra en el reómetro calentado previamente a 100°C hasta cubrir la base del husillo, la medición se realizó durante 60 s con una velocidad angular de 10,0 rad/s, transcurrido el tiempo de lectura la viscosidad se registró en Pa*s, se obtuvo la media y se realizó la conversión de unidades a cSt.

Figura 11

Reómetro y Husillo empleado para determinar la Viscosidad



CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Ensayo de Cobb

Para determinar la absorción de agua (g/m^2), se procedió a recubrir las probetas de análisis con las ceras de prueba, se esperó 24 horas para que se adhiriera el recubrimiento y se realizó el test de Cobb aplicando el protocolo de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1400:2013, la forma en que se colocó la muestra se indica en la Figura 12.

Figura 12

Test de Cobb realizado en una probeta de ensayo recubierta con parafina



Una vez obtenidos los datos, se efectuó un análisis de varianza, en la Tabla 4 se puede observar que el factor que corresponde a los tratamientos con las diferentes ceras ejerce un efecto estadísticamente significativo en la absorción de agua, pues su *p-valor* ($< 0,0001$) es menor al nivel de significancia del análisis $\alpha = 0,05$; lo que nos indica que por lo menos la media de una de las poblaciones difiere de las demás.

Tabla 4

Análisis de ANOVA de la variable Agua Absorbida respecto al tipo de tratamiento

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14294,27	7	2042,04	5117,65	< 0,0001
Tratamiento	14294,27	7	2042,04	5117,65	< 0,0001
Error	12,77	32	0,40		
Total	14307,04	39			

Nota. Nivel de significación del análisis $\alpha = 0,05$.

Para saber cuál es la diferencia entre las medias se realizó el Test de Duncan donde se comparó todas las medias de los tratamientos de cera planteados para establecer un orden ascendente, con los datos obtenidos se observó que los tratamientos corresponden a un factor significativo ($p < 0,0001$). La Tabla 5 muestra que los tratamientos T2, T3, T4, T5, T7, T6 y T8 no difirieron entre sí, pero si presentan una diferencia significativa con respecto al control negativo (T1).

Tabla 5

Test de Duncan de la variable Agua Absorbida respecto al tipo de tratamiento

Tratamientos	Agua Absorbida (g/m²)	SEM	p-valor
T2 (SE.RBD 2%)	0,0 ^a	0,28	< 0,0001
T3 (SE.RBD 5%)	0,0 ^a		
T4 (SE.RBD 7%)	0,29 ^a		
T5 (PFH.RB 2%)	0,39 ^a		
T7 (PFH.RB 7%)	0,77 ^a		
T6 (PFH.RB 5%)	0,81 ^a		
T8 (Control +)	0,85 ^a		
T1 (Control -)	57,60 ^b		

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

A continuación, se efectuó la prueba de Shapiro-Wilks modificado para verificar la hipótesis nula que propone que las muestras provienen de una distribución normal. Los resultados del test de Cobb mostraron un *p-valor* de ($< 0,0001$) que es menor al nivel de significancia $\alpha = 0,05$; por lo que se rechazó la hipótesis nula y se concluyó que los datos no siguen una distribución normal, es decir, que la variable (agua absorbida) es no paramétrica.

Se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis y de acuerdo al *p-valor* obtenido de 0,0001 el cual es menor que el nivel de significancia de 0,05 se rechazó la hipótesis nula y se concluyó que las muestras provienen de poblaciones diferentes.

La Tabla 6 muestra que las probetas de ensayo de cartón corrugado que estaban recubiertas con los tratamientos de T2 y T3 (SE.RBD al 2% y al 5%) no tuvieron ganancia de masa al finalizar los dos minutos en el que se realiza el test de Cobb, lo que sugiere que son los mejores tratamientos para emplearse como una barrera contra el agua lo que mejora la resistencia del cartón aumentando el tiempo de vida útil del mismo, ya que tienen el menor rango (6,00); mientras que las recubiertas con el tratamiento T4, T5, T7, T6 (SE.RBD 7%, PFH.RB 2%, PFH.RB 7%, PFH.RB 5%), absorbieron $0,29 \text{ g/m}^2$, $0,39 \text{ g/m}^2$, $0,77 \text{ g/m}^2$ y $0,81 \text{ g/m}^2$ respectivamente; seguidos del control positivo T8 que corresponde a la parafina comercial con $0,85 \text{ g/m}^2$ y el control negativo T1 que es el cartón sin recubrimiento $57,60 \text{ g/m}^2$ (Figura 13). Se eligió el mejor tratamiento de cada cera con estos datos por lo que para el resto de análisis se tomó en cuenta únicamente el tratamiento T2 y T5 y los dos controles el T1 y T8.

Tabla 6*Prueba de Kruskal Wallis para el Ensayo de Cobb*

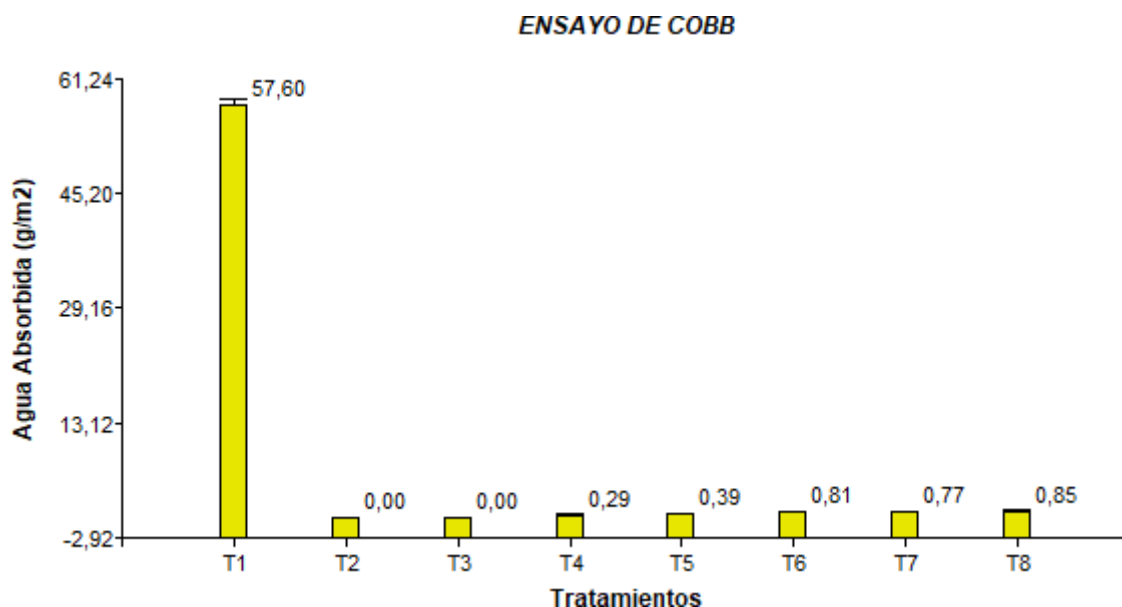
Variable	Tratamientos	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p-valor
Agua Absorbida (g/m ²)	T1	5	57,60	1,63	57,64	29,88	0,0001
Agua Absorbida (g/m ²)	T2	5	0,00	0,00	0,00		
Agua Absorbida (g/m ²)	T3	5	0,00	0,00	0,00		
Agua Absorbida (g/m ²)	T4	5	0,29	0,41	0,06		
Agua Absorbida (g/m ²)	T5	5	0,39	0,43	0,16		
Agua Absorbida (g/m ²)	T6	5	0,81	0,04	0,81		
Agua Absorbida (g/m ²)	T7	5	0,77	0,12	0,79		
Agua Absorbida (g/m ²)	T8	5	0,85	0,43	0,75		

Tratamientos	Medias	Rangos
T2	0,00	6,00 ^a
T3	0,00	6,00 ^a
T4	0,29	16,90 ^{ab}
T5	0,39	20,90 ^b
T8	0,85	23,80 ^{bc}
T7	0,77	25,50 ^{bc}
T6	0,81	26,90 ^{bc}
T1	57,60	38,00 ^c

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Figura 13

Cantidad de Agua Absorbida (g/m^2) durante dos minutos



Prueba BCT

Una vez que se determinó que los tratamientos T2 y T5 absorben la menor cantidad de agua, se procedió a recubrir cartones enteros de 16 cm (largo) x 16 cm (ancho) x 14,5 cm (alto) con estas ceras y se comparó con cartones sin recubrimiento que es el T1 (control -) y con cartones encerados con parafina que es el tratamiento T2 (control +). Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) y se determinó que el factor que corresponde a los tratamientos ejerce un efecto estadísticamente significativo en la fuerza máxima (kgf) que puede soportar un cartón al momento de someterse a compresión vertical ya que el *p-valor* que se obtuvo de $< 0,0001$ es inferior al nivel de significancia de 0,05; con estos datos se rechazó la hipótesis nula y se comprobó que existe una diferencia entre las medias del análisis. Los resultados se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7

Análisis de ANOVA de la variable Fuerza Máxima respecto al tipo de tratamiento

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1836,90	3	612,30	96,88	< 0,0001
Tratamientos	1836,90	3	612,30	96,88	< 0,0001
Error	50,56	8	6,32		
Total	1887,46	11			

Nota. Nivel de significación del análisis $\alpha = 0,05$.

Se procedió a comparar las medias utilizando el Test de Duncan donde se pudo verificar que hay una diferencia significativa entre los diferentes tratamientos ya que el *p-valor* de < 0,0001 es menor al nivel de significancia establecido de 0,05. La Tabla 8 nos muestra que los tratamientos T2 y T8 no difirieron entre sí, pero si exhiben una diferencia significativa al compararlos con los tratamientos T1 y T5.

Tabla 8

Test de Duncan de la variable Fuerza Máxima con respecto al tipo de tratamiento

Tratamientos	Fuerza Máxima (kgf)	SEM	p-valor
T1 (Control -)	126,99 ^a	1,45	< 0,0001
T5 (PFH.RB 2%)	136,83 ^b		
T2 (SE.RBD 2%)	155,06 ^c		
T8 (Control +)	156,23 ^c		

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Del análisis de Shapiro Wilks modificado que se realizó, se obtuvo un *p-valor* de 0,0266 que es menor al nivel de significancia establecido de 0,05 por lo que se puede inferir que las muestras no provienen de una distribución normal, es decir que la variable fuerza máxima es no paramétrica.

Se procedió a efectuar la prueba de Kruskal Wallis y el *p-valor* que se obtuvo del análisis fue de 0,0237 el cual es inferior al nivel de significancia $\alpha = 0,05$ por lo que se pudo verificar que las muestras provienen de poblaciones diferentes. En la Figura 14 se puede observar que el tratamiento T8 (control +) que es el cartón recubierto con parafina comercial soportó una fuerza máxima de compresión de 156,23 kgf antes de deformarse, seguido del tratamiento T2, T5 y T1 que corresponden a 155,06 kgf, 136,83 kgf y 126,99 kgf, respectivamente (Tabla 9)

Tabla 9

Prueba de Kruskal Wallis para la prueba BCT

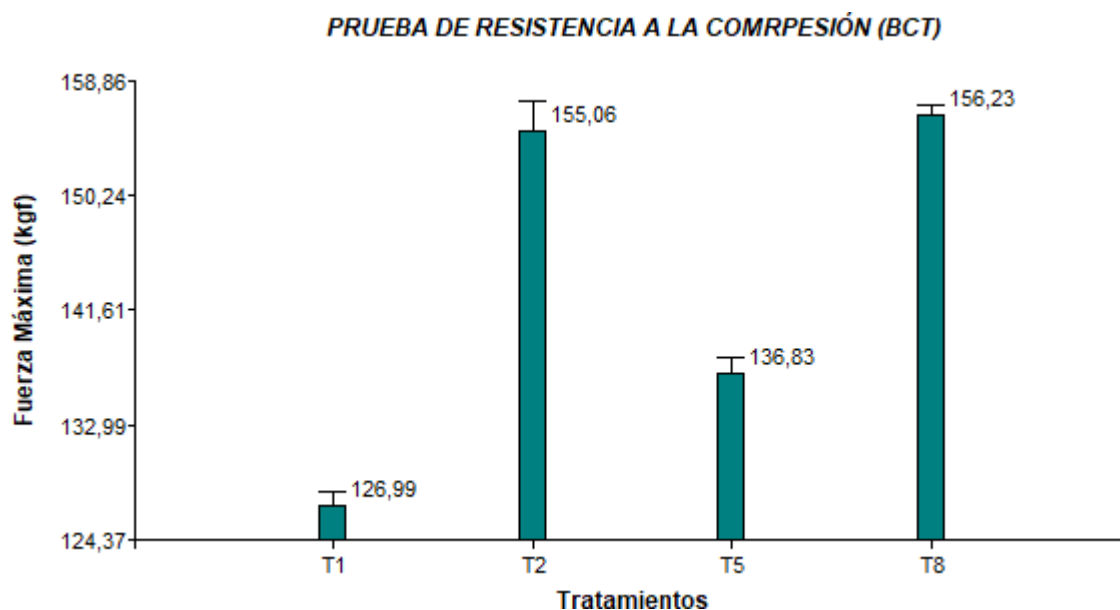
Variable	Tratamientos	N	Medias	D.E.	Medianas	H	<i>p-valor</i>
Fuerza Máxima (kgf)	T1	3	126,99	1,83	126,36	9,46	0,0237
Fuerza Máxima (kgf)	T2	3	155,06	3,87	153,96		
Fuerza Máxima (kgf)	T5	3	136,83	2,25	136,66		
Fuerza Máxima (kgf)	T8	3	156,23	1,37	156,86		

Tratamientos	Medias	Rangos
T1	126,99	2,00 ^a
T5	136,83	5,00 ^{ab}
T2	155,06	9,00 ^b
T8	156,23	10,00 ^b

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Figura 14

Fuerza Máxima (kgf) que resiste un cartón sin y con recubrimiento de cera

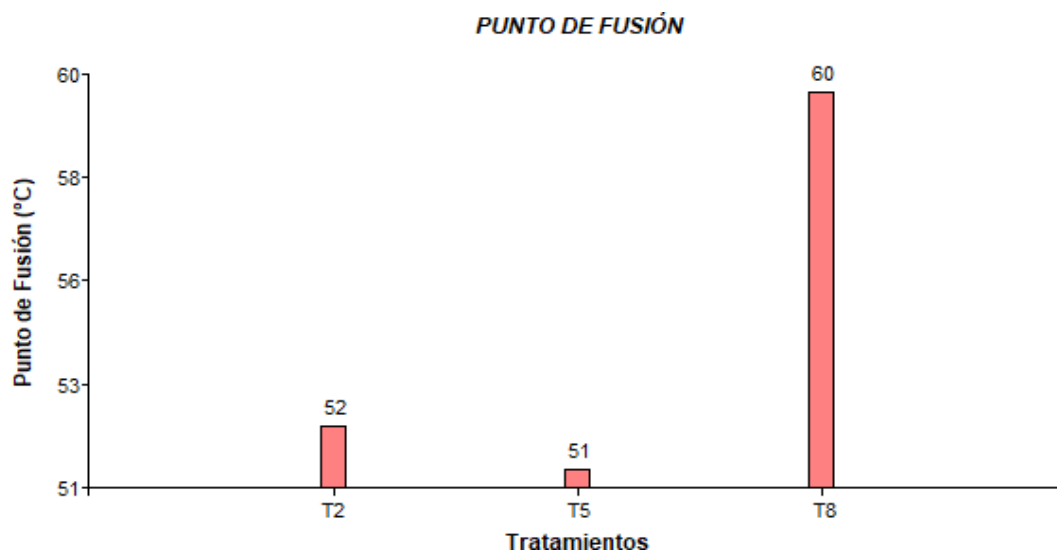


Punto de Fusión

Para determinar el punto de fusión se procedió a preparar 50 g de cada una de las muestras correspondientes a los tratamientos T2, T5 y T8 como se ha realizado hasta el momento. Se preparó dos muestras por tratamiento y tres capilares por cada repetición, dándonos un total de seis datos por tratamiento. Se procedió a sacar la media de cada uno y los valores resultantes se plasmaron en la Figura 15 mostrándonos que la parafina comercial que corresponde al tratamiento T8 posee el punto de fusión más alto de 60°C, en comparación con la SE.RBD 2% (T2) y PFH.RB 2% (T5) que presentan un punto de fusión de 52°C y 51°C, respectivamente.

Figura 15

Punto de Fusión de los tratamientos T2, T5 y T8



Viscosidad

Para determinar la viscosidad se programó que el software Trios calcule seis puntos por cada repetición a 100°C y a una velocidad angular de 10,0 rad/s. Se procedió a realizar el análisis de varianza (Tabla 10) y se obtuvo un *p-valor* de 0,0001 menor al nivel de significancia de 0,05 por lo que se puede inferir que los datos presentan una diferencia significativa.

Tabla 10

Análisis de ANOVA de la variable Viscosidad con respecto al tipo de tratamiento

F.V.	SC	gl	CM	F	<i>p-valor</i>
Modelo	84,60	2	42,30	76,91	0,0001
Tratamientos	84,60	2	42,30	76,91	0,0001
Error	3,30	6	0,55		
Total	87,90	8			

Nota. Nivel de significación del análisis $\alpha = 0,05$.

Con el test de Duncan se comprobó que las medias de los tres tratamientos analizados tienen una diferencia significativa entre sí ya que el *p-valor* de 0,0001 es menor al nivel de significancia de 0,05 por lo que se rechazó la hipótesis nula, los datos que se obtuvieron se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11

Test de Duncan de la variable Viscosidad respecto al tipo de tratamiento

Tratamientos	Viscosidad (cSt)	SEM	<i>p-valor</i>
T8	4, 83 ^a	0,43	0,0001
T2	10,43 ^b		
T5	11,97 ^c		

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Se procedió a realizar el análisis de Shapiro Wilks modificado y de acuerdo al *p-valor* de 0,0493 que es menor al nivel de significancia de 0,05 se determinó que los datos de viscosidad no tienen una distribución normal.

Finalmente se efectuó la prueba de Kruskal Wallis (Tabla 12) y se corroboró que las muestras provienen de poblaciones diferentes ya que el *p-valor* de 0,0036 fue menor que el nivel de significancia de 0,05, dándonos como resultado que el tratamiento T8 presenta la viscosidad más baja de 4,83 cSt, seguido del T2 y T5 que poseen una viscosidad más elevada de 10,43 cSt y 11,97 cSt, respectivamente.

Tabla 12

Prueba de Kruskal Wallis para el análisis de Viscosidad

Variable	Tratamientos	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p-valor
Viscosidad (cSt)	T2	3	10,43	0,40	10,50	7,20	0,0036
Viscosidad (cSt)	T5	3	11,97	1,16	11,80		
Viscosidad (cSt)	T8	3	4,83	0,38	5,00		

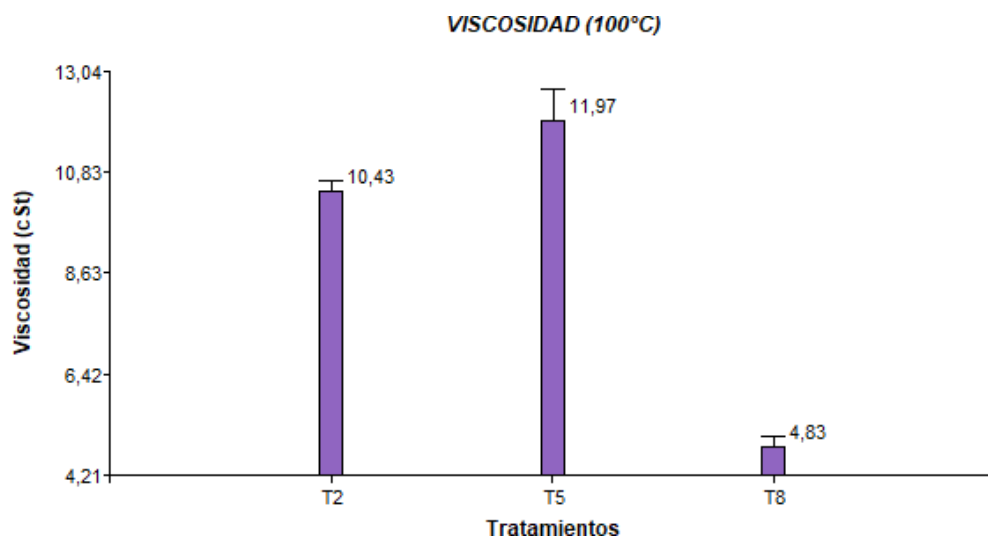
Tratamientos	Medias	Rangos
T8	4,83	2,00 ^a
T2	10,43	5,00 ^{ab}
T5	11,97	8,00 ^b

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

La Figura 16 muestra los resultados obtenidos, se puede inferir que a una misma temperatura que en este caso de 100°C la viscosidad de una sustancia puede variar dependiendo de su estructura química.

Figura 16

Viscosidad de las muestras de cera vegetal y parafina



CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

El empaque es un elemento clave en el almacenamiento y traslado de productos hasta llegar al consumidor final, son fabricados de diversos tipos de materiales dentro de los principales están: el vidrio, el metal, la madera, el plástico, el papel y el cartón, estos se emplean ajustándose a las necesidades del producto que será empacado (Querol *et al.*, 2015). De acuerdo con Santizo, (2004) el cartón corrugado es el material más utilizado porque cumple funciones distintas simultáneamente como: proteger al producto contra impactos, luz, polvo, etc., permite la identificación del producto, proporciona información, promociones o publicidad en la cubierta exterior.

Pero existe un inconveniente ya que de acuerdo con J. Rodríguez, (2010) las cajas de cartón corrugado están fabricadas a partir de papel y este es elaborado a partir de celulosa, que presenta la característica de ser altamente higroscópica, razón por la que las cajas de cartón tienden a absorber la humedad del ambiente especialmente en las zonas con una humedad relativamente alta. Freund *et al.*, (1982) también mencionan que el papel y por ende el cartón tienen una estructura que absorbe la humedad por lo que esta propiedad suele ser un problema.

La principal fuente de humedad a la que está expuesta una caja de cartón es durante el almacenamiento del producto, por lo tanto, las bodegas deben ser cubiertas, bien ventiladas, donde se evite el exceso de calor y el sol directo, el techo no debe presentar fugas para impedir que caigan gotas de agua y se debe evitar que existan charcos de agua en el suelo (CARTOPEL S.A., 2011).

Esta propiedad de absorción de humedad puede mitigarse mediante la impregnación de ceras de parafina (Freund *et al.*, 1982). Según J. Rodríguez, (2010) los cartones que han pasado por algún tipo de tratamiento generalmente tienen un valor de Cobb menor al que se presenta en los cartones sin tratamiento.

Las ceras de parafina se han empleado durante mucho tiempo para numerosos fines en la industria (Richey & Spilker, 1972). Uno de sus usos es como material para revestir, plastificar o impregnar papel, cartón u otros materiales, los cuales se emplean generalmente como bolsas, cartones, vasos, envoltorios u otro tipo de contenedor o cubierta (Moyer & Fauber, 1964), proporcionando un excelente material de envasado para alimentos y otros productos que están sujetos al deterioro por oxígeno o humedad (Thielke, 1957). Moyer & Fauber, (1964) mencionan que los cartones encerados cumplen funciones como disminuir el ingreso de vapor de agua para prolongar la vida útil de los productos que se van a almacenar en su interior. El problema de utilizar parafina como recubrimiento de cartón es que se elabora a partir del petróleo y este es un recurso no renovable que de acuerdo con Rifkin, (2002) en unos 30 o 40 años o incluso más las reservas de petróleo se agotarán, mientras que Iñesta & García, (2002) mencionan que si no se descubren nuevos yacimientos se prevé que los recursos del petróleo se agoten en unos 75 a 100 años, por lo que se necesitan fuentes alternativas para cubrir la demanda de productos elaborados a partir de este recurso.

Otra complicación que provoca el emplear parafina como recubrimiento según Glynn & Gary, (1999) es que durante las actividades que se realizan para obtener el petróleo, así como procesarlo y transportarlo se genera un impacto ambiental tanto en la atmósfera, hidrosfera, litósfera e incluso en los seres humanos debido a fugas o derrames de petróleo e incluso a las emisiones de SO_x, CO₂, H₂S que se generan. Estos problemas pueden provocar la muerte de aves y organismos

que habitan las zonas costeras, problemas respiratorios en el ser humano, acidificación de lagos, entre otros.

El propósito de la siguiente investigación es determinar si las ceras vegetales elaboradas a partir de SE.RBD y PFH.RB que son derivadas de la palma africana *Elaeis guineensis* Jacq., pueden ser empleadas en el recubrimiento de cajas de cartón para de esta manera ser reemplazadas por la parafina (Moyer & Fauber, 1964).

El primer paso que se ejecutó fue determinar qué tipo de parafina se utiliza con la finalidad de recubrir cartón. De acuerdo con Villalva, (2010), la fábrica Corruempaques elabora cartón corrugado con un recubrimiento de n-parafina, la misma que le proporciona una protección adicional al cartón contra la absorción de la humedad. También se encontró que la empresa Repsol, (2015) emplea parafinas full refinadas y aditivos seleccionados de acuerdo a la norma FDA (Food and Drugs Administration) para elaborar ceras que recubran la superficie del cartón, los mismos que son ideados para conferir mejores propiedades a las que ya tienen, proporcionando un buen efecto de barrera antihumedad, gran resistencia mecánica a la compresión y mayor capacidad antideslizante. El punto de fusión de esta cera de parafina es de 58°C – 62°C, y tiene una viscosidad a 100°C de 4 cSt. Moyer & Fauber, (1964) corroboran esta información ya que mencionan que la mayoría de ceras de parafina que se emplean comercialmente para ser utilizadas como recubrimiento superficial de papel o cartón son predominantemente de composición n-parafínica con un punto de fusión entre 55,56°C – 61,11°C ya que proporciona el grado de dureza, resistencia al rayado y resistencia al bloqueo típicamente requerido. De acuerdo con F. Martínez, (2018) la parafina full refinada que es empleada para recubrir cartón está constituida casi en su totalidad por cadenas lineales, su punto de fusión y viscosidad a 100°C es de: 45°C a 65°C y 3 a 6 cSt.

Adicionalmente se tiene la información de Agrawal & Hoch, (2016) quienes mencionan que las ceras típicas empleadas para recubrir productos corrugados como el cartón son las que contienen un peso molecular bajo y una elevada cantidad de n-parafinas, ya que cuando se incrementa el peso molecular esto conduce a una disminución de la perfección de los cristales lo que reduce las propiedades de impermeabilización y barrera. Cabe mencionar que la dureza del revestimiento es importante para recubrir las cajas de cartón ya que le aporta mayor resistencia en seco que es necesaria para incrementar la resistencia al apilamiento. Page, (1939) apoya esta información de que las ceras con estructura lineal se pueden emplear para el encerado de papel y cartón. Tomando en consideración estos parámetros se procedió a comprar en la Casa de los Químicos parafina full refinada con un punto de fusión entre 60°C – 62°C y composición n-parafínica para realizar los análisis, la ficha técnica se detalla en el Anexo 1.

Con respecto a las cajas de cartón que se emplearon para los ensayos experimentales de esta investigación se puede mencionar que fueron proporcionados por Industrial Danec y presentaron las siguientes dimensiones: 16 cm (largo) x 16 cm (ancho) x 14,5 cm (alto) como se indica en el Anexo 2, con una flauta tipo C ya que poseen una onda de 4 mm de altura. De acuerdo con Bizongo, (2014) el tipo de flauta determina la resistencia del cartón, siendo la flauta C la más utilizada. Martínez, (2009) menciona que la flauta tipo C apareció como una mejora de las flautas tipo A y B ya que posee una buena resistencia a la compresión vertical.

Para obtener el valor de Cobb se aplicó el ensayo de Cobb siguiendo el protocolo de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1400:2013 (INEN, 2013). De acuerdo con J. Rodríguez, (2010) esta prueba nos permite establecer la capacidad que tiene un material para repeler o absorber la humedad del medio ambiente que lo rodea, entendiéndose que a mayor humedad habrá más deterioro en la resistencia

del cartón corrugado (J. A. Rodríguez, 2018). Alarcón & Bravo, (2010) mencionan que esta prueba es importante realizarla ya que si existe una alteración del equilibrio de humedad entre el cartón y la atmósfera esto conduce a cambios dimensionales provocando variación en las propiedades mecánicas del cartón.

El valor de la absorción de agua depende del grado de encolado del papel, la porosidad y tratamientos superficiales que se hayan realizado sobre el cartón (Alarcón & Bravo, 2010). De acuerdo con lo mencionado por Cortés, (1994) el aceite crudo de palma al someterse al proceso de refinado físico en el cual se separan las impurezas por medio de vapor sobrecalentado se obtienen algunos productos o subproductos como son: mantecas, margarinas, parafina (producto que se utiliza en la elaboración de velas, la impermeabilización de cajas de cartón y otros), aceite comestible, jabón y cosméticos, entre otros. Industrial Danec proporciono Palma Full Hidrogenada RB y Superestearina RBD para corroborar si estos derivados de la palma africana pueden ser empleados como ceras vegetales para recubrir o impermeabilizar cajas de cartón corrugado y así disminuir la absorción de humedad y por lo tanto mantener la estructura de la caja por mayor tiempo. Según Phadoemchit & Boonvichitr, (1989) la mezcla del 1 al 5% en peso del monoestearato de glicerilo con estearina de palma refinada, blanqueada y desodorizada presenta las características de la parafina y es útil como sustituto de la misma en la fabricación de varios productos como velas, betún para zapatos, papel, cartón y vasos encerados. La composición de esta invención puede adaptarse a varias especificaciones de la cera simplemente variando el porcentaje en peso del aditivo monoestearato de glicerilo por lo cual se decidió aplicar el 2%, 5% y 7% del aditivo en las muestras de PFH.RB y SE.RBD.

En nuestro ensayo podemos verificar que todos los tratamientos cumplen con los estándares de calidad establecidos ya que según J. A. Rodríguez, (2018) un cartón fabricado con una flauta tipo C, debería tener un valor de Cobb menor a 100 g/m² para disminuir la pérdida de resistencia, y todos cumplen con este dato. De acuerdo con los resultados obtenidos el tratamiento T1 sin recubrimiento absorbió una cantidad de agua en dos minutos de 57,60 g/m², que es significativamente mayor en relación con el resto de tratamiento que obtuvieron una absorción mínima de 0,85 g/m², 0,81 g/m², 0,77 g/m², 0,39 g/m², 0,29 g/m², 0,00 g/m² y 0,00 g/m², correspondiente a los tratamientos: T8, T6, T7, T5, T4, T3 y T2, respectivamente. Con esta información podemos inferir que al aplicar la cera vegetal existe una menor absorción de humedad en comparación con los cartones que no presentaban ningún tipo de recubrimiento (T1) por lo que se podría reemplazar a la parafina como impermeabilizante de cajas de cartón. Phadoemchit & Boonvichitr, (1989) menciona que la superestearina RBD y la palma full hidrogenada RB al ser productos derivados de una fuente vegetal proporcionan una alternativa económica favorable como sustituto de la cera de parafina.

Los análisis estadísticos que se realizaron determinaron que la Superestearina RBD 2% (T2) y la Palma full Hidrogenada RB al 2% (T5) son los mejores tratamientos, por lo cual se emplearon para realizar la prueba BCT y compararlos con el tratamiento T8 (control +) que corresponde la parafina y el tratamiento T1 (control -) que es el cartón sin ningún tipo de recubrimiento.

La resistencia a la compresión de las cajas de cartón corrugado se obtuvo siguiendo el protocolo de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1422:2013 (NTE INEN, 2013). El ensayo BCT es uno de los más importantes ya que mide la fuerza máxima de compresión que puede soportar una caja de cartón antes de colapsar, además de estimar los puntos de deformación, así como la capacidad de apilamiento; la fuerza aplicada se determina a una velocidad constante de 13

mm/min y el resultado se expresa en kN, kgf o lbf (I. Martínez, 2009). La norma NTE INEN, (2013) corrobora esta información ya que menciona que esta prueba permite medir la capacidad que tienen las cajas de cartón corrugado para poder resistir fuerzas de compresión externas a las mismas proporcionando información sobre la carga que una caja en uso puede ser capaz de tolerar, la velocidad relativa de las placas en el ensayo debe ser de $12,5 \text{ mm/min} \pm 2,5 \text{ mm/min}$ y la resistencia máxima del embalaje se registra en Newtons (N). En el laboratorio se realizó la prueba a una velocidad de 12 mm/min y la fuerza se registró en unidades de kgf, parámetros que están dentro de lo establecido.

De acuerdo a lo expuesto en la norma NTE INEN, (2013) la caja de cartón corrugado debe colocarse en la máquina de ensayos en la dirección que sea relevante para su uso por lo que la fuerza que se midió fue la ejercida sobre la solapa superior de la caja de cartón ya que es forma en la que se almacena y distribuye el producto.

La prueba de resistencia a la compresión de la caja armada (BCT) realizada por Nordstrand, (2003) en 10 cartones de prueba sin ningún tipo de recubrimiento de cera de 30 cm (largo) x 30 cm (ancho) x 30 cm (alto) con una flauta tipo C, obtuvo una fuerza máxima promedio de 2187 N que equivale a 223,0 kgf, en el presente estudio se empleó cartones con una dimensión de 16 cm (largo) x 16 cm (ancho) x 14,5 cm (alto) y una flauta tipo C de 4 mm de espesor lo que correspondería aproximadamente a la mitad de las dimensiones empleadas por Nordstrand, (2003), por lo que podríamos inferir que los cartones que emplearon podrían soportar una fuerza máxima de 111,5 kgf si tuvieran las dimensiones de nuestro ejemplar. Comparando esta información con los datos obtenidos de 130,33 kgf, 150,06 kgf, 133,83 kgf, 149,23 kgf correspondientes al tratamiento T1, T2, T5 y T8, respectivamente; podemos mencionar que el recubrimiento de los cartones con cera

mejora la resistencia de los mismos a la compresión ya que soportan más fuerza antes de empezar a deformarse.

La capa cerosa que recubre el cartón suele cumplir varias funciones como son una baja permeabilidad al vapor de agua prolongando la vida útil del producto en su interior durante el almacenamiento (Moyer & Fauber, 1964). Los revestimientos de cera ayudan a mantener la resistencia e integridad del embalaje cuando se encuentran en ambientes húmedos (Hassan & Borsinger, 2009).

Para la caracterización fisicoquímica de las muestras de cera se realizan pruebas de viscosidad, punto de fusión, contenido de aceite, penetrabilidad, índice de iodo, color (Repsol, 2015). En el presente estudio se realizó únicamente el análisis de punto de fusión y viscosidad.

En cuanto al punto de fusión, se empleó el método del capilar abierto según la norma INEN 474, (1980) el cual es utilizado para aceites y grasas que tengan un punto de fusión mayor a 10°C. En la presente investigación se aplicó este método obteniéndose los siguientes resultados: 60°C, 52°C y 51°C para la parafina (T8), SE.RBD 2% (T2) y PFH.RB 2% (T5), respectivamente.

Por otro lado, según lo mencionado por F. Martínez, (2018) la viscosidad es importante determinar cuándo se va a emplear ceras para recubrimiento de embalajes ya que podemos conocer en qué medida una cera penetrará un sustrato poroso. De acuerdo con Lluch, (2011) la determinación de la viscosidad se debe realizar a dos temperaturas distintas, normalmente se emplea a 40°C (100°F) y a 100°C (210°F), debido a que existen correlaciones que permiten conocer la viscosidad a cualquier temperatura a partir de los datos de las dos temperaturas mencionadas previamente. La viscosidad obtenida del reómetro a 100°C para la parafina, SE.RBD 2% y PFH 2% fue de 4,83 cSt, 10,43 cSt y 11,97 cSt, respectivamente.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

- Se estableció que al añadir el aditivo monoestearato de glicerilo en las muestras de palma full hidrogenada RB y superestearina RBD se genera una sustancia cerosa que se adhiere fácilmente a los cartones.
- El ensayo de Cobb determinó que la SE.RBD con cualquiera de sus porcentajes de monoestearato reducen casi por completo la absorción de agua, en cuanto a la PFH.RB la absorción es mínima al igual que el control con Parafina; comparando los resultados de los cartones encerados que corresponden a los tratamientos T2 al T8 podemos inferir que tanto la SE.RBD 2% como la PFH.RB 2% son ceras vegetales que pueden ser empleadas como recubrimiento de cartón para reemplazar a la parafina comercial ya que disminuyen la absorción de agua dándole al cartón una especie de impermeabilización ya que el tratamiento T1 tuvo una absorción de agua 57,60 g/m² significativamente mayor al resto de tratamientos.
- La prueba BCT verificó que el tratamiento T1 (cartón sin recubrimiento) fue el que menos fuerza de compresión resistió 126,99 kgf, en comparación con los tratamientos T5, T2 y T8 que corresponden a 136,83 kgf, 155,06 kgf y 156,23 kgf, respectivamente.
- El punto de fusión de 60°C, 52°C, 51°C y la viscosidad de 4,83 cSt, 10,43 cSt, 11,97 cSt que se obtuvo para la parafina, SE.RBD 2% y PFH.RB 2%, respectivamente; nos indica que, a pesar de existir variación entre la parafina y las ceras vegetales con respecto a estos parámetros físicos, ambas ceras vegetales disminuyen la absorción de agua y mejoran la resistencia a la compresión de manera significativa por lo que podríamos inferir que se pueden emplear como sustitutos de la parafina comercial.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

- Emplear estearina de palma RBD hidrogenada como lo utiliza Phadoemchit & Boonvichitr, (1989) para recubrir los cartones y verificar mediante el ensayo de Cobb y la prueba BCT si cumple como sustituto de la parafina comercial.
- Realizar un acondicionamiento de los cartones durante un periodo de 24 horas a una temperatura de $22^{\circ}\text{C} \pm 2,0^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa de 50% para verificar si existen cambios en la absorción de agua con los diferentes tratamientos empleados (Querol *et al.*, 2015).
- Efectuar el test de Cobb durante un periodo de 30 minutos como lo menciona Bautista, (1981) para determinar el incremento de masa de cada una de las probetas de ensayo y observar si hay cambios significativos en la absorción de agua, así como en la estructura del cartón. Registrar los datos obtenidos en g/m^2 . Incrementar el número de ensayos y aplicar el análisis después de varios días.
- Ejecutar la prueba BCT en cartones recién fabricados recubiertos con la cera empleada en el estudio, esperar 15 días y efectuar las pruebas nuevamente para determinar si existe pérdida de la resistencia a la compresión y verificar analíticamente la estiba comparando con cartones sin recubrimiento y encerados con parafina.

CAPÍTULO VIII: BIBLIOGRAFÍA

(IICA), I. I. de cooperación para la A. (1983). *Guía Técnica para el cultivo de Palma Africana (Elaeis guineensis Jacq.)*.

<https://books.google.com.ec/books?id=rpqgAQAAIAAJ&pg=RA1->

[PA9&dq=palma+africana&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjZxJDly-](https://books.google.com.ec/books?id=rpqgAQAAIAAJ&pg=RA1-PA9&dq=palma+africana&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjZxJDly-)

[nuAhWKQzABHQHcCakQ6AEwBXoECAUQAg#v=onepage&q=palma](https://books.google.com.ec/books?id=rpqgAQAAIAAJ&pg=RA1-PA9&dq=palma+africana&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjZxJDly-)

[africana&f=true](https://books.google.com.ec/books?id=rpqgAQAAIAAJ&pg=RA1-PA9&dq=palma+africana&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjZxJDly-)

Agrawal, S., & Hoch, L. (2016). *Saturating Wax Coating Composition and Associated Methods of Use* (Patent No. WO2016073219A1).

<https://patents.google.com/patent/WO2016073219A1/en>

Alarcón, A., & Bravo, J. (2010). *Re-diseño en el desarrollo y aplicación de un envase corrugado parafinado para uso en exportación de mango*.

<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/37445/D->

[90508.pdf?sequence=-1&isAllowed=y](http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/37445/D-90508.pdf?sequence=-1&isAllowed=y)

Almagro, E. (2007). *Tecnología e Ingeniería de los Alimentos*.

<https://books.google.com.ec/books?id=nqA-IJmR8IQC&pg=RA1->

[PA66&dq=La+temperatura+a+la+cual+se+realiza+la+hidrogenacion+varía+des](https://books.google.com.ec/books?id=nqA-IJmR8IQC&pg=RA1-PA66&dq=La+temperatura+a+la+cual+se+realiza+la+hidrogenacion+varía+des)

[de+120°C+hasta+unos+220°C.&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwif1NufiobyAhWtIm](https://books.google.com.ec/books?id=nqA-IJmR8IQC&pg=RA1-PA66&dq=La+temperatura+a+la+cual+se+realiza+la+hidrogenacion+varía+des)

[oFHfl-Cb0Q6AEwAHoECAgQAg#v=onepage&q=La temperatura a la cual s](https://books.google.com.ec/books?id=nqA-IJmR8IQC&pg=RA1-PA66&dq=La+temperatura+a+la+cual+se+realiza+la+hidrogenacion+varía+des)

American Forest & Paper Association. (2019). *Paper Based Packaging*.

<https://www.afandpa.org/our-products/paper-based-packaging/paperboard>

Araoz, M., & Ferreyros, E. (2009). *Guía de Envases y Embalajes*.

<https://www.siicex.gob.pe/siicex/documentosportal/188937685rad66DEB.pdf>

Aulton, M. (2004). *Farmacía, la Ciencia del Diseño de las formas Farmacéuticas*.

https://books.google.com.ec/books?id=r5k1fvgCi7IC&pg=PA42&dq=viscosidad+dinamica&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi_yuaFI_xAhUOmeAKHbB4BCIQ6AEwBnoECAIQAg#v=onepage&q=viscosidad dinamica&f=true

Barros, C. (2009). *Los Aditivos en la Alimentación de Españoles y la Legislación que Regula su Autorización y Uso.*

https://books.google.com.ec/books?id=bhcAjKO4qV8C&pg=PA649&dq=monoesteearato+de+glicerilo&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjkh9y_25byAhVnMVkFHcBvDvQQ6AEwBHoECAgQAg#v=onepage&q=monoesteearato de glicerilo&f=true

Bautista, H. (1981). *Código de Práctica Cajas de Cartón Corrugado.*

<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/CPE-4.pdf>

Bizongo. (2014). *Corrugated Box Testing Methods to Ensure Packaging Quality.*

<https://www.bizongo.com/blog/corrugated-box-testing>

Borrero, C. (n.d.). *Cultivo de la Palma de Aceite (Elaeis guineensis Jacq.).*

https://www.infoagro.com/herbaceos/oleaginosas/palma_aceite4.htm

Bravo, E. (2007). *Los Impactos de la Explotación Petrolera en Ecosistemas Tropicales y la Biodiversidad.*

https://www.inredh.org/archivos/documentos_ambiental/impactos_explotacion_petrolera_esp.pdf

Cardozo, A. (1959). *Estudio comparativo del valor nutritivo de torta de palma africana, quinua y leche descremada en polvo.*

<https://books.google.com.ec/books?id=3Zznv7ilHpgC&pg=PA23&dq=palma+africana&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjZxJDly-nuAhWKQzABHQHcCakQ6AEwCXoECAcQAg#v=onepage&q=palma africana&f=true>

CARTOPEL S.A. (2011). *Manejo adecuado de las Cajas para Obtener un máximo Beneficio*. https://issuu.com/cartopel/docs/cartopel_manejo_de_cajas/8

Castellanos, A. (2017). *Logística Comercial Internacional*.

<https://books.google.com.ec/books?id=8XhaDwAAQBAJ&pg=PT60&dq=características+del+cartón+corrugado&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjB8dSFpMTwAhUERzABHaU-CUgQ6AEwBnoECAgQAg#v=onepage&q=características del cartón corrugado&f=true>

Castillo, F., Roldán, M. D., Blasco, R., Huertas, M. J., Caballero, F., Moreno, C., & Luque, M. (2005). *Biotecnología Ambiental*.

https://books.google.com.ec/books?id=19ffPAm3E3kC&pg=PA425&dq=que+es+el+petroleo&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjZmNHu6_vxAhUSHqwKHWAIAY4tAEQ6AEwAXoECAYQAg#v=onepage&q=que es el petroleo&f=true

CCI, C. de C. I. (1999). *Especias y Hierbas Secas: Manual de Envase y Embalaje*.

<https://books.google.com.ec/books?id=ZnP-DwAAQBAJ&pg=PA38&dq=parafina+para+recubrir+carton&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiZltz62fXxAhXiSDABHXMxBzwQ6AEwAnoECAsQAQAg#v=onepage&q=parafina para recubrir carton&f=true>

Cenipalma, C. de I. en P. de A. (2013). *Guía sobre el Aceite de Palma y sus*

Aplicaciones. [http://www.palmadeaceite.org/sites/default/files/Guía aceite de palma y aplicaciones.pdf](http://www.palmadeaceite.org/sites/default/files/Guía%20aceite%20de%20palma%20y%20aplicaciones.pdf)

Chávez, F., & Rivadeneira, J. (2003). *Manual del Cultivo de Palma Aceitera (Elaeis guineensis Jacq.) para la zona noroccidental del Ecuador*.

<https://books.google.com.ec/books?id=CnszAQAAMAAJ&printsec=frontcover&dq=palma+africana&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjZxJDly-nuAhWKQzABHQHcCakQ6AEwAXoECAkQAg#v=onepage&q=palma>

africana&f=true

Chen, J., Zhang, Y., & Sun, J. (2011). An Overview of the Reducing Principle of Design of Corrugated Box Used in Goods Packaging. *Procedia Environmental Sciences*.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029611003549>

Ciancaglini, N. (2000). *Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico*. 10. [http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO_R001_Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico.pdf](http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO_R001_Guía_para_la_determinación_de_textura_de_suelos_por_método_organoléptico.pdf)

Collieu, A., & Powney, D. (1977). *Propiedades Mecánicas y Térmicas de los Materiales*. [https://books.google.com.ec/books?id=N3-7-j-pcKgC&pg=PA119&dq=viscosidad+dinamica&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi_yuaFI_xAhUOmeAKHbB4BCIQ6AEwB3oECAkQAg#v=onepage&q=viscosidad dinamica&f=true](https://books.google.com.ec/books?id=N3-7-j-pcKgC&pg=PA119&dq=viscosidad+dinamica&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi_yuaFI_xAhUOmeAKHbB4BCIQ6AEwB3oECAkQAg#v=onepage&q=viscosidad+dinamica&f=true)

Cortés, G. (1994). *Atlas Agropecuario de Costa Rica*.

[https://books.google.com.ec/books?id=AWQqijADFrlC&pg=PA257&dq=fraccionamiento+de+la+palma+africana&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiD88j4i8fxAhXXmGoFHam0DHwQ6AEwBXoECAUQAg#v=onepage&q=fraccionamiento de la palma africana&f=true](https://books.google.com.ec/books?id=AWQqijADFrlC&pg=PA257&dq=fraccionamiento+de+la+palma+africana&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiD88j4i8fxAhXXmGoFHam0DHwQ6AEwBXoECAUQAg#v=onepage&q=fraccionamiento+de+la+palma+africana&f=true)

CPE INEN, C. de P. E. (2013). *Cajas de cartón corrugado*.

<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/CP-004-1.pdf>

Díaz, J. (2006). *Mecánica de los Fluidos e Hidráulica*.

[https://books.google.com.ec/books?id=3jHhWwwQqp4C&pg=PA11&dq=viscosidad+dinamica&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi_yuaFI_xAhUOmeAKHbB4BCIQ6AEwCHoECAgQAg#v=onepage&q=viscosidad dinamica&f=true](https://books.google.com.ec/books?id=3jHhWwwQqp4C&pg=PA11&dq=viscosidad+dinamica&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi_yuaFI_xAhUOmeAKHbB4BCIQ6AEwCHoECAgQAg#v=onepage&q=viscosidad+dinamica&f=true)

Durst, H., & Gokel, G. (2007). *Química Orgánica Experimental*.

https://books.google.com.ec/books?id=xiiqTfEO1a2gC&printsec=frontcover&dq=química+orgánica+experimental+1985&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=química+orgánica+experimental+1985&f=true

EMIS. (2021). *Industrial Danec S.A. (Ecuador)*. https://www.emis.com/php/company-profile/EC/Industrial_Danec_SA_es_1219058.html

Espinal, C., Martínez, H., Acevedo, X., Barrios, C., Ortiz, L., Salazar, M., González, F., Peña, Y., Pinzón, N., & Espinosa, D. (2004). *La Competitividad de las Cadenas Agroproductivas en Colombia, Análisis de su Estructura y Dinámica*.

https://books.google.com.ec/books?id=niU32tEHs0C&pg=PA487&dq=estearina+y+oleina+de+palma&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi_g5TUmerxAhXiRd8KHQIRDicQ6AEwAnoECAQQAg#v=onepage&q=estearina+y+oleina+de+palma&f=true

Evricom. (2020). *Ceras de Petróleo*. <https://evricom.bg/es/tipos-de-cera/ceras-de-petroleo/>

Frank, B. (2013). *Water absorptiveness of sized (non-bibulous) paper, paperboard, and corrugated fiberboard (Cobb test)*.

<https://www.tappi.org/content/tag/sarg/t441.pdf>

Freund, M., Csikós, R., Keszthelyi, S., & Mózes, G. (1982). *Paraffin products: Properties, Technologies, Applications*.

<https://books.google.com.ec/books?id=SeC-7cx8KKUC&pg=PA243&dq=coating+paraffin+wax&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjyoun2vXxAhUSQTABHYHeAg8Q6AEwAHoECAUQAg#v=onepage&q=coating+paraffin+wax&f=true>

García, D., Sandoval, J., Saldaña, R., Cárdenas, G., Soplín, J., Sotero, V., Pavan,

R., & Mancini, J. (2008). Fraccionamiento e Interesterificación del Aceite de Palma (*Elaeis guineensis* Jacq.) Cultivado en la Amazonia Peruana. *Grasas y Aceites*. <https://doi.org/10.3989/gya.2008.v59.i2.497>

Gary, J., & Handwerk, G. (2003). *Refino de Petróleo, Tecnología y Economía*.
[https://books.google.com.ec/books?id=uGK8J8fK4F4C&pg=PA22&dq=tipos+de+parafina&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjgx7_07fnxAhVohq0KHbPKAGU4HhDoATADegQIBBAC#v=onepage&q=tipos de parafina&f=true](https://books.google.com.ec/books?id=uGK8J8fK4F4C&pg=PA22&dq=tipos+de+parafina&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjgx7_07fnxAhVohq0KHbPKAGU4HhDoATADegQIBBAC#v=onepage&q=tipos+de+parafina&f=true)

Gil, Á. (2010). *Tratado de Nutrición, Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos*.
[https://books.google.com.ec/books?id=hcwBJ0FNvqYC&pg=PA267&dq=proceso+de+refinacion+del+aceite+de+palma&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiG7LCsqOrxAhUyRjABHbcKATMQ6AEwAXoECACQAg#v=onepage&q=proceso de refinacion del aceite de palma&f=true](https://books.google.com.ec/books?id=hcwBJ0FNvqYC&pg=PA267&dq=proceso+de+refinacion+del+aceite+de+palma&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiG7LCsqOrxAhUyRjABHbcKATMQ6AEwAXoECACQAg#v=onepage&q=proceso+de+refinacion+del+aceite+de+palma&f=true)

Gil, M. (2007). *Industrialización de Proteínas del Lactosuero*.
[https://books.google.com.ec/books?id=xdXEWUv0Ku0C&pg=RA1-PA9&dq=monoestearato+de+glicerilo+para+que+sirve&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiMINDa35byAhXmFVvKfHfNiDJM4PBD0ATAAegQIARAC#v=onepage&q=monoestearato de glicerilo para que sirve&f=true](https://books.google.com.ec/books?id=xdXEWUv0Ku0C&pg=RA1-PA9&dq=monoestearato+de+glicerilo+para+que+sirve&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiMINDa35byAhXmFVvKfHfNiDJM4PBD0ATAAegQIARAC#v=onepage&q=monoestearato+de+glicerilo+para+que+sirve&f=true)

Glynn, H., & Gary, H. (1999). *Ingeniería Ambiental*.
[https://books.google.com.ec/books?id=ToQmAKnPpzIC&pg=PA70&dq=petroleo+impacto+ambiental&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi33ujao4rnAhVRvFkKHcB9DTgQ6AEIJzAA#v=onepage&q=petroleo impacto ambiental&f=true](https://books.google.com.ec/books?id=ToQmAKnPpzIC&pg=PA70&dq=petroleo+impacto+ambiental&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi33ujao4rnAhVRvFkKHcB9DTgQ6AEIJzAA#v=onepage&q=petroleo+impacto+ambiental&f=true)

Hassan, A., & Borsinger, G. (2009). *Proceso para la aplicación de emulsiones de cera acuosas* (Patent No. 2 322 853).
[https://patents.google.com/patent/ES2322853T3/en?q=\(paraffin+wax\)&q=C08L](https://patents.google.com/patent/ES2322853T3/en?q=(paraffin+wax)&q=C08L)

91%2F06

Hunter, M., & Segesser, J. (1954). *Low Melting Paraffin Wax* (Patent No. 2,670,323).

[https://patents.google.com/patent/US2670323A/en?q=\(paraffin+wax\)&q=C08L9](https://patents.google.com/patent/US2670323A/en?q=(paraffin+wax)&q=C08L9)

1%2F06

IICA-CATIE. (1995). *Proyecto de Investigación Agrícola en Tierras Bajas de Bolivia*.

<https://books.google.com.ec/books?id=1tMOAQAIAAJ&pg=RA6->

[PA39&dq=dos+tipos+de+refinamiento+en+palma&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi](https://books.google.com.ec/books?id=1tMOAQAIAAJ&pg=RA6-PA39&dq=dos+tipos+de+refinamiento+en+palma&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi)

[ojv3H1uzxAhUkSTABHRdZA04Q6AEwBHoECAIQAg#v=onepage&q=dos tipos](https://books.google.com.ec/books?id=1tMOAQAIAAJ&pg=RA6-PA39&dq=dos+tipos+de+refinamiento+en+palma&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi)

[de refinamiento en palma&f=true](https://books.google.com.ec/books?id=1tMOAQAIAAJ&pg=RA6-PA39&dq=dos+tipos+de+refinamiento+en+palma&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi)

INEN 474, N. T. E. (1980). *Grasas y Aceites Comestibles Determinación del Punto*

de Fusión. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/474.pdf>

INEN, N. T. E. /. (2013). *Papeles y Cartones. Determinación de la Absorción del*

agua en papeles y cartones (no porosos) encolados (Ensayo de Cobb).

<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1400.pdf>

Iñesta, J., & García, P. (2002). *El Petróleo el Recorrido de la Energía*.

[https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2019/05/recorrido-de-la-energia-el-](https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2019/05/recorrido-de-la-energia-el-petroleo.pdf)

[petroleo.pdf](https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2019/05/recorrido-de-la-energia-el-petroleo.pdf)

Kengfall, V., & Rodríguez, O. (2017). *Implementación de Ensayos Mecánicos de*

Cartón Corrugado de doble cara en el Laboratorio de Materiales de la

Universidad Católica de Santa María.

<https://core.ac.uk/download/pdf/198122269.pdf>

Larrazábal, G. (2006). *Tekhne, Revista de la Facultad de Ingeniería de la*

Universidad Católica Andrés Bello. 99–108.

<https://books.google.com.ec/books?id=OUf->

s8poePwC&pg=PA100&dq=características+del+cartón+corrugado&hl=es&sa=X
&ved=2ahUKEwjB8dSFpMTwAhUERzABHaU-
CUgQ6AEwBHoECAAQAg#v=onepage&q=características del cartón
corrugado&f=true

Levorsen. (1980). *Historia del Petróleo*.

https://www.enap.cl/pag/241/1119/historia_petroleo

Lluch, J. (2011). *Tecnología y Margen de Refino del Petróleo*.

https://books.google.com.ec/books?id=p7OOXBSKtewC&printsec=frontcover&dq=que+es+el+petroleo&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=que es el petroleo&f=true

Martínez, F. (2018). *Las Ceras en la Industria del Embalaje*.

<http://siwaxgroup.com/wp-content/uploads/2018/07/las-ceras-en-la-industria-del-embalaje.pdf>

Martínez, H., Pinzón, N., Peña, Y., Acevedo, X., Beltrán, L., González, F., González, E., & Amézquita, J. (2006). *Agorindustria y Competitividad*.

<https://books.google.com.ec/books?id=RSzw3sgBr28C&pg=PA34&dq=hidrogenacion+de+la+palma&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwj4wfSOg4byAhW0kWoFHbIKD-QQ6AEwCXoECAUQAg#v=onepage&q=hidrogenacion de la palma&f=true>

Martínez, I. (2009). *Cartón Corrugado Pruebas a Producto Terminado*.

<https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/3988/1/CARTONCORRUGADO.pdf>

Monsalvo, R., Miranda, M. G., Romero, M. del R., & Muñoz, G. (2014). *Balance de Materia y Energía. Procesos Industriales*.

<https://books.google.com.ec/books?id=afLhBAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=parafina+full+refinada+recubrimiento&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwj1pOki97x>

AhXeJzQIHYeYCx8Q6AEwA3oECAoQAg#v=onepage&q&f=true

Morán, O., & Ramírez, A. (1993). *Los Productos de la Palma Africana y su Control*.

<https://books.google.com.ec/books?id=qHozAQAAMAAJ&printsec=frontcover&dq=palma+africana&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjZxJDly-nuAhWKQzABHQHcCakQ6AEwBnoECAEQAg#v=onepage&q=palma+africana&f=true>

Moyer, H., & Fauber, E. (1964). *Wax Composition* (Patent No. 3,146,184).

[https://patents.google.com/patent/US3146184A/en?q=\(paraffin+wax\)&q=C08L91%2F06](https://patents.google.com/patent/US3146184A/en?q=(paraffin+wax)&q=C08L91%2F06)

Murphy, T., Doucette, M., House, N., & Richards, M. (2013). *Triacylglycerol-Based Alternative to Paraffin Wax* (Patent No. US 8,529,924 B2).

<https://patents.google.com/patent/US8529924?q=industrial+uses+of+paraffin+wax>

Muzo, D. (2016). *Planificación de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional en la Nueva Planta de Corruempaque*.

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16231/1/CD-7124.pdf>

Navarese, Y. (2006). *Ceras y Parafina: Velas y Fanales*.

<https://books.google.com.ec/books?id=zzZI5pqFnIYC&pg=PA6&dq=parafina&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjjvf61y-DuAhVJ1IkKHQ73ADgQ6AEwAHoECAIQAg#v=onepage&q=parafina&f=true>

Navas, C. (2001). *Bibliografía sobre Palma Africana (Elaeis guineensis)*.

<https://books.google.com.ec/books?id=ZZIzAQAAMAAJ&printsec=frontcover&dq=palma+africana&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjZxJDly-nuAhWKQzABHQHcCakQ6AEwAnoECAgQAg#v=onepage&q&f=true>

Nordstrand, T. (2003). *Basic Testing and Strength Design of Corrugated Board and Containers*.

<https://www.byggmek.lth.se/fileadmin/byggnadsmekanik/publications/tvsm1000/web1015.pdf>

NTE INEN, N. T. E. (2013). *Papeles y Cartones. Cajas de Cartón Corrugado*.

Determinación de la Resistencia a la Compresión de Embalajes de Cartón Corrugado. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1422-1.pdf>

Ojeda, R. (2013). *Obtención de Aceites de Oliva Refinados*.

<https://books.google.com.ec/books?id=CU4pEAAAQBAJ&pg=PT30&dq=aplicaciones+industriales+de+las+ceras+vegetales&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwj8o8nsvJbyAhUiszEKHYkAAIsQ6AEwAXoECAIQAg#v=onepage&q=aplicaciones+industriales+de+las+ceras+vegetales&f=true>

OMS, O. M. de la S. (1993). *Grasas y Aceites en la Nutrición Humana*.

Ong, A., Dawson, R., Drummond, C., Eldridge, R., & Georgaklis, G. (1996). *Coating for Paperboard* (Patent No. WO 96/00815).

[https://patents.google.com/patent/WO1996000815A1/en?q=\(paraffin+wax\)](https://patents.google.com/patent/WO1996000815A1/en?q=(paraffin+wax))

Ortuño, S. (2012). *El Mundo del Petróleo: Origen, Usos y Escenarios*.

https://books.google.com.ec/books?id=5RLn2k91NaoC&printsec=frontcover&dq=que+es+el+petroleo&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=true

Osowski, P., & Piatkowski, T. (2017). Analysis of corrugated cardboard influence on the protective properties of complex packaging system. *AIP Conference Proceedings*.

<https://aip.scitation.org/doi/pdf/10.1063/1.4977685>

Page, J. (1939). *High Melting Point Paraffin Waxes and Compositions Thereof* (Patent No. 2,157,625).

[https://patents.google.com/patent/US2157625A/en?q=\(paraffin+wax\)&q=C08L91%2F06](https://patents.google.com/patent/US2157625A/en?q=(paraffin+wax)&q=C08L91%2F06)

Phadoemchit, T., & Boonvichitr, S. (1989). *Paraffin Wax Replacer* (Patent No. 4,842,648). <https://patents.google.com/patent/US4842648A/en>

Picado, A., & Álvarez, M. (2008). *Química I, Introducción al Estudio de la Materia*. <https://books.google.com.ec/books?id=mjvKG4BJ0xwC&pg=PA26&dq=punto+de+fusión&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwju5qfbjfyAhUHi6wKHfYfEBVIQ6AEwBXoECAQQAg#v=onepage&q=punto+de+fusión&f=true>

Pochteca. (2015). *Monoestearato de Glicerilo, Descripción y Generalidades*. <https://mexico.pochteca.net/productos/monoestearato-de-glicerilo/>

Primo, E. (2007). *Química Orgánica Básica Aplicada. De la Molécula a la Industria*. https://books.google.com.ec/books?id=aU_aBXvAB3MC&pg=PA927&dq=ceras&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwilhLy0wojnAhVjrlkKHemsAqEQ6AEISzAF#v=onepage&q=ceras&f=true

PROCARSA, P. C. S. A. (2013). *Circular de Oferta Pública II Emisión de Papel Comercial Productora Cartonera S.A. Procarsa*. <https://docplayer.es/32746947-Productora-cartonera-s-a.html>

Querol, E., Ardanuy, M., & Rodriguez, L. (2015). *Protocolo de Validación de Materiales con Base de Papel y Cartón de uso Alimentario*. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/77042/memoria.pdf?sequence=1>

RAE, R. A. E. /. (2021). *Cartón*. <https://dle.rae.es/cartón>

Repsol. (2015). *REDECOAT-R Ceras para Recubrimiento Superficial del Cartón*. <https://www.repsol.com/content/dam/repsol-corporate/es/productos-y->

servicios/productos/especialidades/redecoat-r.pdf

Repsol. (2021). *Ceras para Papel y Cartón*. <https://www.repsol.com/es/productos-y-servicios/especialidades/productos/gama-preparados-de-ceras-y-parafinas/ceras-para-papel-y-carton/index.cshtml>

Requejo, A. (2020). *Aceites Esenciales en Sinergia*.

https://books.google.com.ec/books?id=k1ApEAAQBAJ&pg=PT136&dq=refinado+quimico+y+fisico+del+aceite+de+palma&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwj1_Pn0uexAhUGRDABHYcqCjMQ6AEwCXoECAcQAg#v=onepage&q=refinado+quimico+y+fisico+del+aceite+de+palma&f=true

Richey, T., & Spilker, C. (1972). *Paraffin Wax Compositions* (Patent No. 3,702,772).

[https://patents.google.com/patent/US3702772A/en?q=\(paraffin+wax\)&q=C08L91%2F06](https://patents.google.com/patent/US3702772A/en?q=(paraffin+wax)&q=C08L91%2F06)

Riechman, J. (2003). *Cuidar la Tierra, Políticas Agrarias y Alimenticias Sostenibles para Entrar en el Siglo XXI*.

<https://books.google.com.ec/books?id=Vn0WpWkEK9gC&pg=PA230&dq=estearina+y+oleina+de+palma&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjPg-v6zZbyAhVtKfKfHYymDqg4ChDoATAHegQIBhAC#v=onepage&q=estearina+y+oleina+de+palma&f=true>

Rifkin, J. (2002). *La Economía del Hidrógeno, La creación de la red energética mundial y la redistribución del poder en la Tierra*.

https://books.google.com.ec/books?id=-dZnHCDV7goC&printsec=frontcover&dq=que+es+el+petroleo&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjRyae26_vxAhVGeawKHZhPAdU4FBDoATADegQICxAC#v=onepage&q&f=true

Rodríguez, J. (2010). *El efecto de la humedad en los embalajes de cartón corrugado*.

<https://www.elempaque.com/temas/El-efecto-de-la-humedad-en-los-embalajes-de-carton-corrugado+4078056?pagina=2>

Rodríguez, J. A. (2018). *Cuál es el Efecto de la Humedad en la Resistencia ECT y BCT de las Cajas de Cartón Corrugado.*

<https://www.elempaque.com/temas/Cual-es-el-efecto-de-la-humedad-en-la-resistencia-ECT-y-BCT-de-las-cajas-de-carton-corrugado+127093?pagina=2>

Rojas, F. (1989). *El Cultivo de la Palma de Aceite.*

[https://books.google.com.ec/books?id=xnHC3N3OTvEC&pg=PA11&dq=fraccionamiento+de+la+palma+africana&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiD88j4i8fxAhXXmGoFHam0DHwQ6AEwA3oECAoQAQ#v=onepage&q=fraccionamiento de la palma africana&f=true](https://books.google.com.ec/books?id=xnHC3N3OTvEC&pg=PA11&dq=fraccionamiento+de+la+palma+africana&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiD88j4i8fxAhXXmGoFHam0DHwQ6AEwA3oECAoQAQ#v=onepage&q=fraccionamiento+de+la+palma+africana&f=true)

Romero, G. (1980). *Determinación de la relación Mg-K en suelos cultivados con Palma Africana (Eleais guineensis Jacq.).*

<https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4426/1/T-R763d.pdf>

Sánchez, A., Vayas, T., Mayorga, F., & Freire, C. (2019). *Sector Papel y Cartón del Ecuador.* <https://blogs.cedia.org.ec/obest/wp-content/uploads/sites/7/2020/09/Sector-papel-y-carton-del-Ecuador.pdf>

Sánchez, E. (n.d.). *La Casa de los Químicos.* <http://lacasadelosquimicos.com.ec/>

Sánchez, J. (2003). *Purificación de Parafinas de Petróleo por Hidrogenación Catalítica.* <http://webs.ucm.es/BUCM/tesis/qui/ucm-t26589.pdf>

Sánchez, M., & Garcés, I. (1997). *Productos Derivados de la Industria de la Palma de Aceite. Usos. Palmas, 18.*

<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/download/571/571>

Santizo, M. (2004). *Control de Calidad Aplicado a la Industria de Cajas Comerciales*

de Cartón. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1324_IN.pdf

Soler, F. (2018). *Aceite de Palma: Cultivo, Procesos de Obtención, Refinación y Transformación*.

<http://www.aiqs.es/uploads/managearticle/7/2018/03/16/20180316120421-0559.pdf>

Technoserve. (2009). Manual Técnico De Palma Africana. Mac, 99.

<https://palma.webcindario.com/manualpalma.pdf>

Thielke, H. (1957). *Coating Composition* (Patent No. 2,784,891).

[https://patents.google.com/patent/US2784891A/en?q=\(paraffin+wax\)](https://patents.google.com/patent/US2784891A/en?q=(paraffin+wax))

Vargas, W. (1987). *Tecnología del Manejo de Postcosecha de Frutas y Hortalizas*.

[https://books.google.com.ec/books?id=IYDGhOLOgPoC&printsec=frontcover&dq=Tecnologia+del+Manejo+de+Postcosecha+de+Frutas+y+Hortalizas&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Tecnologia del Manejo de Postcosecha de Frutas y Hortalizas&f=true](https://books.google.com.ec/books?id=IYDGhOLOgPoC&printsec=frontcover&dq=Tecnologia+del+Manejo+de+Postcosecha+de+Frutas+y+Hortalizas&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Tecnologia+del+Manejo+de+Postcosecha+de+Frutas+y+Hortalizas&f=true)

Wahab, N. (2012). *Estimation of Corrugated Cardboard Strength with a new Tensile or Shear*.

http://umpir.ump.edu.my/id/eprint/7126/1/NORFARIZA_BINTI_AB.WAHAB.PDF

Wauquier, J.-P. (2004). *El Refino del Petróleo*.

https://books.google.com.ec/books?id=dwkgt8u2MmlC&printsec=frontcover&dq=macroparafinas&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiKi_2T7fnxAhVFJKwKHTc_DFgQ6AEwBnoECAoQAg#v=onepage&q&f=true

Wiley, J. & S. (2005). *BAILEY'S INDUSTRIAL OIL AND FAT PRODUCTS* (Vol. 1).

CAPÍTULO IX: ANEXOS