



COLEGIO DE POSTGRUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS TABASCO

PROGRAMA PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO

**DETERMINACIÓN DE COLOR EN FRUTO Y ACIDEZ EN ACEITE DE
PALMA AFRICANA COMO PARÁMETROS DE CALIDAD EN TENOSIQUE,
TABASCO**

MARÍA DEL SOCORRO PÉREZ XOCHIHUA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

H. CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO

2017



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPECHE-CÓRDOBA-MONTECILLO-PUEBLA-SAN LUIS POTOSÍ-TABASCO-VERACRUZ

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el(la) que suscribe María del Socorro Pérez Xochihua, alumno(a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor Dr. Juan Manuel Zaldivar Cruz, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis DETERMINACION DE COLOR EN FRUTO Y ACIDEZ EN ACEITE DE PALMA AFRICANA COMO PARAMETROS DE CALIDAD EN TENOSIQUE, TABASCO

y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El(la) Consejero(a) o Director(a) de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

H. Cárdenas, Tabasco, a 13 de Julio de 2017.

Firma

Vo. Bq. Profesor(a) Consejero(a) o Director(a) de Tesis

La presente tesis, titulada “**DETERMINACIÓN DE COLOR EN FRUTO Y ACIDEZ EN ACEITE DE PALMA AFRICANA COMO PARÁMETROS DE CALIDAD EN TENOSIQUE, TABASCO**”, realizado por la alumna: María del Socorro Pérez Xochihua, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

POSGRADO EN PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO: 
DR. JUAN MANUEL ZALDÍVAR CRUZ

ASESORA: 
DRA. EDITH HERNÁNDEZ NATAREN

ASESOR: 
DR. JOSÉ HUMBERTO CAMAL
VELÁZQUEZ

ASESOR: 
DR. GILBERTO MANZO SÁNCHEZ

H. CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO A 25 DE JULIO DEL 2017

DETERMINACION DE COLOR EN FRUTO Y ACIDEZ EN ACEITE DE PALMA AFRICANA COMO PARAMETROS DE CALIDAD EN TENOSIQUE, TABASCO

María del Socorro Pérez Xochihua, M.C.

Colegio de Postgraduados 2017

RESUMEN

En el municipio de Tenosique, Tabasco se presentan dificultades en la identificación de la madurez adecuada de la palma africana, ya que se cosechan racimos de distinto grado de madurez, lo que repercute en la disminución de la calidad del aceite a extraer y se disminuyen el peso de los racimos lo que sucede cuando se cosechan frutos sobremaduros, en cambio en frutos inmaduros el contenido de aceite es bajo, por tanto es importante conocer el punto óptimo de cosecha.

Se han utilizado como criterios de cosecha el desprendimiento de frutos del racimo, el método consiste en la observación y conteo de frutos que han caído en el cajete de la palma, también se utiliza el método de observación de cambio de color de frutos, en el presente estudio se desarrolló el método visual pero correlacionándolo con parámetros de calidad por medio de análisis físicos y químicos de los frutos y del aceite de palma africana.

El estudio se realizó con la variedad Tenera de origen Deli x Nigeria con frutos tipo nigrescens en el Ejido 20 de Noviembre, Tenosique, Tabasco, que se encuentra a una altitud de 60 msnm, temperatura máxima de 30.5°C y mínima de 23.6°C, precipitación anual de 2018.5 milímetros, se seleccionaron el 10% de las palmas y se marcaron registrando las inflorescencias en antesis, a partir de aquí se contabilizó como el día uno después de antesis, se realizaron los análisis en frutos: color, peso, humedad, contenido de aceite y al aceite se le determinó el índice de acidez, el período comprendido para muestreo fue desde 170 días después de antesis (DDA) hasta 200 DDA, se realizó un muestreo sistemático en zigzag con 3 fechas de muestreo y 3 repeticiones.

Como resultado de la investigación se obtuvo una escala de color en cada estadio de madurez, y se determinó la etapa a partir de la cual se cumplen los requisitos de calidad y contenido graso.

Palabras clave: Cosecha, color, acidez, madurez

DETERMINATION OF COLOR IN FRUIT AND ACIDITY IN PALM OIL AFRICAN AS PARAMETERS OF QUALITY IN TENOSIQUE, TABASCO

María del Socorro Pérez Xochihua, M.C.

Colegio de Postgraduados 2017

ABSTRACT

In the town of Tenosique, Tabasco presented difficulties in identifying the proper maturity of African Palm, clusters of different degrees of maturity, harvested what has an impact on the decrease of the quality of the oil to remove and decrease the weight of the bunches what happens when harvested fruits overoaked, instead in immature fruit oil content is low Therefore it is important to know the optimum point of harvest.

Have been used as criteria for harvest fruits of cluster detachment, method consists of observation and count of fruits that have fallen into the Palm cajete, also used the method of observation of the change of color of fruits, the method developed in this study visual but correlating it with quality parameters by means of physical and chemical analysis of fruit and palm oil.

The study was conducted with the variety Tenera origin Deli by Nigeria with fruit type nigrescens in the Ejido 20 de Noviembre, Tenosique, Tabasco, which is located at an altitude of 60 meters, maximum temperature of 30.5 ° C and minimum of 23.6 ° C, 2018.5 annual precipitation mm, we selected 10% of palms and marked by registering the inflorescences in anthesis , from here it is counted as the one day after anthesis, the analyses in fruits: colour, weight, moisture, content of oil and oil the acidity index was determined, the period of sampling was from 170 days after anthesis (DAA) up to 200 DDA, was a systematic sampling in zigzag with 3 dates of sampling and 3 repetitions.

A color at each stage of maturity scale was obtained as a result of the investigation, and determined the stage from which fat content and quality requirements are met.

Key words: crop, color, acidity and maturity

AGRADECIMIENTOS

A mi familia: **Lilia, Humberto, Mauricio y Roberto** por su apoyo en todos mis proyectos y su amor.

Al **Colegio de Postgraduados Campus Tabasco** por la formación que recibí en sus aulas.

A **CONACYT** por haberme proporcionado la beca para la realización de mis estudios.

A mi **Consejo Particular**:

Especialmente a mi consejero **Dr. Juan Manuel Zaldívar Cruz** por sus asesorías y el apoyo recibido durante el desarrollo de mi investigación.

Dra. Edith Hernández Nataren por sus valiosas asesorías durante la investigación.

Dr. José Humberto Caamal Velázquez por sus asesorías y correcciones en el desarrollo de la tesis.

Dr. Gilberto Manzo Sánchez por sus correcciones en el desarrollo de la tesis.

A todos los **profesores del Campus Tabasco** que contribuyeron en mi formación.

A mis **compañeros del PROPAT** por el tiempo y circunstancias compartidas.

A la **Universidad Juárez Autónoma de Tabasco** a la Directora de DAMRIOS la M.T.E. Sandra Aguilar por las facilidades otorgadas para el desarrollo de la fase experimental, especialmente por las asesorías de la Dra. Concepción, Dr. José Ulises, MC Fany y Candy Alejo.

A los productores de palma de aceite de Tenosique especialmente al **Ing. Mauricio Francisco Sánchez Bautista** por permitirme establecer la parcela experimental en su terreno y al **MVZ Jaime Barrientos Juárez Representante Legal de la Asociación Agrícola Local de productores de Tenosique AC** por el apoyo para la recabación de información.

MUCHAS GRACIAS

María del Socorro Pérez Xochihua

CONTENIDO

COLEGIO DE POSTGRADUADOS	i
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
HIPÓTESIS	4
CAPITULO I	5
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	5
1.1 INTRODUCCIÓN	6
1.2 GENERALIDADES	7
1.3 LITERATURA CITADA.....	22
CAPITULO II.	25
DETERMINACIÓN DEL COLOR EN FRUTO DE PALMA AFRICANA COMO INDICADOR DE MADUREZ EN TENOSIQUE TABASCO	25
2.1 INTRODUCCIÓN	26
2.2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	28
2.3 RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	31
2.4 CONCLUSIONES	38
2.5 LITERATURA CITADA.....	39
CAPITULO III.	42
LA POSTCOSECHA DE LA PALMA AFRICANA Y PARAMETROS DE CALIDAD	42
3.1 INTRODUCCIÓN	43
3.2 MATERIALES Y METODOS.....	44
3.3 RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	54

3.4 CONCLUSIONES	65
3.5 LITERATURA CITADA:.....	67
CAPITULO IV.....	69
LAS OPERACIONES DE COSECHA DE PALMA AFRICANA EN TENOSIQUE, TABASCO.....	69
4.1 INTRODUCCIÓN	70
4.2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	71
4.3 RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	73
4.4 CONCLUSIONES	88
4.5 LITERATURA CITADA.....	90
ANEXOS	92

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Especificaciones sensoriales del aceite de palma.....	17
Cuadro 2. Especificaciones fisicoquímicas del aceite de palma	17
Cuadro 3. Especificaciones de composición de ácidos grasos de aceite de palma	18
Cuadro 4. Efecto de madurez en los parámetros de calidad de la palma africana.	37
Cuadro 5. Código de color de la fruta de palma africana.	50
Cuadro 6. Evolución de peso, humedad, acidez y grasa en la postcosecha de palma africana en el estado de madurez 1.	63
Cuadro 7. Evolución de peso, humedad, acidez y grasa en la postcosecha de palma africana en el estado de madurez 2.	63
Cuadro 8. Evolución de peso, humedad, acidez y grasa en la postcosecha de palma africana en el estado de madurez 3.	64
Cuadro 9. Evolución de peso, humedad, acidez y grasa en la postcosecha de palma africana en el estado de madurez 4.	64
Cuadro 10. Distancia de las parcelas a la extractora.	85

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Escala de color de frutos de palma africana en los estados de madurez 1, 2, 3 y 4. ...	33
Figura 2. Peso promedio de los frutos en diferentes estados de madurez.	34
Figura 3. Contenido de Humedad promedio de los frutos en diferentes estados de madurez.	35
Figura 4. Índice de acidez (% ácidos grasos libres AGL) promedio de los frutos en diferentes estados de madurez.	36
Figura 5. Contenido graso promedio de los frutos en diferentes estados de madurez.	37
Figura 6. Localización geográfica del sitio de muestreo.	45
Figura 7. Parcela de palma africana ubicada en el ejido 20 de Noviembre, Tenosique, Tabasco.	46
Figura 8. Selección de los puntos de muestreo en la parcela.	47
Figura 9. Cosecha de los racimos de palma africana.	48
Figura 10. a) Racimos cosechados b) Desfrutamiento c) Selección de frutos por color.	49
Figura 11. Pesado de las muestras en la balanza digital.	51
Figura 12. Deshidratación de las muestras en el Horno Binder.	51
Figura 13. Proceso de extracción de aceite en laboratorio. a) Esterilización de frutos b) Macerado.	52
Figura 14. Obtención del Índice de acidez del aceite de palma africana.	53
Figura 15. a) Determinación del contenido graso con el equipo soxhlet b) Extracto etéreo.	53
Figura 16. Comportamiento del índice de acidez (%AGL) durante el almacenamiento.	55
Figura 17. Valores promedio de Acidez (% AGL) por etapa de madurez.	55
Figura 18. Comportamiento de la acidez en los estados de madurez 1, 2, 3 y 4 durante el almacenamiento.	56
Figura 19. Comportamiento de la pérdida de peso de frutos con valores promedio en los estados de madurez 1, 2, 3 y 4 durante el almacenamiento a temperatura ambiental.	58
Figura 20. Comparación de medias de Tukey para pérdida de peso de los frutos en los estados de madurez 1, 2, 3 y 4.	58
Figura 21. Comparación de medias de Tukey para pérdida de peso de los frutos durante el almacenamiento.	59

Figura 22. Comportamiento de la pérdida de humedad de los frutos en almacenamiento.	60
Figura 23. Comparación de medias de Tukey para pérdida de humedad de los frutos en los estados de madurez 1, 2, 3 y 4.....	60
Figura 24. Pérdida de humedad de los frutos en los estados de madurez 1, 2, 3 y 4.	61
Figura 25. Comparación de medias de Tukey para contenido graso de los frutos en los estados de madurez 1, 2, 3 y 4.....	61
Figura 26. Comportamiento del contenido graso de los frutos en almacenamiento.....	62
Figura 27. Comportamiento del contenido graso de los frutos en los estados de madurez 1, 2, 3 y 4.	62
Figura 28. Características predominantes y topografía de los suelos de palma africana, en las comunidades de Tenosique, Tabasco.	74
Figura 29. Fases de producción de las palmas africanas en Tenosique en 2016.....	79
Figura 30. Labores que se realizan en palmas en fase productiva.	80
Figura 31. Método usado para decidir el momento del corte de racimos de palma africana.	81
Figura 32. Estado de madurez de racimos de palma africana cosechados en Tenosique, Tabasco.....	82
Figura 33. Comportamiento de la producción por edad del cultivo.....	83
Figura 34. Comportamiento de la producción durante el año.	83
Figura 35. Destino de la producción.	86
Figura 36. Centro de acopio de OLEOPALMA ubicado en Tenosique, Tabasco.....	87

INTRODUCCIÓN

La palma aceitera también conocida como africana es una oleaginosa nativa de África aunque se cultiva en México, en los estados de Chiapas, Veracruz, Campeche y Tabasco (SIAP, 2016).

La mayoría de las investigaciones se han realizado en los países pioneros como Malasia, Colombia, Costa Rica y Ecuador, sin embargo se requiere generar estudios locales, en el estado de Tabasco se han realizado investigaciones en temas de nutrición, riego, plagas, industrialización y aspectos sociales de la palma, aunque también se necesita información en temas de calidad, cosecha y postcosecha de palma africana.

En Tenosique, Tabasco se realizan el corte de frutos de palma africana de acuerdo al criterio de los productores, se desconocen los parámetros óptimos y la importancia de cortar frutos en un estado de madurez adecuado y se obtienen frutos de distintos grados de madurez: inmaduros, maduros y sobremaduros, esto tiene como consecuencia en el caso de los frutos inmaduros un contenido de aceite menor mientras que en los frutos sobremaduros, además de que estos se desprenden del racimo y se pierden, ocurren procesos fisicoquímicos que disminuyen la calidad del aceite que se extrae y por tanto las ganancias también disminuyen.

Aunado a lo anterior, el municipio no cuenta con una procesadora de palma africana por tanto los productores venden la materia prima a los Centros de Acopio y a las extractoras ubicadas en el municipio de Palenque, Chiapas, esta situación crea factores críticos que afectan el cultivo en los sectores cosecha y postcosecha por lo cual es importante identificar los factores y potencialidades de la situación particular de la cosecha en el municipio de Tenosique.

La presente investigación, tiene como objetivo identificar las etapas de madurez y conocer el grado de asociación entre color y madurez correlacionada con los cambios fisicoquímicos que ocurren conforme ésta avanza y durante la postcosecha de la palma

africana, así como la caracterización de las operaciones de cosecha en Tenosique, Tabasco.

El siguiente documento está integrado en 4 capítulos.

El capítulo I se enfoca a describir conceptos básicos en esta investigación, destacando la descripción de técnicas de medición de color como criterios de madurez, la descripción breve del proceso productivo de la palma africana y la descripción de normas de calidad del aceite crudo de palma.

En el capítulo II se expone la determinación de la madurez de los frutos de palma asociados a color y correlacionados con los cambios fisicoquímicos que se presentan durante la madurez para determinar la etapa de madurez óptima para la cosecha.

En el capítulo III se exponen los cambios fisicoquímicos que ocurren durante la postcosecha de los frutos para determinar su comportamiento en los parámetros de índice de acidez, peso, humedad y contenido de aceite conforme el almacenamiento de los frutos se prolonga a través de los días, para identificar la etapa de madurez que tiene menor pérdida de calidad durante la postcosecha .

Finalmente en el capítulo IV se caracteriza el manejo del cultivo y las operaciones de cosecha implementadas por los productores de Tenosique, Tabasco, que permiten identificar los criterios de cosecha aplicados y el grado de adopción del paquete tecnológico de manejo del cultivo de INIFAP.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Establecer los parámetros determinantes del índice de madurez de los frutos como criterio de calidad del aceite de palma africana.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar una escala de color de los frutos de palma africana con base en la madurez fisiológica.
- Determinar la pérdida de humedad de los frutos de palma africana con base en la madurez fisiológica.
- Determinar la acidez del aceite de palma africana como parámetro indicador de la calidad.
- Caracterizar las operaciones de cosecha implementadas por los productores de palma africana de Tenosique, Tabasco.

HIPÓTESIS

El grado de madurez de los frutos de la palma de aceite está correlacionados con el color y la acidez de los mismos.

CAPITULO I
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

1.1 INTRODUCCIÓN

La madurez de la palma está relacionada con cambios físicos y químicos, conforme ésta avanza también se incrementa el contenido de aceite y de carotenoides, hay un cambio en la coloración del fruto que pasa de un color violeta oscuro a un tono anaranjado rojizo, además también se registra un aumento en el contenido de ácidos grasos libres y disminuye la calidad del aceite (Franco, 2010).

La determinación de parámetros fisicoquímicos en las diferentes etapas de madurez del fruto o vegetal, permiten conocer la composición química de estos vegetales de acuerdo a su grado de madurez.

El objeto de este apartado es proporcionar una visión general del proceso productivo del cultivo de la palma de aceitera, así como presentar las normas que rigen la calidad del aceite crudo de palma, que es de suma importancia para los productores y está directamente relacionado con los precios y las ganancias que puedan obtener del cultivo.

Por otra parte, se describen las técnicas de medición de color usadas como criterio de madurez de los frutos.

1.2 GENERALIDADES

El lugar de origen de la palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq) está localizado en el Golfo de Guinea, en África Occidental. Sin embargo el cultivo se difundió por el mundo, en Malasia por ejemplo se introdujo como una planta ornamental y de ahí se distribuyó en las regiones tropicales como Ecuador, Costa Rica, Guatemala, Colombia, Venezuela y en nuestro país se cultiva en los estados de Chiapas, Veracruz, Campeche y Tabasco; en este último los municipios que destacan son: Centro, Teapa, Tacotalpa, Jalapa, Macuspana, Emiliano Zapata, Balancan y Tenosique (SIAP, 2016).

La palma africana puede llegar a crecer hasta 20 metros, produce frutos a partir de los dos años y medio, su etapa productiva puede ser de hasta 25 años, aunque a esta edad se presentan dificultades para la cosecha debido a la altura de las plantas.

El rendimiento por unidad de superficie es elevado, considerándose como una de las plantas que producen mayor cantidad de aceite por hectárea, pues contiene el 50% de aceite en el fruto y puede rendir de 3000 a 5000 kg de aceite de palma por hectárea más 600 a 1000 kg de aceite de almendra.

De la palma africana se extraen dos tipos de aceites: el aceite de palma que proviene del mesocarpio del fruto que se utiliza en la producción de grasas para cocina y el aceite de almendra de palma (palmiste o kernel) que proviene del endocarpio del cual se producen jabones y alimentos para animales (Hernández *et al.*, 2007). En años recientes se ha expandido el uso del aceite de palma como insumo para elaboración de biodiesel (Guerrero *et al.*, 2013 y Montero *et al* 2016).

Clasificación taxónomica

La palma africana es monocotiledónea clasificada en el orden Palmales, familia Palmae, subfamilia Coccoideae. Su nombre científico es *Elaeis guineensis* Jacq. *Elaeis* se deriva del griego “elaia” que significa olivo por su semejanza con los frutos del olivo y del cual también se obtiene aceite y *guineensis* por su origen pues proviene del Golfo de Guinea, en África Occidental (Hernández *et al* 2007).

También existe otra especie similar que se le conoce como palma de aceite americana de nombre científico *E. oleífera* (Kunth) Cortés ex Prain, esta palmera se encuentra desde Costa Rica hasta el bajo Amazonas , se diferencia de *E. guineensis* porque su tallo es de menor altura, con tendencia al acame y con los foliolos insertados al raquis de la hoja en un solo plano, tiene una menor producción de aceite y de composición química diferente a *E. guineensis*, por estas características es poco común en plantaciones comerciales, sin embargo se ha cruzado con *E. guineensis* para aprovechar sus características útiles como la resistencia a plagas y enfermedades, lento crecimiento del tallo lo que incrementa la vida útil y producción de mayor número de racimos (Hernandez *et al.*, 2007).

De acuerdo a Sandoval (2011) las características del fruto se distinguen en tres grupos de variedades, que son las siguientes:

Dura. Esta variedad tiene frutos con una semilla de cáscara gruesa, y poco mesocarpio o tejido aceitoso. Con estas variedades se establecieron las primeras plantaciones en el mundo.

Pisífera. Esta variedad produce frutos que no forman semilla y generalmente no alcanzan la madurez, aunque son altas productoras de polen para realizar cruces.

Tenera. Son híbridos que se obtuvieron por la cruce de Dura x Pisífera (D x P), sus frutos son con una semilla de cáscara con grosor intermedio y abundante producción de mesocarpio. En la actualidad son las variedades Tenera las que son usadas en las plantaciones comerciales

Origen

E. guineensis es originaria de Africa, los vestigios de polen fosilizado encontrado en los sedimentos profundos en el delta del río Níger soportan esta hipótesis, así mismo en la actualidad se encuentran palmas africanas que han surgido de forma espontánea y natural en los márgenes de los ríos y pantanos de agua dulce en la costa oeste de ese continente.

Sin embargo en África las primeras plantaciones comerciales se establecieron a principios del siglo XX.

Distribución

Hernández *et al* (2007) menciona que la palma africana se cultiva en regiones cercanas al ecuador con clima cálido húmedo Af y Am, sin embargo también se han encontrado plantaciones hasta los 18° de latitud Norte.

La distribución de la palma africana inició en África y Asia como adorno para parques a finales del siglo XIX, sin embargo su expansión se dio a mitad del siglo XX y en la actualidad Asia es el continente con mayor producción y el principal abastecedor del mercado internacional principalmente Malasia e Indonesia, posteriormente se introdujo a América en Honduras, Colombia, Ecuador, Brasil, Costa Rica, Perú, Venezuela, Guatemala, República Dominicana, Nicaragua, Panamá y México

En México el estado de Chiapas fue la puerta de entrada para este cultivo en el país, en la Región del Soconusco en la costa de Chiapas, posteriormente el cultivo se extendió en otros estados del país.

Actualmente existen sembradas 90, 118.24 hectáreas cultivadas en cuatro estados del sureste, es el estado de Chiapas el que posee la mayor superficie con 43, 443.70 has, Campeche 23, 328.00 has, Veracruz 7, 151.30 has y en Tabasco 16, 195.24 has (SIAP, 2016).

Chiapas representa el 48% de esta superficie, mientras que los rendimientos promedio anuales coloca al estado de Tabasco como el de mayor proporción con 14. 84 ton/ha oscilando hasta 9.28 ton/ha en el estado de Veracruz (SIAP, 2016), aunque existe según investigaciones el potencial de producción anual de 20 ton/ha (Sandoval, E. A. 2011).

En el estado de Tabasco hay dos zonas productoras que son la Regiones Centro y La Sierra en los municipios de Centro, Jalapa, Teapa y Tacotalpa y en la Región de los Ríos los municipios productores son Balancan, Emiliano Zapata y Tenosique.

Ecología del cultivo

La palma africana es una planta que se desarrolla en regiones con clima tropical húmedo, aunque también se adapta en regiones del trópico subhúmedo en condiciones de riego. Según Sandoval (2011), los requerimientos edafoclimatológicos del cultivo de palma africana son los siguientes:

Altitud

La palma africana presenta mayor perspectiva de éxito a altitudes de 0 a 400 metros sobre el nivel del mar sin embargo también crece a una altitud de 500 msnm en algunas regiones aunque ya son condiciones marginales para el cultivo.

Temperatura

La temperatura mínima para una buena producción es de 18°C y la máxima es de 33°C, aunque un rango entre 22 y 28 grados se considera como temperaturas óptimas para obtener un buen rendimiento, sin embargo se ha establecido en lugares con temperaturas de 37°C con un rendimiento mediano de producción.

Luminosidad

El cultivo requiere un máximo de 2000 horas de sol al año para lograr alta producción, la palma africana tiene altos requerimientos de luz, la insolación afecta la emisión de inflorescencias, fotosíntesis y maduración de los racimos.

Precipitación

La palma africana desarrollar favorablemente en altos niveles de precipitación entre 1500 y 1800 milímetros son los más adecuados, con al menos 150 milímetros cada

mes, cuando la sequía se prolonga la producción disminuye y se hace irregular el rendimiento mensual.

Es necesario conocer la precipitación histórica de la zona en donde se establecerá la plantación para que en determinadas circunstancias de escasez de agua se tengan disponibles las medidas de contingencia y para que se garanticen los requerimientos de agua de las plantas.

Suelos

Los suelos favorables son planos o ligeramente ondulados, fértiles con un horizonte superficial de 80 a 120 centímetros, de textura franca y un subsuelo arcilloso no pesado que retenga humedad, en cambio no son favorables los suelos someros poco profundos o con drenaje deficiente porque reducen la producción de la palma, tampoco son recomendados los suelos arenosos de texturas gruesas ni los extremadamente arcillosos, estos suelos no se recomiendan porque reducen la capacidad de producción de la palma.

Para el establecimiento del cultivo se recomiendan los suelos tropicales de mayor fertilidad como los aluviales asociados a vega de río.

Según Mosquera *et al.*, (2007) se deben considerar varios factores para la selección de tierras y establecer una plantación de palma africana.

Es importante considerar el tipo de suelo de la parcela donde se planea establecer el cultivo dado que será una inversión a largo plazo, por tanto se elige la parcela con características físicas y químicas adecuadas a la palma africana para que el tipo de suelo no genere limitaciones futuras a la plantación, de lo contrario se generarán gastos extras para realizar una adecuación química del suelo con la finalidad de hacerlo funcional al cultivo de palma africana, ya que implica la aplicación de correctores de suelo y aplicación de macro y micronutrientes al cultivo, además de los jornales a pagar por la aplicación. Otro factor a considerar es la adecuación física, porque suelos con condiciones extremas con altos contenidos de arcilla o alto

contenido de arena genera limitantes para el cultivo de la palma africana y realizar labores de adecuación como drenajes representa costos extras para el agricultor.

Por lo mencionado anteriormente es de gran importancia elegir adecuadamente la parcela donde se realizará la plantación, mediante análisis fisicoquímicos de suelos dado que entre menos aptitud de los suelos al cultivo de palma africana será mayor el coste de inversión que se deberá realizar para el desarrollo de la plantación.

Cosecha de palma africana

La cosecha es una de las actividades más importantes en las plantaciones de palma africana y su éxito dependerá en gran parte de que las labores sean realizadas en tiempo y forma durante el manejo del cultivo así como de una buena planificación del corte, recolección y transporte a los centros de acopio o fábrica extractora.

De acuerdo con Sandoval (2011) el costo de la cosecha representa el 32% de los costos de producción y la etapa productiva de las palmas se inicia entre los 30 y 36 meses después de plantada en campo, es cuando se inicia la cosecha de los racimos, misma que se realiza durante todo el año.

Para realizar la cosecha es necesario conocer factores importantes como índice de madurez, frecuencia de cosecha y controles de cosecha, porque estos factores afectan la productividad de las plantaciones, por lo tanto, el adecuado manejo de la cosecha permitirá obtener el máximo rendimiento y la calidad óptima del aceite extraído (León *et al.*, 2004).

La frecuencia o más comúnmente llamados ciclos de cosecha se refieren a los intervalos entre cosechas en un mismo lote, la frecuencia está asociada a la edad de la palma, material genético y las condiciones climáticas de la región también influyen.

Los ciclos de cosecha son variables según las condiciones climáticas y la edad, pues son de 7 a 15 días en palmas jóvenes y de 9 a 15 días en palmas adultas, también varían los ciclos en épocas lluviosas que son más frecuentes que en épocas secas.

Índice de madurez

La maduración óptima es la etapa de madurez en que los racimos logran mayor contenido de aceite y menor porcentaje de ácidos grasos libres.

Los cortes de racimos se realizan cuando los frutos cuando se encuentran maduros para lo cual se distinguen caracteres organolépticos que en *Elaes guinensis* del tipo nigrensis se observa en el exocarpio es un cambio en la coloración de los frutos en estado inmaduro que es color negro rojizo y conforme avanza la madurez se torna vino tinto (Hormaza *et al.*, 2010).

La madurez es el momento que se considera óptimo para cortar un racimo, pues los frutos ya han alcanzado la formación de la cantidad máxima de aceite, este momento coincide con el cambio de la coloración y desprendimiento de los frutos del racimo, asimismo, se inicia un proceso bioquímico de descomposición del aceite y se forman ácidos grasos libres proceso que se conoce como acidificación y este se acelera cuando los racimos se han cortado de la palma o los frutos se han desprendido de forma natural.

Para identificar los racimos maduros se toman como criterios el desprendimiento de los frutos y el cambio de color del fruto en el racimo, estos son los elementos utilizados en las plantaciones para identificar los racimos y determinar su corte (Hormaza *et al.*, 2010).

Ochoa y colaboradores en 2013 concluyen que los cambios en la pigmentación rojiza-anaranjada comienzan en los frutos externos, después en los internos y es un indicador de madurez. Por otra parte Hormaza y colaboradores en 2010 afirmaron que en palma africana se presentan dos coloraciones y en base a esta coloración se realiza una

clasificación del exocarpo de los frutos, un color verde oscuro o claro presente en las especies de *E. oleífera*, en algunos materiales de *E. guineensis* y el híbrido interespecífico OXG, este tipo de fruto posee la característica de permanecer verde en estado inmaduro y se torna de color amarillo o anaranjado intenso al llegar a su madurez, a este tipo de frutos se les denomina *virescens*.

El otro tipo de fruto es de coloración negro rojizo en el exocarpio en su estadio inmaduro y se torna de color vino tinto al llegar a su madurez, este tipo de fruto se denomina *nigrescens* y se encuentra en la mayoría de materiales de *E. guineensis*, sin embargo en ambos tipos de frutos el mesocarpio es de color amarillo intenso o naranja.

Castración

De acuerdo a Sandoval (2011) esta práctica se realiza a las palmas jóvenes eliminando las inflorescencias masculinas, femeninas y los primeros racimos, con la finalidad de mejorar la producción y rendimiento una vez que se inicie la cosecha comercial, además de mantenerse libres de material vegetativo viejo que puede ser hospedero de plagas y enfermedades.

Se realiza en las palmas desde los 14 meses y hasta los 27 después del trasplante en campo.

Robo de racimos

Posteriormente al iniciarse la cosecha comercial en palmas jóvenes también se realiza otra labor que es el “robo” de racimos, es decir se cosecha el racimo sin cortar las hojas, con la finalidad de conservar la mayor cantidad de hojas, al respecto Hormaza y colaboradores en 2010 afirmaron que las inflorescencias se desarrollan en las axilas de cada hoja y ocasiona menor número de inflorescencias y Jones en 1997 menciona que la poda excesiva inducirá mayor formación de inflorescencias masculinas por tanto el

“robo de racimos” se realiza hasta que los racimos se encuentren a una altura de aproximadamente un metro del suelo.

Corte y recolección

El corte se realiza manualmente, en plantas jóvenes se utiliza el cincel, posteriormente el chuzo y cuchillo malayo que es un instrumento con una hoja de 14 cm de ancho y un tubo que puede ser de bambú, aluminio u otro material liviano de 1 a 3 m de largo, dependiendo de la altura de las palmas, los tubos con barras largas se usan para cosechar racimos hasta una altura de 4 o 5 m, se requiere práctica y habilidad en el uso de estas herramientas para no accidentarse, por lo que se recomienda el uso de guantes de carnaza.

Los racimos cosechados deben ser transportados después de cortados, limpios y sin maltrato y se deben procesar en el menor tiempo posible con la finalidad de evitar que se incremente el parámetro índice de acidez (Sandoval, 2011).

Comercialización

La producción del estado es vendida a las agroindustrias extractoras que son las compradoras de materia prima, PALMOSUR SA de CV en Palenque, Chiapas y OLEOPALMA SA de CV en sus dos plantas una ubicada en Jalapa, Tabasco y otra en Palenque, Chiapas.

De la palma africana se extrae el aceite de palma además se obtiene como subproducto la almendra de palma, ambos productos se comercializan al mayoreo.

Extracción de aceite de palma

Hartley (1983), describe el proceso para la extracción del aceite crudo de palma africana de forma industrial mediante las siguientes operaciones:

1. Esterilización: se realiza en las autoclaves usando vapor, con la finalidad de inactivar las enzimas lipolíticas que causan la descomposición del aceite y la producción de

ácidos grasos libres, la esterilización sirve también para ablandar los frutos de palma para facilitar el proceso de extracción del aceite.

2. Desfrutamiento: se realiza en el desfrutador por medio del choque por caída libre de los racimos y el objetivo es lograr el desprendimiento de todos los frutos del racimo, en esta operación puede evaluarse la eficiencia de la esterilización por el número de frutos que queden en el raquis.

3. Digestión: los objetivos de la digestión son desprender el pericarpio de la fruta para dejar expuesta la pulpa y romper las células aceitosas del mesocarpio facilitando la extracción del aceite.

4. Extracción: se puede realizar por el prensado hidráulico, pensado por tornillos, centrifugado.

5. Clarificación: el objetivo es remover el agua, las impurezas del aceite, lodos y desechos sólidos, el aceite se deposita en los tanques de sedimentación posteriormente a los tanques de evaporación y finalmente a los tanques de almacenamiento.

Aceite de palma crudo

La Norma NMX-F-019-SCFI-2012, define que es el producto semisólido de aspecto graso a temperatura ambiente, de color anaranjado rojizo obtenido del mesocarpio de los frutos de la palmera *E. guineensis*.

Calidad del aceite de palma africana

La Norma Mexicana NMX-F-019-SCFI-2012 describe las especificaciones mínimas que debe cumplir el aceite de palma africana para usarse en elaboración de grasas

destinadas al consumo humano en México, en cualidades sensoriales, físicas y químicas, marcadas en los cuadros 1 y 2:

Cuadro 1. Especificaciones sensoriales del aceite de palma

PARÁMETROS	ACEITE CRUDO DE PALMA
Color visual	Anaranjado rojizo en estado líquido
Aspecto	Graso en estado semi-sólido
Textura	Grasosa característica del producto en estado semi-sólido
Apariencia	Semi-sólido característico a 293 k (20 °C)
Sabor	Típico, no agradable

Fuente: Tomado de la Norma Mexicana NMX-F-019-SCFI-2012. Alimentos -aceite de palma- Especificaciones. Diario Oficial de la federación.

Cuadro 2. Especificaciones fisicoquímicas del aceite de palma

PARÁMETROS	MÍNIMO	MÁXIMO
Color rojo escala Lovibond	NA	NA
Ácidos grasos libres % como ácido palmítico	NA	5.0
Índice de Yodo cg yodo/g	50	56
Humedad y materia volátil %	NA	0.5
Índice de refracción nd a 313 K (50°C)	1.4544	1.4544
Punto de fusión (capilar abierto) °C	33.0	39.0
Índice de saponificación mg KOH/g	190	209
Materia insaponificable %	0	1.2
Indice de Peróxido meq/kg	NA	NA
Estabilidad OSI a 110°C (horas)	NA	NA
Densidad Relativa a 50°C/agua a 20°C	0.891	0.899
Aceite Mineral	NEGATIVO	

1. NA=No aplicable

Fuente: Tomado de la Norma Mexicana NMX-F-019-SCFI-2012. Alimentos -aceite de palma- Especificaciones. Diario Oficial de la federación.

Cuadro 3. Especificaciones de composición de ácidos grasos de aceite de palma

PARÁMETROS	MÍNIMO	MÁXIMO
Ácido Laurico C12:0	0.1	0.5
Ácido Mirístico C14:0	1.0	1.4
Acido Palmítico C16:0	40.9	47.5
Ácido Palmitoleico C16:1	0	0.6
Acido esteárico C18:0	3.8	4.8
Acido oleico C18:1	36.4	41.2
Acido linoleico C18:2	9.2	11.6
Acido linolénico C18:3	0	1.0
Acido araquíico C20:0	0	0.8

Fuente: Tomado de la Norma Mexicana NMX-F-019-SCFI-2012. Alimentos -aceite de palma-Especificaciones. Diario Oficial de la federación.

El aceite de palma de calidad estándar para uso alimenticio debe tener un contenido de ácidos grasos libres menor a 5 %, 0.5 % de humedad máxima y 0.05 % máximo de impurezas, cabe destacar que el principal parámetro de calidad es la acidez en % de ácidos grasos libres (AGL) (Tan *et al.*, 2000).

El parámetro acidez cobra gran importancia en el negocio palmero pues es la pauta para definir el precio del aceite (Tan *et al.*, 2000), puesto que los aceites de primera calidad con acidez menor a 2 % de AGL tienen incentivos económicos que mejoran su precio, en cambio en valores de 5 % o superior el aceite se vende con menor precio como un aceite de segunda calidad.

Los ácidos grasos libres se forman principalmente antes de procesar la fruta por la acción de enzimas llamadas lipasas, éstas efectúan el desdoblamiento de las moléculas de grasa hasta formar ácidos grasos libres y glicerina (Beltrán, 1991). El estado de madurez de la palma también influye en el valor de AGL, pues en frutos sobremaduros la acidez será superior porque los frutos han iniciado la descomposición de las moléculas de grasa.

Importancia del color

El color en los vegetales es un atributo de calidad muy importante, ya que por medio de este se puede determinar el grado de frescura y además también es un indicador de madurez, por tanto el color de la superficie externa de los frutos es de gran importancia. Las variables ambientales afectan el color de los frutos, como son la luz, la temperatura y los factores nutricionales, ya que se ven afectadas la síntesis de antocianinas y el desarrollo de color de la fruta fresca. El color es el principal atributo de calidad que percibe el consumidor (Manresa *et al.*, 2007).

Según Conde y Báez (1999), el color es muy importante en la determinación de la calidad, se define como una percepción humana y es el resultado de una serie compleja de procesos en el sistema visual humano.

La evaluación del atributo color se puede realizar de manera objetiva y subjetiva, en la evaluación objetiva se emplea un instrumento para proporcionar un valor específico del color basado en la cantidad de luz reflejada de la superficie del color o la luz que se transmite a través del alimento, presenta ventajas es que hay menos variabilidad en la medición del color, puede medir pequeñas diferencias de color con exactitud, también hay instrumentos portátiles que se pueden sostener con la mano, sus desventajas son que requieren equipo especializado a altos costos y que son más lentos con respecto a la evaluación subjetiva.

En la evaluación subjetiva el ojo humano se usa para evaluar el color lo cual tiene muchas ventajas porque no requiere equipo especializado y se utilizan cartas de color o guías como referencias para comparar y describir los colores se han utilizado en mango, plátano, gulupa, guayaba, tomates y fresas, aunque este método también tiene desventajas en cuanto a percepción del color y error humano debido a que el ojo tiene sus limitaciones como un aparato diferenciador de color, por condiciones de visión, fatiga, daltonismo, entre otras limitaciones del ojo humano, además debe considerarse

que el ojo hace un trabajo limitado y de percepción propia del individuo que realice la observación.

La evaluación subjetiva del color tiene la ventaja de ser más práctica, rápida y puede ser referida a valores objetivos y a la concentración del pigmento (Mitcham *et al.*, 1998). En el color se consideran los siguientes tres aspectos: matiz (hue), brillo (lightness) y saturación que es la cromaticidad. El matiz es el nombre del color y está relacionado con la longitud de onda de la radiación que produce la estimulación óptica, es considerado una magnitud sensorial en presencia de luz, es un aspecto cualitativo y el más distintivo del color, el matiz se describe con palabras como verde, azul, rojo, amarillo, violeta.

El brillo es la medida del grado de dilución del matiz con el negro, en el caso de la luz blanca puede existir solo. La saturación (cromaticidad) es la pureza del color o bien puede considerarse alternativamente como el grado de dilución con el blanco. Los colores saturados serán por tanto aquéllos que no contengan traza de luz blanca.

Métodos de medición de color

Existen algunos métodos para medir el color y expresarlo numéricamente. La medida del color está normalizada en el ámbito internacional a partir de la reunión de la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE, llamada así por las iniciales del nombre francés, Commission Internationale de L' Eclairage), la comisión estableció una nomenclatura y un espacio de color. Estos espacios de color son usados a nivel mundial para la comunicación del color y en ellos están basados los principios de los instrumentos usados para medir el color que son los colorímetros, pero presentan el inconveniente de tener una pequeña área de visión (Kang *et al.*, 2008).

Actualmente se han buscado nuevas tecnologías para realizar la medición de color, se usa de una técnica moderna que integra una cámara digital, una computadora y software gráfico y se ha convertido en una opción versátil y de menor costo para medir color en la superficie de los frutos (Lv *et al.*, 2010).

Las imágenes digitales son de mayor precisión en el sentido de que miden el color en cada uno de los píxeles que lo componen.

Imágenes digitales como herramientas de análisis en la determinación de color en frutos.

Las imágenes digitales se obtienen desde una cámara digital o un escáner, estos equipos usan la radiación reflejada por el objeto para crear imágenes mediante un chip sensible a la luz por el dispositivo de metal oxido complementarios (COMS) o por medio del mecanismo de carga-acoplada (CCD). Existe una correlación del 98% entre valores de L a y b leídos en el colorímetro Hunter y valores evaluados en imágenes digitales con el software “Photoshop” (Afshari-Jouybary y Farahnaky, 2011).

Se han investigado el uso de imágenes digitales para medir el color a partir de la escala RGB, se utilizan las imágenes digitales en diferentes frutos, para reconocer el color. Como sucede con otras mediciones, el color es un índice de calidad y está asociado con la madurez.

Castro y colaboradores en 2013, determinaron el color del exocarpio de los frutos de guayaba como indicador de madurez, mediante el procesamiento de imágenes digitales, con una cámara digital, un sistema de luces y el procesamiento de las imágenes con un software especializado.

Padron y colaboradores en 2012 utilizaron un sistema similar para obtener y procesar imágenes de tomate durante la maduración.

Por otra parte en Colombia Ochoa y colaboradores en 2013 realizaron un estudio sobre criterios de cosecha en palma africana *Elaeis guineensis* Jacq. y sus híbridos *E. oleífera* x *E. guineensis*, para la determinación de desarrollo y maduración de los frutos, se utilizó un sistema de adquisición de imágenes por medio de una cámara fotográfica y se hizo el registro de cambio de color.

1.3 LITERATURA CITADA

Afshari-Jouybari, H. and A. Farahnaky. 2011. Evaluation of Photoshop software potential for food colorimetry. *Journal of food Engineering* 106(2): 170-175.

Beltran R. C. 1991. Influencia del procesamiento sobre la calidad final del aceite. *Revista palmas* (12).

Castro C. J., Cerquera P. N. E. , Gutierrez G. N. 2013. Determinación del color del exocarpio como indicador de desarrollo fisiológico y madurez en la guayaba pera (*Psidium guajava* cv. guayaba pera), utilizando técnicas de procesamiento digital de imágenes. *Revista EIA* (10) 19 78-79

Conde, J. C.; Báez, J. J. 1999. "Conversión de un conjunto de imágenes multiespectrales a un sistema RGB". *Revista Mexicana de Física*, vol 1, No. 46, pp. 45 a 51, Estado de Puebla, México.

Franco B. P. N. 2010. Cosecha del fruto de la palma de aceite. Publicaciones Fedepalma. Bogota Colombia. 60 p

Guerrero P.A., Angueves F.F., Castelan E.M., Morales R.V., Córdova Q.J., Závala L.J., Bolaños R.E. 2013. Optimización del biodiesel a partir del aceite crudo de palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq). *Revista Agrociencia*. (47), 649-659.

Hernández C. J.M., Olivera D.S.A., Palacios P.A., Sandoval E.A., Grajales S.M., Estrada V.J.D., Domínguez C.E., Alonso B.M., Ortíz C.E., Ávila A.L., Alejo J.A., Coutiño F.M.A. Tecnología para la producción de palma de aceite *Elaeis guineensis* Jacq. en México.

http://www.academia.edu/6776610/TECNOLOGIA_PARA_LA_PRODUCCION_DE_PALMA_DE_ACEITE_Elaeis_guineensis_Jacq._EN_MEXICO (Recuperado Abril de 2017).

Hartley, C. W. S. 1983. La palma de aceite. Ed. Continental. México, D.F. 958 p

Hornaza M. P., Forero H. D., Ruíz R. R., Romero A. H., 2010. Fenología de la palma de aceite africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) y del híbrido interespecífico (*Elaeis oleífera* x *Elaeis guineensis*). Publicación de Cenipalma. 77-83.

Kang, S. P., A. R. East and Trujillo 2008. Colour vision system evaluation of bicolour fruit: A case study with "B74" mango. *Postharvest Biology and Technology* 49(1): 77-85.

León Q.A. y Granados J.F. 2004. Identificación de palmas con racimos a cosechar: una estrategia para incrementar la productividad de la agroindustria de la palma de aceite. *Revista Palmas* 25:476-481.

Manresa A. . y Vicente 2007. El color en la industria de los alimentos. Libro de texto electrónico. Disponible en intranet del Instituto de farmacia y alimentos de la universidad de la Habana.

Mitcham, E.J., Crisosto, C.H. y Kader, A. A. 1998. Strawberry recommendations for maintaining postharvest quality. *Strawberry Produce Facts* <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Fruit/Strawberry.html>

Montero A.G., Jaramillo C.B.E., Vazquez E. A.M., Coronado O.M.A., García G.C., Toscano P.L. 2016. Experiencias de aprovechamiento de residuos para la generación de biodiésel en Colombia y México. . *Rev. Int. Contam. Ambie.* 32: 77-90.

Mosquera M.M., León G.P., Bernal H.P., 2007. Establecimiento de plantaciones competitivas de palma de aceite en Colombia. Factores para considerar. *Revista Palmas* (28) 3.

NMX-F-019-SCFI-2012. Alimentos -aceite de palma- Especificaciones. Diario Oficial de la federación.

Ochoa C. I. E., Suárez M.C.A., Cayón S.D.G., 2013. Desarrollo y maduración de frutos en palma de aceite (*Elaeisguineensis*Jacq.) e híbridos OxG (*E. oleífera* x *E. guineensis*) de Unipalma S.A. Revista Palmas. 34 (Número especial) 326-336.

Padron P. C.A., Padrón L. G.M., Montes H. A.I., Oropeza G. R.A., 2012.Determinación del color en epicarpio de tomates (*Lycopersicumesculentum* Mill.) con sistema de visión computarizada durante la maduración. Revista Agronomía costarricense 36 (1) 97-111.

Sandoval E. A. 2011. Paquete tecnológico palma de aceite (*Elaeisguineensis*Jacq) establecimiento y mantenimiento. INIFAP. 23 pp.

SIAP 2016. Estadísticas. Consultado Mayo de 2017 en <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>

Tan Y. A., Ainic K., Slew W. L., Mohtar Y., Chong C.L., 2000. Estudio del PORIM sobre el aceite de palma crudo 97/98. Características de calidad e identidad. Revista Palmas 21 (4) 39-56.

CAPITULO II.
DETERMINACIÓN DEL COLOR EN FRUTO DE PALMA AFRICANA COMO
INDICADOR DE MADUREZ EN TENOSIQUE TABASCO

2.1 INTRODUCCIÓN

La palma africana (*Elaeis guineensis*) es un cultivo oleaginoso y de sus frutos maduros se obtienen dos tipos de aceite, uno del mesocarpio que es de uso alimenticio y otro aceite proveniente del endocarpio que se usa principalmente en la elaboración de cosméticos (Hartley 1983).

En palma africana, se presentan cambios durante la madurez, al inicio el mesocarpio está constituido por carbohidratos, conforme la madurez avanza disminuyen pero incrementa el contenido de aceite, comienza la degradación de clorofila y aumentan los carotenos cuando el fruto está maduro, coincide también con la máxima acumulación de aceite (Hormaza *et al.* 2012) , sin embargo de acuerdo con Franco (2010) conforme la madurez progresa también se incrementan los ácidos grasos libres (AGL) que es el principal parámetro de calidad para la industria alimenticia por tanto en frutos sobremaduros se disminuye la calidad del aceite y el precio (Tan *et al.* 2000), en este sentido afecta las utilidades del negocio palmero y cobra importancia procesar frutos en óptimo estado de madurez.

Los cambios que se observan durante la madurez de la palma han permitido que se consideren como criterios de cosecha el desprendimiento natural de frutos del racimo así como el cambio en su color (Narvaez *et al.* 1996, Hormaza *et al.* 2012, Ochoa *et al.* 2013).

El análisis de color puede realizarse mediante observación visual o mediante instrumentos de medición denominados colorímetros, sin embargo el colorímetro tradicional presenta dificultad en la medición de color de frutos heterogéneos, es por ello que se recurre al sistema de adquisición de imágenes en frutos tropicales (León *et al.* 2006, Padron *et al.* 2012, Torres *et al.* 2013).

En Tenosique, Tabasco, la cosecha se realiza de acuerdo al criterio de cada productor tomando en cuenta desprendimiento de frutos del racimo y también la observación visual del cambio de color aunque aún se desconocen los sustentos técnicos de la madurez de la palma africana y la importancia de cosechar frutos en madurez óptima, para que se logre obtener fruta de calidad con las siguientes características: máximo peso de racimo, máximo contenido de aceite y de excelente calidad, sin embargo

ocurre que los productores cortan racimos de diferente grado de madurez y se pierde parte de la calidad por realizar cortes ya sea antes o después de la madurez adecuada para cosecha, además se ven minimizados los esfuerzos que se han realizado desde la siembra de la palma hasta el momento de la cosecha, porque no se cosechará fruta con todo su potencial de aceite y de calidad, por lo expuesto anteriormente es importante decidir el momento adecuado de cosecha de acuerdo a la madurez óptima de los frutos.

La presente investigación permitirá asociar el cambio de color de los frutos con la madurez en sus parámetros fisicoquímicos para identificar la etapa de madurez con las características óptimas en: contenido de aceite, índice de acidez, peso y humedad, además de proporcionar una escala visual de la madurez de frutos de palma africana mediante el sistema de adquisición de imágenes y por tanto en la escala se podrán observar cada una de las etapas de madurez y de acuerdo a sus características fisicoquímicas identificar a partir de que etapa se considera como óptima para corte, lo que servirá de base para mejoras en la cosecha para que se logre obtener todo el potencial de aceite y calidad de los frutos producidos en Tenosique, Tabasco.

2.2 MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el periodo comprendido de enero a diciembre de 2015 en una parcela de palma africana de 1 Ha con 141 plantas, propiedad del Ing. Mauricio Francisco Sánchez Bautista del Ejido 20 de Noviembre del municipio de Tenosique, Tabasco, México (17° 28' 15" N; 91° 25' 35" O) a una altitud de 60 msnm, temperatura máxima de 30.5°C y mínima de 23.6°C, precipitación anual de 2018.5 mm.

El material vegetal utilizado es *Elaeis guineensis* Jacq. de la variedad tenera de origen Deli X Nigeria con frutos tipo nigrescens, sembrado en el 2011 y en etapa productiva. Se realizó un muestreo sistemático, se encontraron los puntos de muestreo hasta contabilizar 15 palmas que corresponden al 10 % del total de plantas de la parcela experimental.

Se inició marcando las plantas con inflorescencia en anthesis y se registra como el día uno, a partir del cual se contabilizaron los siguientes hasta llegar al día programado para la cosecha a partir de 170 días después de anthesis (DDA), 185 DDA y 200 DDA.

Una vez definida el área de muestreo, se cosecharon los racimos y se desespigaron, las espigas correspondientes se mezclaron y homogenizaron para la obtención de muestras.

Se tomó una muestra completamente al azar, se identificaron y seleccionaron cada etapa de madurez para obtener una muestra con un peso de 1000 g de frutos de palma por cada etapa de madurez seleccionada después se tomaron las muestras que son de 10 a 13 frutos y un peso de 100 g por repetición para los análisis físicos y químicos con 3 repeticiones para cada etapa de madurez.

Selección de frutos en etapas de madurez basado en el color de la epidermis. La selección de los frutos se realizó tomando como referencia metodologías aplicadas en frutos tropicales que durante la madurez se comportan de manera similar a la palma africana en cuanto a los cambios de color como la gulupa que el cambio de color se da de manera gradual, (Pinzon *et al.* 2007), conforme la madurez avanza se va perdiendo el color inicial que es el predominante en frutos inmaduros, es por ello que

se eligió una clasificación por rangos en donde se indica el porcentaje de cambio de color, resultando de la siguiente manera:

I1: 0 a 25% de cambio de color naranja que cubre al violeta inicial

I2: 25 a 50% de color naranja que cubre al violeta inicial

I3: 50 a 75% de color naranja que cubre al violeta inicial

I4: 75 a 100 % de color naranja

Caracterización física de los frutos. Color: La toma de los datos se realizó mediante la anotación del color externo del fruto. Se midió colorimétricamente la fruta. Por cada fecha de muestreo se tomaron registros fotográficos de los frutos externos del racimo y para cada tipo de fruto se evaluó el color de la cáscara o pericarpio en tres caras con tres repeticiones. Para el registro fotográfico se utilizó una cámara digital SONY Cyber shot DSC-S5000 de 14, 1 megapíxeles y mediante la utilización del Software Adobe Photoshop CS4, se determinará el color con la escala RGB (Red- Green Blue) (León *et al.* 2006, Padrón *et al.* 2012, Ochoa *et al.* 2013).

Peso. Se utilizó una balanza granataria digital con una sensibilidad de 0.01 g para pesar cada fruto de la muestra, se realizó el procedimiento para cada etapa de madurez y se registró el peso.

Humedad. El método empleado es el descrito por la AOAC (1990) y adaptado por Yañez *et al.* (2006) para determinación de humedad en mesocarpio de palma africana, se utilizó el Horno Binder a una temperatura de 105°C por 24 horas, para cada etapa de madurez.

Caracterización química de los frutos. Para realizar el análisis de Índice de acidez se extrajo previamente el aceite por medio de la metodología de extracción artesanal, para extracción de aceite de mesocarpio de palma africana en condiciones de laboratorio se realizó de la siguiente manera:

Extracción de aceite. Los frutos muestreados se esterilizaron por medio de vapor de agua a una presión de 15 psi, a una temperatura de 100°C por una hora en la autoclave para favorecer el ablandamiento de la pulpa y se realizó con el proceso de prensado del mesocarpio, el cual tiene la función de separar los componentes de la pulpa (aceite y fibra), se utilizó un prensado manual para extraer el aceite. El aceite obtenido se centrifugó a 4300 rpm durante quince minutos, con el fin de eliminar las impurezas como agua y residuos del prensado.

Índice de Acidez. Se obtuvo previamente el aceite y posteriormente se realizó la determinación de acidez de acuerdo a la NMX-F-101-SCFI-2012, mediante la titulación de los ácidos grasos libres (AGL) con el álcali Hidróxido de Sodio a 0.25 Normal, el valor obtenido se expresa como porcentaje (%) de AGL de ácido palmítico.

2.3 RESULTADOS Y DISCUSIONES

En este apartado se presentan resultados acerca del análisis colorimétrico de los frutos asociándolo a características fisicoquímicas de calidad.

La madurez de los frutos se alcanza cuando se ha completado el desarrollo y luego de ciertos cambios en color, aroma, textura, sabor, se ha usado el grado de madurez como indicador de cosecha, aunque también se requiere en algunos vegetales de cosechar en estado de madurez comercial, es decir al estado que requiere el mercado.

El cambio de color es un síntoma externo evidente de la madurez y es ocasionada por la degradación de la clorofila que hará que desaparezca el color verde y se sintetizarán los pigmentos específicos, también se asocia al estado de madurez de los frutos y es un indicador de cosecha, FAO (2003).

La madurez tiene influencia sobre la calidad y vida útil en almacenamiento, es por tanto importante conocer los parámetros físicos y químicos de la madurez en palma africana, en ésta investigación se determinó el color como indicador visual de la madurez para correlacionarlo con parámetros químicos, el grado de acidez (Ácidos grasos libres), humedad y contenido de grasa, también se determinó el peso de los frutos.

Color

El cambio de color es la característica más notoria durante la maduración y se utiliza como indicador de cosecha (Wills *et al.*, 1998; Reid, 2002).

Nunes *et al* (2006) mencionan que el color de los frutos es definido por la concentración de antocianinas en la epidermis y en la corteza.

La percepción del color la hacemos cuando la luz que llega a la superficie de la fruta o vegetal se refleja y da a la retina del ojo, así que no hay color si no hay luz.

La evaluación del color se realiza de forma objetiva y de manera subjetiva, en la objetiva se emplea un instrumento para proporcionar un valor específico del color

basado en la cantidad de luz reflejada de la superficie del color o la luz transmitida a través del producto, su principal ventaja es que presenta menor variabilidad en los valores de color, aunque su desventaja es que requiere equipo especializado y es un proceso más lento que en la evaluación subjetiva.

En la subjetiva se usa el ojo humano para evaluar el color, tiene como ventaja que es fácil, rápida y no se necesitan herramientas u equipos aunque tiene la desventaja de que el valor es asignado de acuerdo a la observación de la persona y esta valoración puede ser diferente en otro individuo, sin embargo la evaluación puede ser referida a valores objetivos y a la concentración del pigmento, son de gran valor las escalas de color en la madurez de los frutos, como referencias para comparar y describir los colores en frutos, mismas que se utilizan comúnmente en frutas como mango, plátano, fresas, entre otros.

En la figura 1 se muestra la escala de color de los frutos de palma africana en los estados de madurez 1, 2 3, 4.

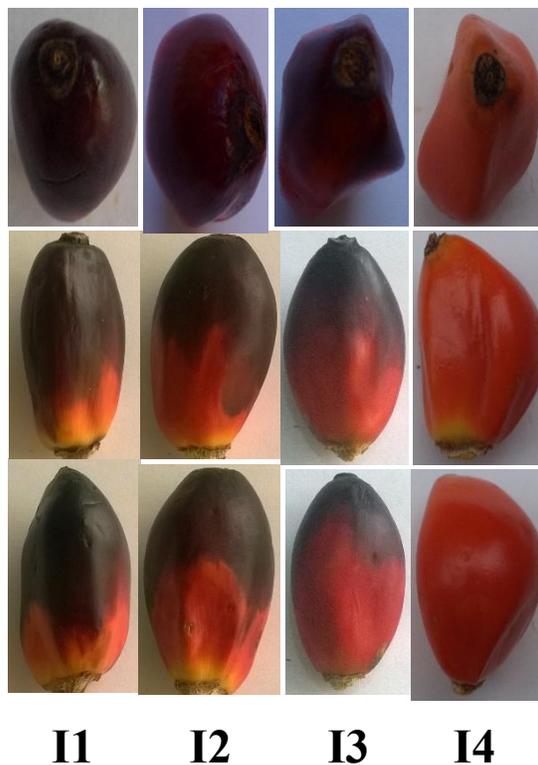


Figura 1. Escala de color de frutos de palma africana en los estados de madurez 1, 2, 3 y 4.

I1: 0 a 25% de cambio de color naranja que cubre al violeta inicial

I2: 25 a 50% de color naranja que cubre al violeta inicial

I3: 50 a 75% de color naranja que cubre al violeta inicial

I4: 75 a 100 % de color naranja

Peso

En la figura 2 y en el cuadro 4 se aprecia que en el estado de madurez 1 los frutos han alcanzado su peso máximo, lo que equivale a 7 g en promedio, con valores similares para los estados 2, 3 y 4, no se observan diferencias significativas, es decir que los frutos ya habían alcanzado su peso máximo cuando fueron cosechados, Prada (2012), reporta que los cambios en el peso promedio de los frutos durante el proceso de madurez no muestran diferencias significativas.

Se observa que durante el período de evaluación de los frutos, ya habían alcanzado su máxima acumulación de biomasa y que únicamente hubo transformaciones bioquímicas, Hormaza (2010), menciona que a partir de los 140 días después de antesis (DDA), los frutos ya han alcanzado el tamaño y peso final.

En la figura 2 se observa que los frutos presentaron un peso similar hay uniformidad en su peso, con un peso mínimo de 7.0 g y máximo de 7.3 g, por tanto no hubo dispersión en los pesos.

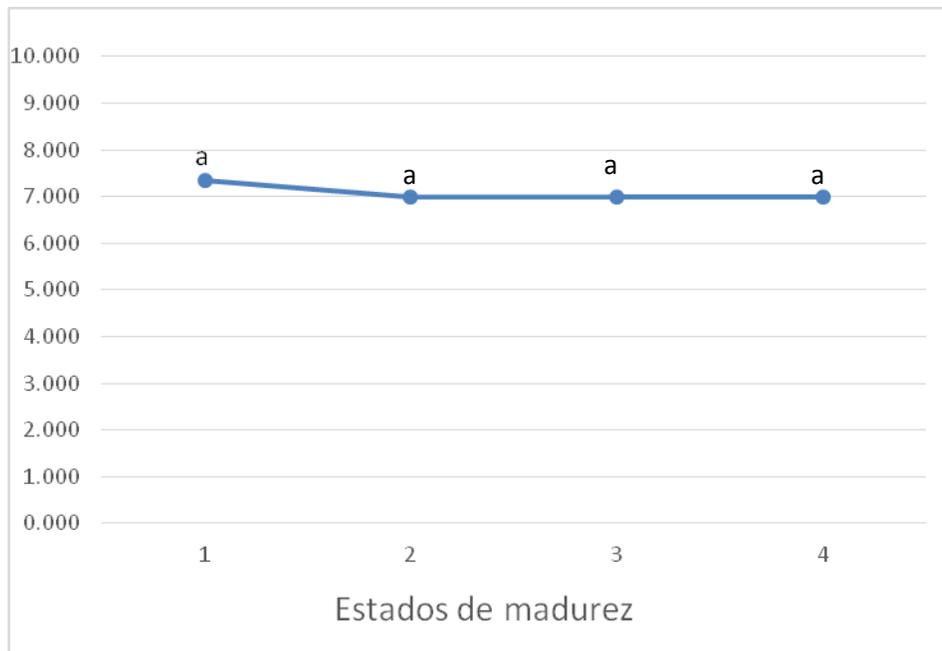


Figura 2. Peso promedio de los frutos en diferentes estados de madurez.

Humedad

A medida que el fruto madura pierde humedad, dado que los frutos están formados principalmente por agua, cuando son cosechados continúan sus procesos naturales de respiración y transpiración con la consecuente pérdida de agua entre otros cambios bioquímicos, finalmente viene el envejecimiento y muerte de los tejidos FAO (1987).

En la figura 3 se observa heterogeneidad en el contenido de humedad de los frutos, se incrementó en cada estado de madurez 1, 2, 3 y 4, aunque se muestran valores similares en cuanto a contenido de grasa para cada fecha de muestreo que comprendió de los 170, 185 y 200 días.

Los valores para contenido de humedad con 10% de diferencia entre fechas de muestreo, con valores de 27% a 37%.

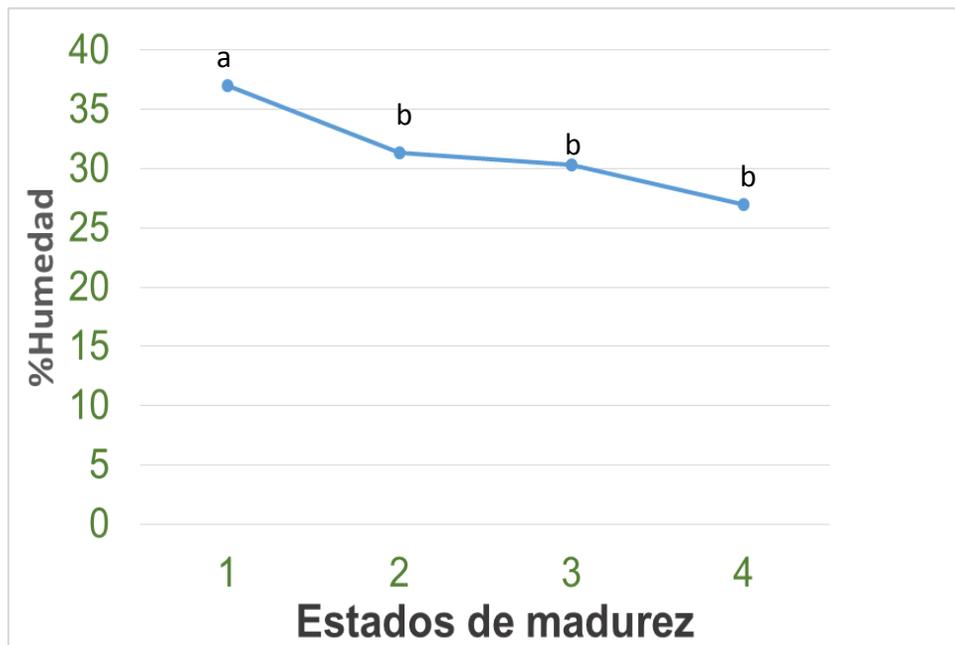


Figura 3. Contenido de Humedad promedio de los frutos en diferentes estados de madurez.

Acidez

Narvaez (1996), reporta que la acidificación se produce solo cuando los frutos se desprenden de forma natural del racimo. Los resultados de la presente investigación en el parámetro acidez se ilustran en la figura 4 en la cual se observa que en el contenido de ácidos grasos libres, los frutos presentaron valores diferentes en los estados de madurez 1, 2 3 y 4, presentándose un valor mínimo en el estado 0.26 y un valor máximo 0.51 en el estado 4.

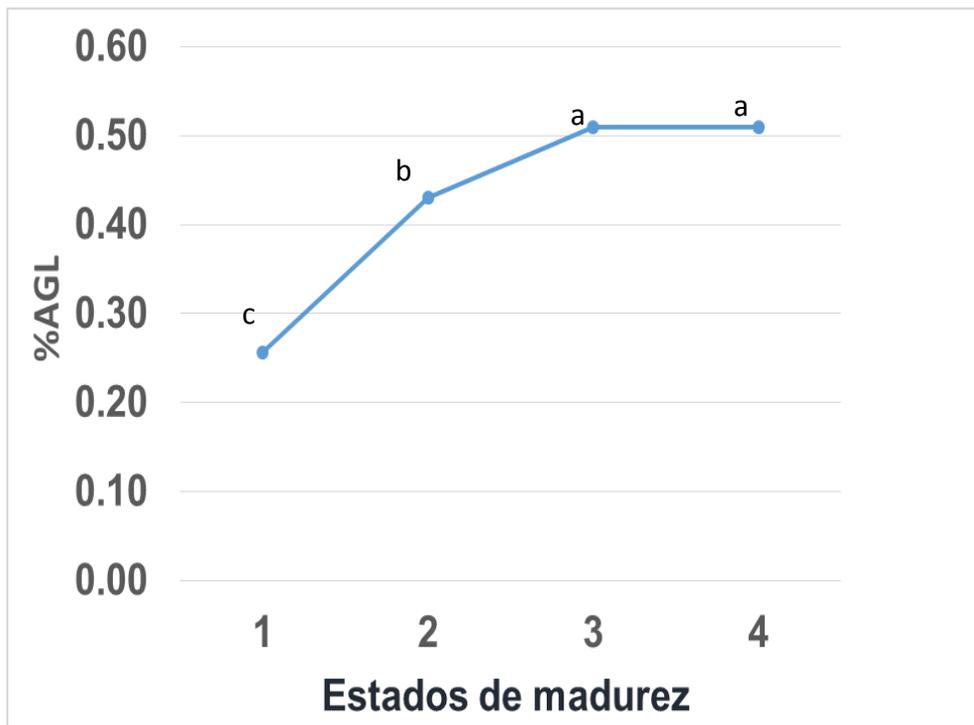


Figura 4. Índice de acidez (% ácidos grasos libres AGL) promedio de los frutos en diferentes estados de madurez.

Grasa

Respecto a este parámetro los resultados se muestran en la figura 5 donde se observa que el contenido de grasa fue incrementando en cada estado de madurez 1, 2, 3 y 4, aunque se muestran valores similares en cuanto a contenido de grasa para cada fecha de muestreo que comprendió de los 170, 185 y 200 días.

Los valores se mantienen homogéneos para contenido de grasa con 2% de diferencia entre fechas de muestreo, con valores de 67% a 69%, lo que concuerda con Preciado *et al* (2011); Ochoa *et al* (2013) González *et al* (2013), que reportan homogeneidad en la tendencia de contenido de grasa desde 140 DDA a 182 DDA en *Elaeis guineensis* y los híbridos de (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*).

El tiempo de acumulación de aceite es corto, Hartley (1983), reporta que durante la última semana se realiza la máxima acumulación de aceite.

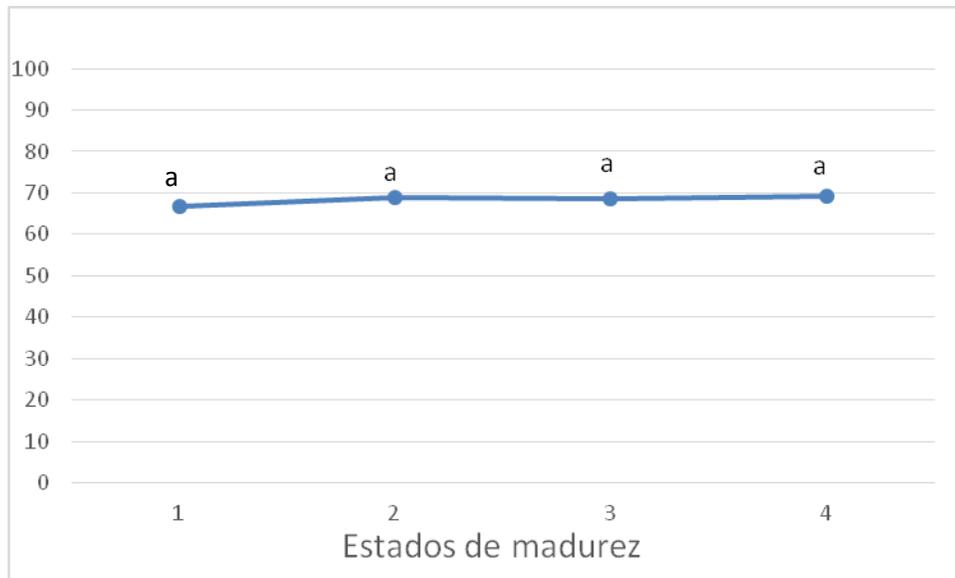


Figura 5. Contenido graso promedio de los frutos en diferentes estados de madurez.

Cuadro 4. Efecto de madurez en los parámetros de calidad de la palma africana.

Parámetro	Valores Medio			
	Estados de madurez			
	1	2	3	4
Acidez	0.256	0.430	0.510	0.510
Grasa	66.667	69.000	68.666	69.333
Humedad	37.000	31.333	30.333	27.000
Peso	7.3333	7.0000	7.0000	7.0000

2.4 CONCLUSIONES

Los valores obtenidos para palma africana de los parámetros de calidad, se encuentran dentro del intervalo de valores promedio reportados por Narvaez *et al* (1996) y Prada *et al* (2012).

La falta de uniformidad en el estado de madurez, indica que no se lleva a cabo una selección adecuada durante el corte y recolección, lo que repercute en la calidad de los frutos. Esto se debe a una falta de selección en campo, dado que el color es un indicador de madurez, es conveniente contar con una carta de color para seleccionar los frutos en el momento de la cosecha, además de capacitar a los trabajadores en campo y pagar en función de la calidad de frutos cortados.

2.5 LITERATURA CITADA

AOAC. (1990). Official Methods of Analysis. 15. USA.

FAO 1987. Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas. Seie tecnología postcosecha 6. <http://www.fao.org/docrep/x5055s/x5055S00.htm#Contents> (Recuperado febrero de 2017).

FAO (2003). Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas del campo al mercado. Boletín de servicios agrícolas de la FAO. <http://www.fao.org/docrep/006/Y4893S/y4893s00.htm#Contents> (Recuperado enero de 2017).

Franco B. P. N. 2010. Cosecha del fruto de la palma de aceite. Publicaciones Fedepalma. Bogota Colombia. 60 p

González G.D., Cayón G.S., López M.J., y Alarcon W.H. 2013. Development and maturation of fruits of two Indupalma OxG hybrids (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*). *Agronomía Colombiana* 31: 343-351.

Hartley, C. W. S. 1983. La palma de aceite. Ed. Continental. México, D.F. 958 p

Hormaza M. P., Forero H. D., Ruíz R. R., Romero A. H., 2010. Fenología de la palma de aceite africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) y del híbrido interespecífico (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*). Publicación de Cenipalma. 77-83. León K. D. Pedreshi y León. 2006 Color measurement in L*a*b* units from RGB digital images, *Food Research International*, 39 (10), 1084-1091.

León K. D. Pedreshi y León. 2006 Color measurement in L*a*b* units from RGB digital images, *Food Research International*, 39 (10), 1084-1091.

Montoya P.L.K., Osorio M.O. y Cerón C.A.F. 2013. Cambios fisicoquímicos postcosecha que afectan la calidad de racimos de palma *Elaeis oleífera* Cortés (Kunth) X *Elaeis guineensis* Jacq. *Revista de Ciencias Agrícolas* 30 (2) 84-93.

Narvaez J. J., Chilito L.A., Bastidas P.S., 1996. Determinación de la madurez óptima de cosecha para la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) en la región de Tumaco, Nariño. *Revista Palmas* 17 (4) 15-22.

NMX-F-101-SCFI-2012. Alimentos, aceites y grasas vegetales o animales. Determinación de ácidos grasos libres, método de prueba. Diario Oficial de la federación.

Nunes, M. C. N., Brecht, Jeffrey K., Morais, A. M. M. B., Sargent, Steven A. 2006. Physicochemical changes during strawberry development in the field compared with those that occur in harvested fruit during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol 86, No. 2:180-190.

Ochoa C. I. E., Suárez M.C.A., Cayón S.D.G., 2013. Desarrollo y maduración de frutos en palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) e híbridos OxG (*E. oleífera* x *E. guineensis*) de Unipalma S.A. *Revista Palmas*. 34 (Número especial) 326-336.

Padron P. C.A., Padrón L. G.M., Montes H. A.I., Oropeza G. R.A., 2012. Determinación del color en epicarpio de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con sistema de visión computarizada durante la maduración. *Revista Agronomía costarricense* 36 (1) 97-111.

Pinzón M.P., Fischer G., Corredor G. 2007. Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims.). *Revista Agronomía Colombiana* 25(1) 83-95.

Prada F., Ayala D., Delgado W., Ruíz R., Romero H. (2012) . Efecto de maduración del fruto en el contenido y composición química del aceite de tres materiales de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Revista Palmas*. 33: 25-39.

Preciado Q., C., Bastidas P.S., Betancourth G.C, Peña R., E., Reyes C.R. 2011. Predicción y control de la cosecha en el híbrido interespecífico *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* en la zona palmera occidental de Colombia. I. Determinación del periodo de madurez para obtener racimos con alto contenido de aceite. Corporación colombiana de investigación Agropecuaria. 12: 5-12.

Reid, M.S. 2002. Maturation and maturity indices. pp. 55-62. En Kader, A.A. (ed.) Postharvest technology of horticultural crops. 3th edition. University of California, Agricultural and Natural Resources, Publication 3311. Oakland, California. 535 p.

Tan Y. A., Ainic K., Slew W. L., Mohtar Y., Chong C.L., 2000. Estudio del PORIM sobre el aceite de palma crudo 97/98. Características de calidad e identidad. Revista Palmas 21 (4) 39-56.

Torres R., Montes E.J., Pérez O.A. y Andrade R.D. 2013. Relación del color y del estado de madurez con las propiedades fisicoquímicas de frutas tropicales. Revista Información Tecnológica 24 (3) 51-56

Wills, R., B. McGlasson, D. Graham y D. Joyce. 1998. Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. CAB International, Nueva York. 262 p.

Yañez A. E.E., García N. J.A., Fernández B.C.A., Rueda B.C., 2006. Guía para el análisis de palma de aceite. Ed. Centro de Investigación en palma de aceite Cenipalma. 20 pp.

CAPITULO III.
LA POSTCOSECHA DE LA PALMA AFRICANA Y PARAMETROS DE CALIDAD

3.1 INTRODUCCIÓN

De la palma africana se extrae el aceite vegetal del mesocarpio de las frutas, que se utiliza para la alimentación humana y para la elaboración de productos de uso cosmético, pero el aceite debe cumplir parámetros de calidad como es la acidez y oxidación pues son parámetros indispensables para la Industria alimenticia para que el aceite se pueda refinar y almacenar durante periodos largos de tiempo, pero los parámetros de calidad se ven afectados por mal manejo de la postcosecha.

Las frutas una vez cosechadas se separan de su fuente natural de agua, nutrientes minerales y orgánicos pero sigue vivos, es decir siguen respirando, liberan energía y pierden humedad, aunque este estado no puede durar indefinidamente porque continua la etapa del envejecimiento y muerte de los tejidos (FAO, 1987).

Durante la postcosecha las frutas se deterioran, por tanto entre la cosecha y el consumo ocurren pérdidas cuantitativas y cualitativas, las pérdidas cualitativas pueden representar: la pérdida de comerciabilidad del producto y la aceptabilidad del consumidor, debido a que ya no son aptos para el consumo debido a que ocurre también la pérdida de calidad en sus parámetros físicos y químicos.

Idealmente las frutas deben consumirse o conservarse inmediatamente de cosechada para conservar sus características de calidad, sin embargo esto no ocurre con la fruta de palma africana cosechada en Tenosique, debido a que la fruta producida no se procesa en el municipio y se transporta a las extractoras ubicadas en Palenque, Chiapas.

Por lo tanto se planteó la necesidad de realizar un estudio de la postcosecha de palma africana de pérdida de calidad, en sus parámetros físicos y químicos, bajo condiciones ambientales simulando las condiciones de almacenamiento en los centros de acopio de Tenosique, Tabasco.

3.2 MATERIALES Y METODOS

Localización del área de estudio

El estudio fue realizado en el ejido 20 de Noviembre perteneciente al municipio de Tenosique, Tabasco, México (Figura 6), mismo que se localiza en la Región de los Ríos, el objetivo de la investigación fue la determinación de la pérdida de calidad durante la postcosecha y se seleccionaron e identificaron las etapas de madurez posteriormente los frutos se tuvieron en observación y se mantuvieron descubiertos por un período de almacenamiento de 30 días a temperatura ambiente, simulando las condiciones de almacenamiento que se efectúan en los acopios de Tenosique, el tiempo de muestreo fue cada tercer día, durante los cuales se realizaron los siguientes análisis: peso, humedad, contenido graso e índice de acidez.

Ubicación del sitio experimental

El Ejido 20 de Noviembre del municipio de Tenosique, Tabasco, México se encuentra a (17° 28' 15" N; 91° 25' 35" O) a una altitud de 60 metros sobre el nivel del mar, la temperatura máxima es de 30.5°C y mínima de 23.6°C, con una precipitación anual de 2018.5 milímetros.



Figura 6. Localización geográfica del sitio de muestreo.

Material biológico

La procedencia de los frutos correspondió a una parcela de palma africana de la variedad Tenera de origen Deli x Nigeria con frutos tipo nigrescens en el municipio de Tenosique, Tabasco, México.

La parcela pertenece al Ing. Mauricio Francisco Sánchez Bautista cuenta con una superficie de 1-00 Ha con 141 plantas por Ha, la plantación fue sembrada en el año 2011, en el Ejido 20 de Noviembre perteneciente al municipio de Tenosique (Figura 7).



Figura 7. Parcela de palma africana ubicada en el ejido 20 de Noviembre, Tenosique, Tabasco.

Selección de los puntos de muestreo

Se realizó un muestreo sistemático, consistente en atravesar la parcela caminando en forma de zig zag, sobre la cual se encontraron los puntos de muestreo hasta contabilizar 15 palmas que corresponden al 10% del total de plantas de la parcela experimental (Figura 8).



Figura 8. Selección de los puntos de muestreo en la parcela.

Toma de muestras del Material Vegetal

Se tomaron muestras de las plantaciones de palma de africana con una edad de 4 años, se inició marcando las plantas que presentaron la flor femenina en antesis y se registró como el día uno, a partir del cual se contabilizaron los siguientes hasta llegar al día programado para la cosecha, se muestreó cada quince días en tres cortes de palma africana a partir de 170 Días después de antesis (DDA) hasta 200 DDA.

Recolección de los frutos:

La cosecha se realizó entre las 6 y 11 de la mañana en la parcela de palma africana (Fig. 4). Una vez definida el área de muestreo, se cosecharon los racimos y se desespigaron, las espigas correspondientes se mezclaron y homogenizaron para la obtención de muestras (Figura 9).



Figura 9. Cosecha de los racimos de palma africana.

Se tomó una muestra completamente al azar, se identificaron y seleccionaron cada etapa de madurez (Figura 10) para obtener una muestra con un peso de 1000 g de frutos después se tomaron las muestras que son de 10 a 13 frutos y un peso de 100 g por repetición que se le realizaron los análisis físicos y químicos con 3 repeticiones.

a)



b) ↓



c) ↓



Figura 10. a) Racimos cosechados b) Desfrutamiento c) Selección de frutos por color.

Caracterización física de los frutos:

Color. La toma de los datos se realizó mediante la anotación del color externo del fruto, se midió colorimétricamente la fruta.

Para cada fecha de muestreo se tomaron registros fotográficos de los frutos externos del racimo y para cada tipo de fruto se evaluó el color de la cáscara o pericarpio en tres caras con tres repeticiones.

Para el registro fotográfico se utilizó una cámara digital Cyber shot DSC-S5000 de 14, 1 megapíxeles y mediante la utilización del Software Adobe Photoshop CS5, se determinará el color con la escala RGB (Red- Green Blue).

Selección de frutos en etapas de madurez basado en el color de la epidermis:

La selección de los frutos se realizó de la siguiente manera:

Cuadro 5. Código de color de la fruta de palma africana.

CÓDIGO	COLOR
I1	0 a 25% de cambio de color naranja que cubre al violeta inicial
I2	25% a 50% de color naranja que cubre al violeta inicial
I3	50 % a 75% de color naranja que cubre al violeta inicial
I4	75% a 100 % de color naranja

Peso. Se utilizó una balanza digital con una sensibilidad de 0.01 g para pesar las muestras de frutos en cada etapa de madurez.

En la figura 11 se muestra la fase de pesado de las muestras de los frutos.



Figura 11. Pesado de las muestras en la balanza digital.

Humedad. El método empleado fue el descrito por la ASOCIACION OFICIAL DE QUIMICOS ANALITICOS AOAC, 1990 y adaptado por Yañez *et al* 2006 para determinación de humedad en mesocarpio de palma africana, se utilizó el Horno Binder a una temperatura de 105°C por 24 horas, para cada etapa de madurez (Figura 12).



Figura 12. Deshidratación de las muestras en el Horno Binder.

Caracterización química de los frutos: Índice de acidez

Extracción de aceite. Para la obtención del aceite se utilizó la metodología de Trujillo F. (2006), que hace una simulación del procesamiento de los frutos en la extractora de aceite, los frutos muestreados se esterilizaron por medio de vapor de agua a una presión de 15 psi, a una temperatura de 100°C por una hora en el autoclave.

El propósito de la esterilización es la inactivación de la enzima lipasa y favorecer el ablandamiento de la pulpa para continuar con el proceso de prensado del mesocarpio, el cual tiene la función de separar los componentes de la pulpa (aceite y fibra), se utilizó un prensado manual para extraer el aceite. El aceite obtenido se centrifugó a 4300 rpm durante quince minutos, con el fin de eliminar las impurezas como agua y residuos del prensado, en la figura 13 se muestra el proceso de extracción del aceite.

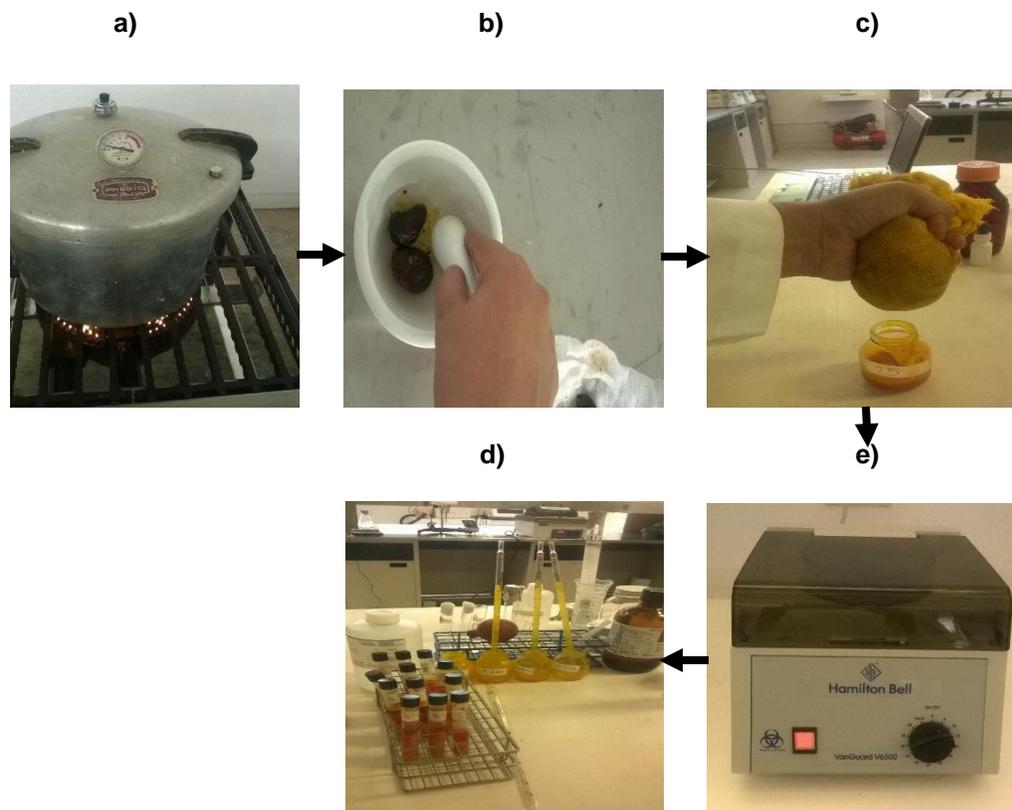


Figura 13. Proceso de extracción de aceite en laboratorio. a) Esterilización de frutos b) Macerado

Índice de Acidez. Se obtuvo previamente el aceite y posteriormente se realizó la determinación de acidez de acuerdo a la NMX-F-101-SCFI-2012, mediante la titulación de los ácidos grasos libres (AGL) con el álcali Hidróxido de Sodio, se expresa como porcentaje (%) de AGL de ácido palmítico (Figura 14).



Figura 14. Obtención del índice de acidez del aceite de palma africana.

Contenido graso: se obtuvo el contenido de aceite por extracción mediante el equipo soxhlet, utilizando como solvente éter de petróleo, se obtuvo el contenido graso en base seca (Figura 15). Una vez evaporado el solvente, el extracto fue cubierto con papel aluminio y almacenado para posteriormente obtener el peso final.

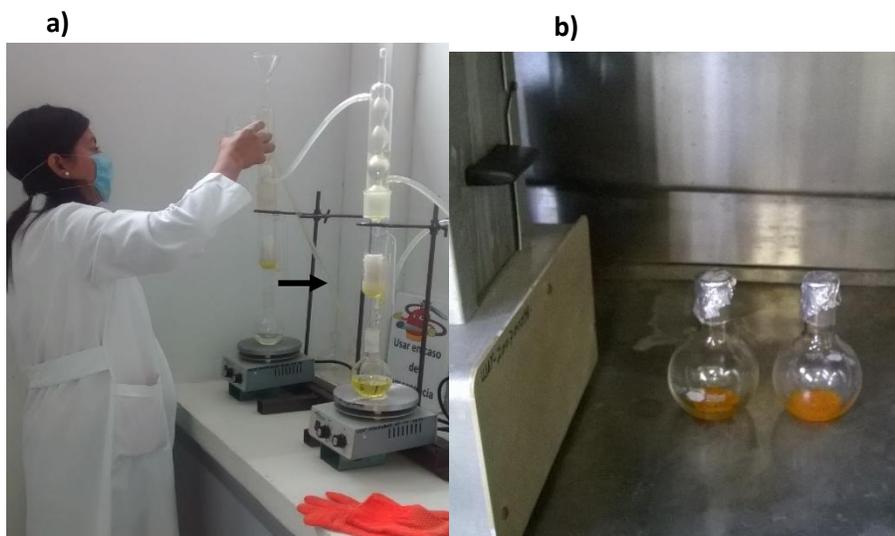


Figura 15. a) Determinación del contenido graso con el equipo soxhlet b) Extracto etéreo.

3.3 RESULTADOS Y DISCUSIONES

Se presentan resultados acerca del desarrollo de la segunda fase en la cual se analizaron parámetros de calidad fisicoquímica durante la postcosecha.

Acidez

El contenido de ácidos grasos libres es un parámetro muy importante en la calidad del aceite de palma, la formación de AGL, está influenciada por la variedad y actividad lipásica de los frutos una vez cosechados.

Los frutos mostraron un incremento en los valores de acidez (Ácidos grasos Libres) durante el periodo de almacenamiento.

El valor inicial fue de 0.51 y al final del experimento llegó a 24 de Índice de acidez para el último día. Montoya y colaboradores en 2013, reportaron valores de 20% AGL para el día último del experimento en palma aceitera alto oleico *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* Jacq, el material fue analizado en estado de madurez óptimo, estos valores son muy cercanos a los obtenidos en esta investigación.

En la Figura 16 se observa el comportamiento de acidez de los frutos analizados durante el periodo de estudio, muestra un comportamiento general ascendente, esto se debe a que al inicio del almacenamiento el fruto tiene como fuente de reserva azúcares y conforme aumentan los días de almacenamiento se abastece de los ácidos orgánicos y los utiliza como fuente de reserva para llevar a cabo el proceso de respiración, al respecto Franco (1997), reporta que el tiempo de almacenamiento de los frutos de palma africana afectará directamente en el contenido de Ácidos grasos libres (%AGL), lo que ocasionará pérdida de calidad en el aceite.

Los ácidos orgánicos declinan durante la maduración, ya que algunos de ellos son utilizados en el proceso de respiración, por este motivo pueden considerarse fuente de reserva alterna para llevar a cabo este proceso *Wills et al.*, (1989).

Montoya y colaboradores en 2013 han reportado los valores de acidez en palma aceitera alto oleico *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* Jacq. con porcentaje (%) de AGL inferiores a 3% antes del día 11 en cambio en la figura 16 se observa similar valor a partir del día 3 en palma africana *Elaeis guineensis* Jacq., de acuerdo a los resultados que se obtuvieron en este experimento.

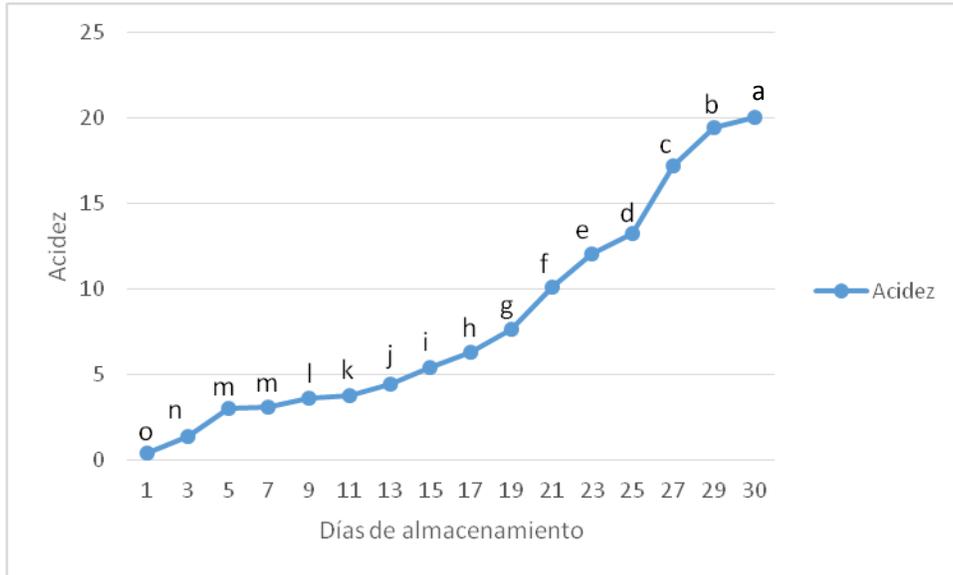


Figura 16. Comportamiento del índice de acidez (%AGL) durante el almacenamiento.

En la figura 17 se observa diferencia mínima significativa en los valores promedio por estado de madurez durante el almacenamiento de los frutos.

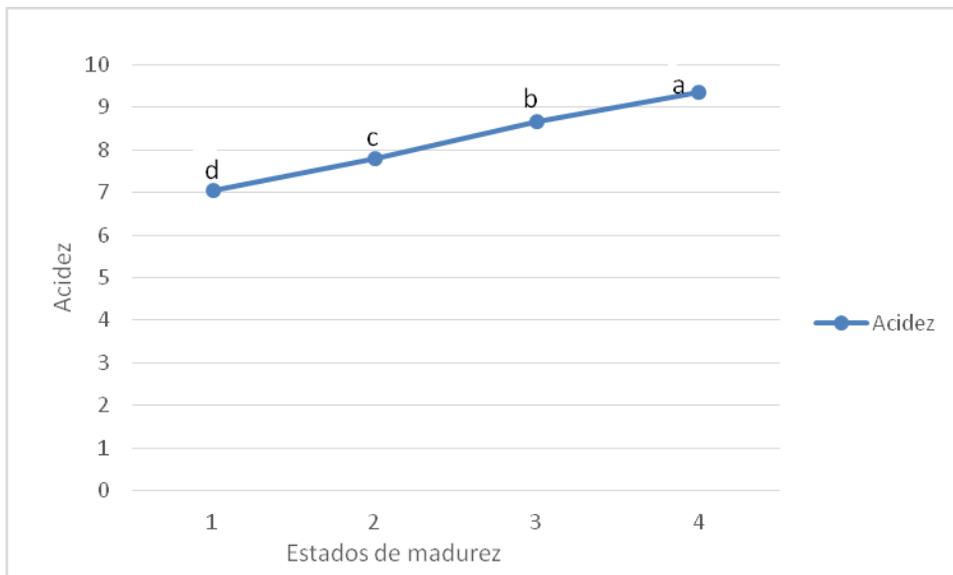


Figura 17. Valores promedio de Acidez (% AGL) por etapa de madurez.

La acidez aumentó durante la postcosecha (Figura 18), en los estados de madurez 1, 2, 3 y 4, se mostraron valores ascendentes.

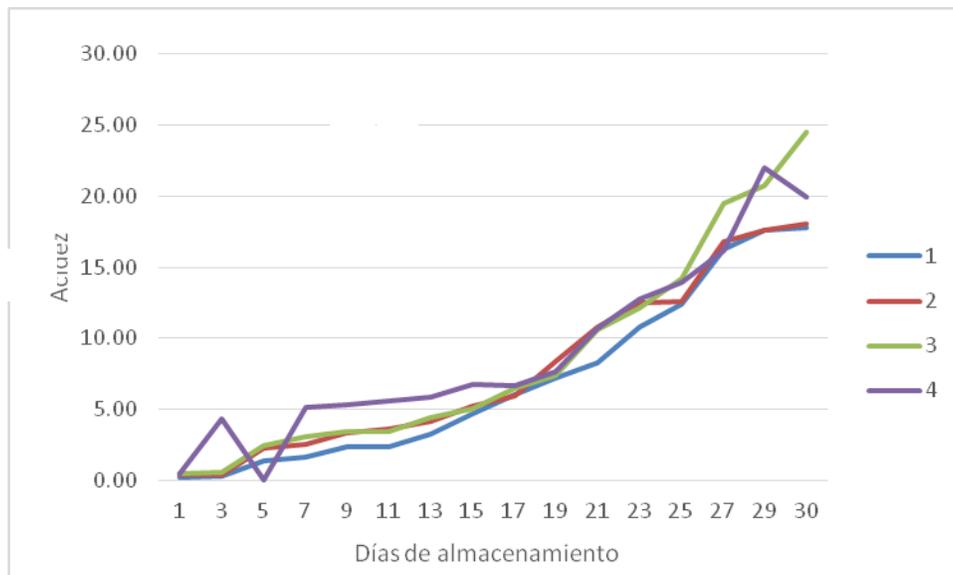


Figura 18. Comportamiento de la acidez en los estados de madurez 1, 2, 3 y 4 durante el almacenamiento.

Pérdida de peso

Con respecto a la pérdida de peso, los resultados de la presente investigación indican que se presentó una pérdida de peso durante el almacenamiento de los frutos de palma africana, en los diferentes estados de madurez (Figura 19). Esto se atribuye a la pérdida de agua ya que durante la postcosecha prevalecieron temperaturas altas (la máxima de 39°C), que provocó el aumento de la velocidad de respiración y transpiración ya que según lo reportado por varios autores FAO (1987); Kader (1992) es un producto final de este proceso. Wills y colaboradores en 1995 reportan que con solo una pérdida de 5 % de peso en frutas y hortalizas, se considera que estas son un producto de mala calidad a nivel comercial debido a su apariencia marchita y Ruelas *et al* (2013) menciona que el estado de madurez también tiene efectos en la respiración de los frutos.

Los resultados obtenidos muestran una tendencia de pérdida de peso en los estados de madurez 1, 2, 3 y 4, es decir perdieron 25% del peso total en 30 días de almacenamiento, lo cual coincide con Montoya y colaboradores quienes reportaron que

los frutos perdieron 25.02 % del peso total en 30 días en el estudio que ellos realizaron en 2013.

Por otra parte en un estudio realizado por Prada y colaboradores en 2012, muestran que no hay una tendencia definitiva en el cambio de los pesos promedios en los estados de madurez sin embargo Montoya *et al* (2013), reportan que los frutos mostraron una pérdida de peso ascendente durante el almacenamiento, mostrando al final del experimento una pérdida de peso del 25.02% del peso total

Los frutos estudiados ya habían alcanzado su máxima acumulación de biomasa, por tanto se encontraban en condiciones similares y no había diferencias en el peso en cada estado de madurez.

En la Figura 19 se observa el comportamiento de la pérdida de peso de los frutos analizados en el periodo de estudio; observándose en forma general un comportamiento ascendente, en el cual se encontró una diferencia mínima significativa durante todo el periodo de almacenamiento. Esto se atribuye al proceso de respiración y transpiración del fruto durante el periodo de almacenamiento.

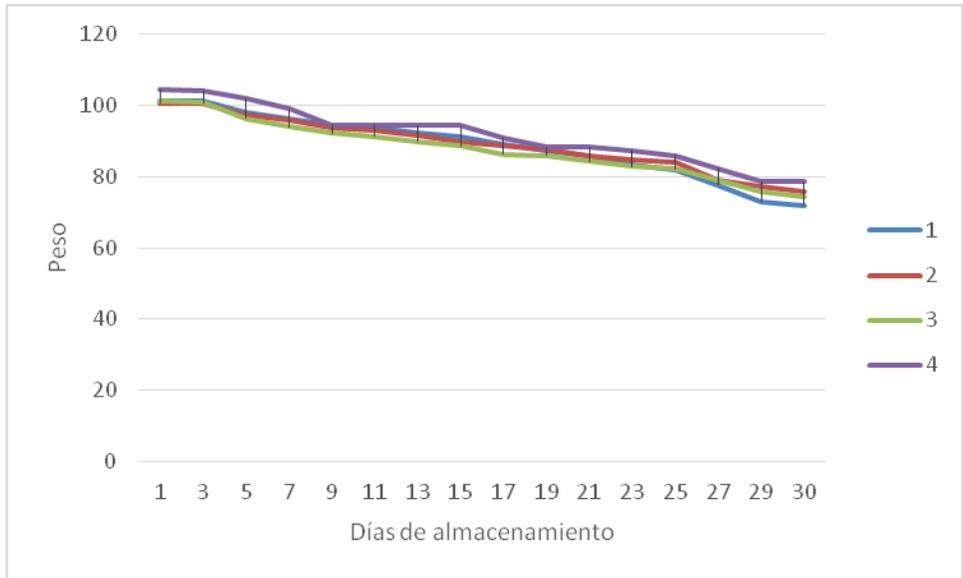


Figura 19. Comportamiento de la pérdida de peso de frutos con valores promedio en los estados de madurez 1, 2, 3 y 4 durante el almacenamiento a temperatura ambiental.

En la figura 20 se observa que los estados de madurez 1, 2 y 3 perdieron más peso en comparación con el estado 4 que fue el estado que perdió menor cantidad de peso, siendo por tanto el mejor calificado en cuanto a pérdida de peso, los estados 1, 2, 3 fueron los que pierden mayor cantidad de peso es decir sufren mayor pérdida de agua pues la velocidad de respiración se incrementa.

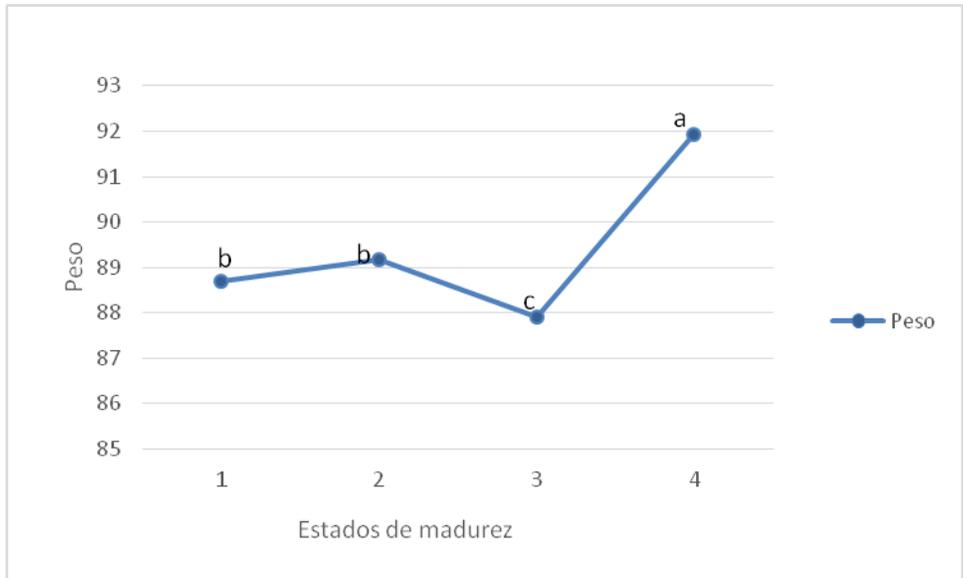


Figura 20. Comparación de medias de Tukey para pérdida de peso de los frutos en los estados de madurez 1, 2, 3 y 4.

En la figura 21 se observa que hubo una tendencia de pérdida de peso en los estados de madurez 1 2 3 4, es decir perdieron 25% del peso total en 30 días de almacenamiento, lo cual coincide con Montoya *et al* (2013) estudio en el que los frutos perdieron 25.02 % del peso total en 30 días.

En la figura 21 también se expone que los frutos tuvieron pérdida de peso conforme aumentaron los días en almacenamiento, finalmente tuvieron una pérdida de peso del 25%.

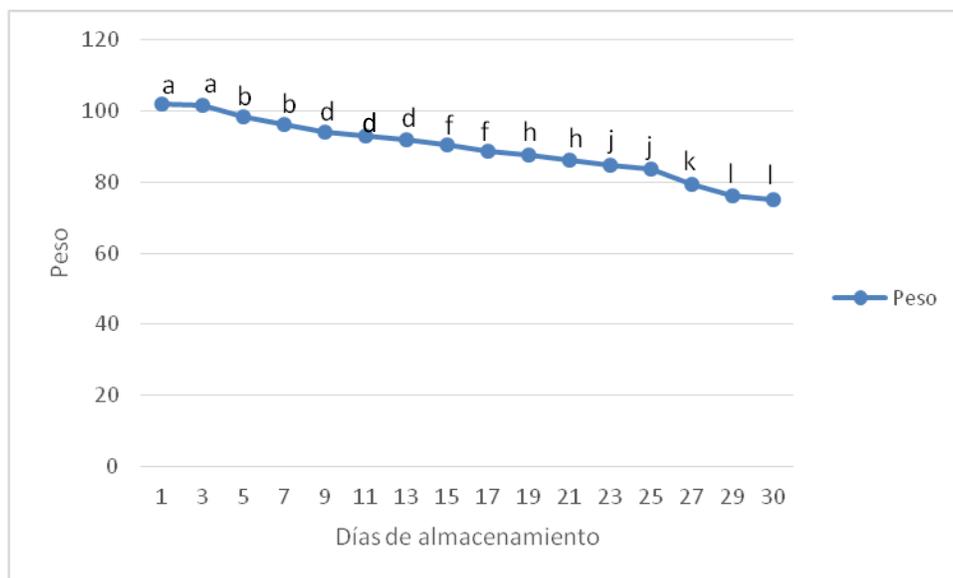


Figura 21. Comparación de medias de Tukey para pérdida de peso de los frutos durante el almacenamiento.

Humedad

La mayoría de frutos tropicales tienen alto ritmo de respiración y se caracterizan por tener una vida corta de almacenamiento, aunado a que las altas temperaturas inducen un aumento en la respiración y transpiración, por tanto también se acelera la pérdida de humedad en los frutos FAO (1989).

En la figura 22 se observa que los frutos mostraron un descenso en los valores de humedad durante el periodo de almacenamiento.

Se determinó que la pérdida de humedad fue de 22% en los estados de madurez 1, 2, 3 y 4 pues los frutos mostraron un descenso en los valores de humedad durante los 30 días de almacenamiento.

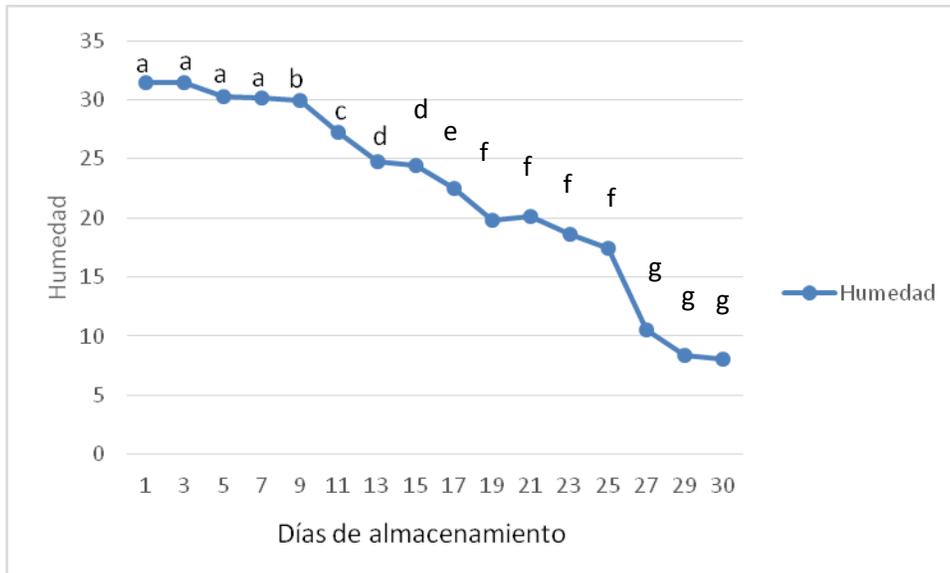


Figura 22. Comportamiento de la pérdida de humedad de los frutos en almacenamiento.

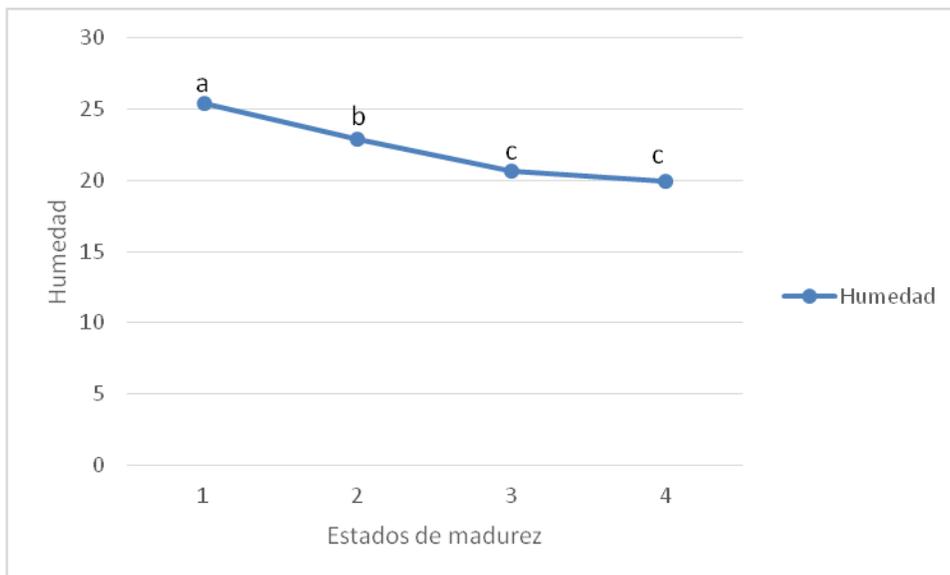


Figura 23. Comparación de medias de Tukey para pérdida de humedad de los frutos en los estados de madurez 1, 2, 3 y 4.

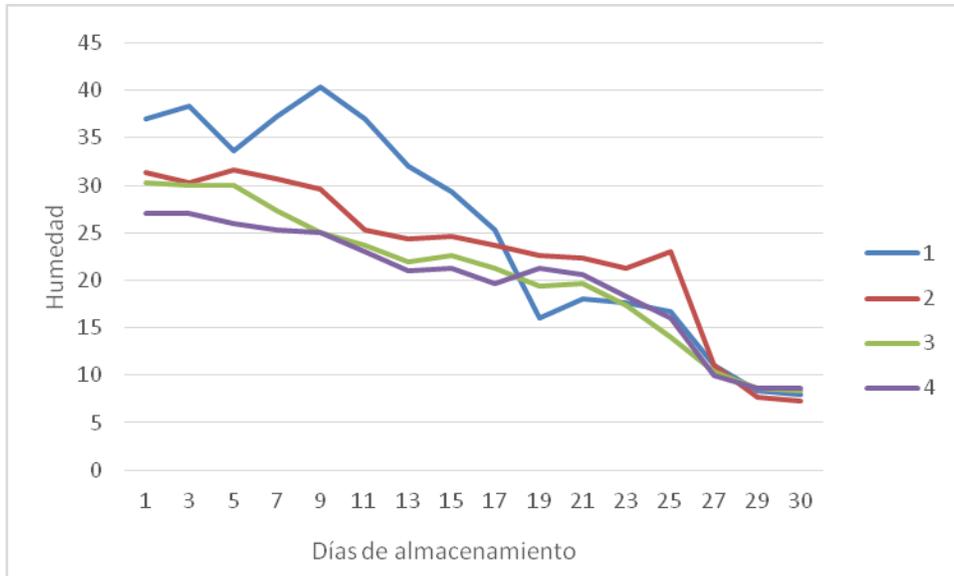


Figura 24. Pérdida de humedad de los frutos en los estados de madurez 1, 2, 3 y 4.

Grasa

En la figura 25 se observa que los frutos mostraron uniformidad en los valores de grasa durante el periodo de almacenamiento. El valor mínimo fue de 67% y el valor máximo fue de 68% de grasa para los estados de madurez 1, 2, 3 y 4, el tiempo de almacenamiento no influyó para que los frutos alcanzaran mayor valor de contenido graso, por el contrario el valor se mantuvo estable.

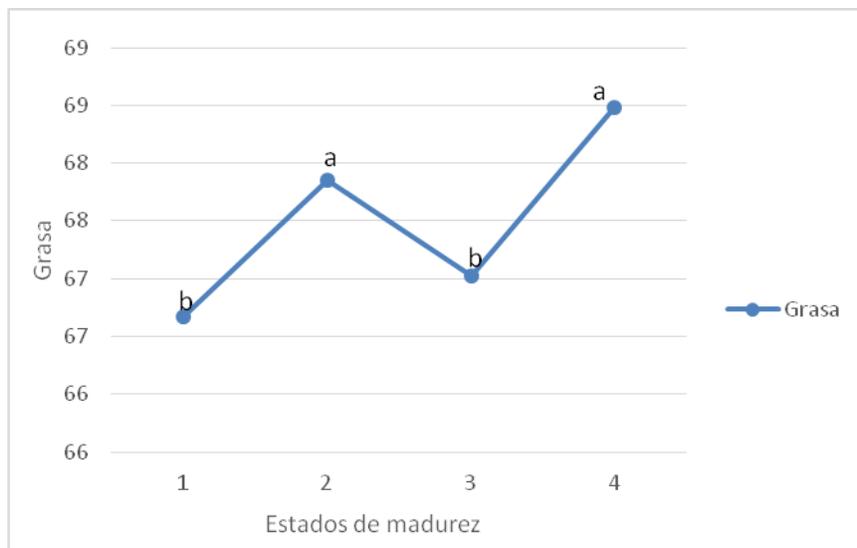


Figura 25. Comparación de medias de Tukey para contenido graso de los frutos en los estados de madurez 1, 2, 3 y 4.

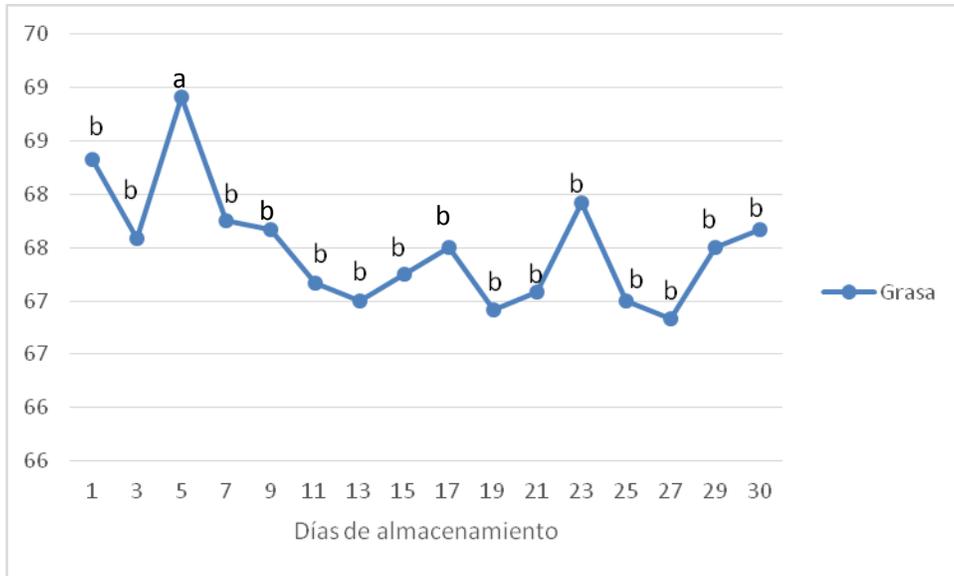


Figura 26. Comportamiento del contenido graso de los frutos en almacenamiento.

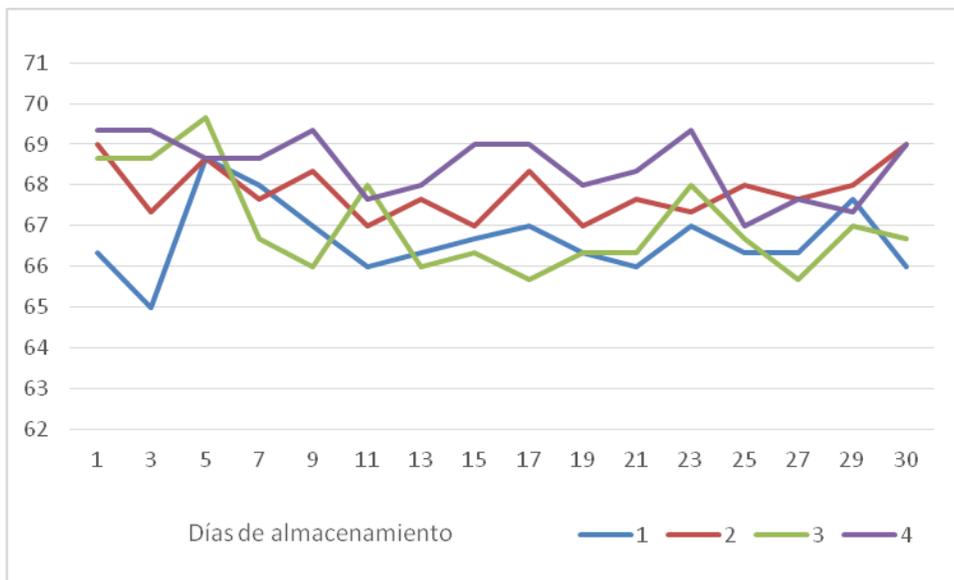


Figura 27. Comportamiento del contenido graso de los frutos en los estados de madurez 1, 2, 3 y 4.

Cuadro 6. Evolución de peso, humedad, acidez y grasa en la postcosecha de palma africana en el estado de madurez 1.

DIAS	PESO (G)	HUMEDAD (%)	ACIDEZ (AGL)	GRASA (%)
1	101	37	0.26	66
3	101	38	0.32	65
5	98	34	1.42	69
7	96	37	1.67	68
9	94	40	2.38	67
11	94	37	2.36	66
13	92	32	3.28	66
15	91	29	4.73	67
17	89	25	6.04	67
19	87	16	7.24	66
21	86	18	8.31	66
23	83	18	10.81	67
25	82	17	12.42	66
27	78	11	16.26	66
29	73	8	17.63	68
30	72	8	17.77	66

Cuadro 7. Evolución de peso, humedad, acidez y grasa en la postcosecha de palma africana en el estado de madurez 2.

DIAS	PESO (G)	HUMEDAD (%)	ACIDEZ (%AGL)	GRASA (%)
1	101	31	0.43	69
3	101	30	0.36	67
5	97	32	2.26	69
7	96	31	2.59	68
9	94	30	3.36	68
11	93	25	3.63	67
13	92	24	4.12	68
15	90	25	5.24	67
17	89	24	6.00	68
19	88	23	8.37	67
21	86	22	10.77	68
23	85	21	12.47	67
25	84	23	12.62	68
27	79	11	16.80	68
29	77	8	17.58	68
30	76	7	18.06	69

Cuadro 8. Evolución de peso, humedad, acidez y grasa en la postcosecha de palma africana en el estado de madurez 3.

DIAS	PESO (G)	HUMEDAD (%)	ACIDEZ %AGL)	GRASA (%)
1	101	30	0.51	69
3	101	30	0.56	69
5	96	30	2.45	60
7	94	27	3.11	67
9	92	25	3.46	66
11	91	24	3.44	68
13	90	22	4.42	66
15	89	23	5.03	66
17	86	21	6.48	66
19	86	19	7.35	66
21	84	20	10.66	66
23	83	17	12.17	68
25	82	14	14.18	67
27	79	10	19.53	66
29	76	9	20.76	67
30	74	8	24.51	67

Cuadro 9. Evolución de peso, humedad, acidez y grasa en la postcosecha de palma africana en el estado de madurez 4.

DIAS	PESO (G)	HUMEDAD (%)	ACIDEZ (%AGL)	GRASA (%)
1	105	27	0.51	69
3	104	27	4.36	69
5	102	26	6.08	69
7	99	25	5.17	69
9	95	25	5.37	69
11	95	23	5.61	68
13	94	21	5.89	68
15	94	21	6.74	69
17	91	20	6.71	69
19	88	21	7.63	68
21	88	21	10.74	68
23	87	18	12.75	69
25	86	16	13.94	67
27	82	10	16.17	68
29	79	9	22.03	67
30	79	9	19.96	69

3.4 CONCLUSIONES

La pérdida de peso mostró una tendencia de pérdida de peso en los estados de madurez 1, 2, 3 y 4, es decir perdieron 25% del peso total en 30 días de almacenamiento.

Sin embargo no hay una tendencia que muestre diferencias en el cambio de los pesos en cada estado de madurez.

Por tanto se observa que los frutos estudiados ya habían alcanzado su máxima acumulación de biomasa y se encontraban en condiciones similares y no hubo diferencias en el peso en cada estado de madurez.

Se determinó que la pérdida de humedad fue de 22% en los estados de madurez 1, 2, 3 y 4 los frutos mostraron un descenso en los valores de humedad durante el periodo de almacenamiento.

En los valores de índice de acidez se mostró un incremento de ácidos grasos libres durante el periodo de almacenamiento lo que ocasiona pérdida de calidad en el aceite.

Sin embargo se observa un valor inferior a 2% de contenido de ácidos grasos libres (AGL) en el día 3, en los estados 1, 2, y 3, es decir aún se obtiene una buena calidad con estos frutos, aunque en el estado 4 solo se obtiene un valor inferior al 2% en el día 1 de cortado, pues a partir del día 3 de cortado los valores se incrementan considerablemente.

En contraste los valores de contenido de grasa no mostraron diferencias significativas es decir que hubo uniformidad en los valores de grasa en los estados de madurez 1, 2, 3 y 4 durante el periodo de almacenamiento.

Por tanto se concluye que los cortes de palma africana se podrían hacer a partir del estado de madurez 2, 3 y 4 pues en los parámetros de calidad no se ven afectados por

el contrario en los estados 2 y 3 ya tienen valores aceptables de índice de acidez y grasa que son los parámetros de mayor valor para la industria.

Para lograr un adecuado manejo de los ciclos de cosecha de los racimos se debe tomar en cuenta una planificación de la cosecha considerando factores de calidad, disposición de recursos materiales y humanos para lograr abastecer a la fábrica con fruta de la mejor calidad para obtener aceite de la calidad requerida por la industria.

3.5 LITERATURA CITADA:

AOAC. (1990). Official Methods of Analysis. 15. USA.

Bautista B.S., Hernández L.M., Guillén S.D. y Alía T.I. (2006). Influencia del recubrimiento con quitosano y la temperatura de almacenamiento en la calidad postcosecha y niveles de infección en la ciruela mexicana. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. 7 (2): 114-121.

FAO 1987. Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas. Seie tecnología postcosecha 6. <http://www.fao.org/docrep/x5055s/x5055S00.htm#Contents> (Recuperado febrero de 2017).

FAO (1989). Manual para el mejoramiento del manejo poscosecha de frutas y hortalizas. Control de calidad almacenamiento y transporte. 87 p. Recuperado Febrero de 2017 (<http://www.fao.org/docrep/x5056s/x5056S00.htm#Contents>)

Franco B.P.N. 1997. Postcosecha en la palma de aceite. La ruta de la calidad. Revista Palmas. 18 (3):59 - 67.

Kader A. 1992. Biología y Tecnología de Postcosecha: Una revisión general. Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California Publications. 3311 p.

Montoya P.L.K., Osorio M.O. y Cerón C.A.F. 2013. Cambios fisicoquímicos postcosecha que afectan la calidad de racimos de palma *Elaeis oleífera* Cortés (Kunth) X *Elaeis guineensis* Jacq. Revista de Ciencias Agrícolas 30 (2) 84-93.

NMX-F-101-SCFI-2012. Alimentos, aceites y grasas vegetales o animales. Determinación de ácidos grasos libres, método de prueba. Diario Oficial de la federación.

Prada F., Ayala D., Delgado W., Ruíz R., Romero H. (2012) . Efecto de maduración del fruto en el contenido y composición química del aceite de tres materiales de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jaq.). Revista Palmas. 33: 25-39.

Ruelas Ch.X., Reyes V.M., Valdivia U.B., Contreras E.J., Montañez S.J., Aguilera C.A. y Peralta R.R. 2013. Conservación de Frutas y Hortalizas Frescas y Mínimamente Procesadas con Recubrimientos Comestibles. Revista Científica de la Universidad Autónoma de Coahuila 9 (2): 31-37.

Yañez A. E.E., García N. J.A., Fernández B.C.A., Rueda B.C., 2006. Guía para el análisis de palma de aceite. Ed. Centro de Investigación en palma de aceite Cenipalma. 20 pp.

Trujillo C.L.F. 2006. Valor nutricional del aceite crudo de palma africana (*Elaeis guineensis*) y el efecto de la temperatura y tiempo de exposición sobre el contenido de antioxidantes durante la extracción no tradicional. Tesis de Maestría. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Wills, R., B. McGlasson, D. Graham y D. Joyce. 1998. Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. CAB International, Nueva York. 262 p.

**CAPITULO IV.
LAS OPERACIONES DE COSECHA DE PALMA AFRICANA EN TENOSIQUE,
TABASCO**

4.1 INTRODUCCIÓN

El cultivo de palma africana se ha incrementado en las últimas dos décadas principalmente en los estados de Chiapas, Campeche, Veracruz y Tabasco, en conjunto para el cierre de la producción agrícola 2016 se reportan 90, 118.24 hectáreas cultivadas (SIAP, 2016).

Chiapas representa el 48% de esta superficie, mientras que los rendimientos promedio anuales coloca a el estado de Tabasco como el de mayor proporción con 14.84 ton/ha (SIAP, 2016), aunque según investigaciones existe el potencial de producción anual de 20 ton/ha (Sandoval, 2011).

El aspirar a rendimientos potenciales implica un manejo adecuado partiendo desde la ubicación y adecuación del terreno a plantar, variedades adecuadas al medio, manejo de la fertilidad, control de malezas y la sanidad vegetal, es decir que el manejo adecuado del cultivo potenciará la productividad de las plantaciones de palma africana.

De las actividades de manejo del cultivo tiene gran importancia la cosecha, que es cuando se verán los beneficios económicos de las labores realizadas, de acuerdo a Franco (1997) en palma africana las operaciones de cosecha incluyen selección de los racimos, corte, recolección y transporte al punto de venta que en el caso de Tenosique al no contar con una procesadora de palma africana, el producto se vende a los Centros de Acopio del municipio o algunos productores venden directamente a las fábricas extractoras ubicadas en Palenque del estado de Chiapas.

Dada la situación particular de Tenosique de que no se procesa la fruta en el municipio, se planteó la necesidad de caracterizar el cultivo de palma africana en las siguientes características: manejo del cultivo y las operaciones de cosecha con la finalidad de conocer con mayor precisión las actividades que están realizando los productores del municipio, además de identificar los factores críticos que están afectando la productividad de las plantaciones y la comercialización de su cosecha, también se identificaron las zonas de mayor potencial como proveedores de palma africana.

4.2 MATERIALES Y MÉTODOS

Con el propósito de complementar la información teórica de la revisión de literatura y la información empírica sobre el área de estudio y para alcanzar los objetivos de la investigación, se registró información cuantitativa, sobre el sistema de producción del cultivo de palma africana, mediante la aplicación de la técnica de hojas de cotejo, se basó en el Paquete Tecnológico palma de aceite de INIFAP (Sandoval E. A. 2011).

Se programaron salidas a las comunidades de Tenosique donde se ubican las parcelas de los productores que resultaron seleccionados para el estudio.

Las hojas de cotejo quedaron conformados por los siguientes ejes temáticos:

1. Establecimiento y manejo del cultivo de palma de aceite.
2. Operaciones de cosecha

Muestreo

La muestra se seleccionó mediante muestreo no probabilístico, en el cual se eligen los elementos que mejor se adaptan a la investigación, como las personas que tienen mayor disposición a contestar o están más al alcance del investigador.

Se utilizó el muestreo por conveniencia, que consiste en seleccionar a aquellos elementos que ofrecen información relevante en la investigación o que están más afines a los objetivos de la investigación.

En este caso se consideraron a 25 productores de palma africana de algunas comunidades pertenecientes al municipio de Tenosique.

La selección de las unidades de análisis se complementó con la técnica bola de nieve, en la que la idea central fue que cada individuo en la población nombró a otros individuos en la población, los cuales tenían la misma probabilidad de ser seleccionados, es decir que a los individuos que fueron seleccionados, se les pidió

nominar a otros individuos, el primer grupo de personas fue seleccionado aleatoriamente.

Tamaño de Muestra

El tamaño de muestra se determinó tomando como base el Padrón de Productores de la Asociación Agrícola local de productores de palma de aceite de Tenosique A.C., se tomó el 10% de una población de 220 productores, por tanto el tamaño de muestra es de 25 individuos como unidades de análisis, dentro de los cuales fueron aplicadas las hojas de cotejo, una hoja por cada propietario seleccionado.

Análisis de la información

Los datos cuantitativos colectados se capturaron en base de datos organizadas en hojas de cálculo de Excel Windows XP y SPSS 15.0, se realizó un análisis descriptivo de la información a través de gráficas de frecuencias y en porcentaje de los siguientes pasos:

1. Toma de datos
2. Ordenamiento y elaboración de datos
3. Clasificación y análisis de los datos
4. Presentación por cuadros y figuras

4.3 RESULTADOS Y DISCUSIONES

En este apartado se presentan resultados de la investigación, en la que se caracterizaron el manejo del cultivo y las operaciones de cosecha que se realizan en las comunidades del municipio de Tenosique, en este apartado se definen el porcentaje de los productores que tienen un manejo de acuerdo a lo que se plantea en el manual de INIFAP.

A continuación se describen aspectos generales de la producción y caracterización de la cosecha de palma africana.

Aspectos generales de la producción. Se describen las características de los productores de palma africana en el municipio de Tenosique y características de sus parcelas.

Características de los productores.

En el municipio de Tenosique, Tabasco, hay 51 comunidades que cultivan palma africana, con una superficie destinada al cultivo de 2 808.24 ha y son 220 productores que tienen sembrada palma africana. El rango de edades de los productores es de 34 años la mínima y la máxima de 99 años, siendo el promedio de 55 años, el género predominante es 88% masculino y 12% femenino. De los productores encuestados hay 92% de productores que pertenecen a la Asociación Agrícola Local de productores de Tenosique A.C.

Características generales de la parcela.

La producción es de temporal en un 100%, aún cuando el 64% de productores cuentan con fuente de abastecimiento de agua, siendo de río, arroyos, pozos y jaguey, pero ningún productor posee sistema de riego.

El 52% de los encuestados opinan que la calidad de las tierras son de regular a buena, el tipo de textura que predomina es arcilloso seguido de migajón lo que concuerda con

Palma y colaboradores en 2007 reportan que predominan los suelos con topografía de lomeríos suaves (entre 20 y 50 msnm) y los suelos con planicie (Figura 28), las parcelas son accesibles y cuentan con caminos de terracerías.



Figura 28. Características predominantes y topografía de los suelos de palma africana, en las comunidades de Tenosique, Tabasco.

Manejo del cultivo.

Preparación del terreno. La preparación del terreno la realiza el 96% de los productores, consiste en la eliminación de vegetación, barbecho y rastreo, labores que puede ser manual o mecanizada.

Trazo de la plantación.

La siembra de palmas se realiza en una disposición triangular de tresbolillo con 9 metros entre plantas y 7.80 m entre líneas en el 96% de productores, con una densidad de 143 plantas, aunque hay superficie que se pierde por el espacio para caminos quedando de 135 a 139 plantas que es lo que recomienda Sandoval (2011), sin embargo el 4% de productores realizó la siembra con una distancia de 9 metros entre plantas y 9 metros entre líneas, por tanto la densidad es menor, quedando de 123 plantas por hectárea, al respecto comentaron que de esta manera se les facilitó la

realización del trazado pues utilizan hilo para trazar el cual marcaron con una distancia de 9 metros.

Las edades de las plantaciones son variadas el 32% de los productores encuestados tienen plantaciones en desarrollo con edades comprendidas de 0 años a menores de 3 años y 68% de plantaciones en producción con edades desde 3 años a 16 años.

En Tenosique la siembra inició en 1998 y cada año se fue incrementando la superficie sembrada de palma , por tanto las plantaciones tienen diferentes edades y se encuentran plantaciones en etapa en desarrollo y en etapa productiva simultáneamente en la región, aunque hay un 24% de plantaciones que entraran en etapa productiva en 2017 y 12% de plantaciones que aunque son productivas cuentan con una edad mayor a 15 años y en palmas de gran altura la cosecha se torna difícil y por tanto a los cortadores se les dificulta y los productores comentan que dejarán de cortar por esta situación, aunque los productores cuentan con las herramientas adecuadas para cosecha y el cuchillo malayo tiene posibilidades de ampliación, los productores consideran que a una altura considerable de las palmas ya no les será posible realizar el corte porque lo consideran peligroso y los cortadores no acceden a realizar cortes en estas palmas, por tanto necesitan renovar plantaciones y el 40% de productores que ha previsto la situación lo han hecho y tienen plantaciones con palmas en desarrollo de 1, 2 y 3 años de edad, respectivamente.

La variedad predominante es Deli X Nigeria en un 48%, aunque también Deli X Ghana en un 16% y variedad compacta en un 36%, las características de las plantas son normales se consideran ideales para la siembra y provienen de los viveros de las fábricas extractoras de aceite de palma OLEOPALMA y PALMOSUR, las industrias son las proveedoras de las plantas y para la compra se realiza un convenio entre SAGARPA, las asociaciones de productores y las extractoras.

24% de productores tienen cultivos intercalados, comentaron que los principales cultivos que siembran entre sus palmas son chile y yuca.

Fertilización. Los productores realizan la fertilización al momento de la siembra, hacen la fertilización de fondo que consiste en cavar un hoyo del tamaño del pilón de suelo de la bolsa, en el fondo se depositan 150 a 300 g de fertilizante, los más utilizados son 17-17-17 y urea, también el 92% de productores aplican fertilizantes de acuerdo a la edad del cultivo, realizan fertilización mediante formulación química, ningún productor aplica abono orgánico, generalmente aplican los fertilizantes de acuerdo a la experiencia del productor, aunque también han realizado análisis de suelos y foliar y aplicado fertilizante en base a los resultados y capacitación recibida al respecto, el 72% de productores asegura haber recibido capacitación técnica de manejo del cultivo.

Además un 92% de los productores, se organizan por medio de la Asociación Agrícola local de Productores de Palma de Aceite de Tenosique y realizan varias actividades en común con la finalidad de conseguir mejores precios en fertilizantes, plaguicidas, herramientas y análisis de laboratorio, la extractora OLEOPALMA ha servido como proveedora de algunos insumos por medio del crédito y el trato se hace con los productores que le han vendido su fruta desde hace años.

Control de malezas. Los métodos de control utilizados son químico 76% de productores y control manual lo usan 80% respectivamente, sin embargo el 56% de productores usan ambos métodos, antes de la siembra se realiza el primer control de malezas y se hace el cajete que consiste en un círculo de 1.5 a 2.0 metros de diámetro alrededor de cada palma. De acuerdo a Sandoval (2011) son necesarias de seis a nueve limpiezas con azadón o machete durante el primer año del cultivo aunque también los productores usan herbicidas, de igual manera es necesario eliminar la maleza entre líneas con el método manual o químico y no se recomienda el empleo de maquinaria para controlar la maleza porque compacta el suelo lo que es perjudicial para el buen desarrollo de las raíces de la palma.

Control de plagas. Sánchez en 1990 reporta que las plagas se han ido extendiendo en América Latina conforme se ha incrementado la superficie y las plagas que se presentan más comúnmente son el picudo negro *Rhynchophorus palmarum* y la rata, causando ambas plagas daños importantes a la plantación, la rata se come la base tierna de la palma y destruye el cogollo, en plantas en etapa de desarrollo, en cambio el picudo causa daños en palmas de cualquier edad, el 64% de productores realiza control de plagas por medios químicos, no se reporta el uso de controles biológicos en Tenosique, aunque los productores señalan que en sus plantaciones no se presentan problemas con plagas y consideran que mantener su parcela libre de malezas previene contra futuras plagas.

Cosecha

La cosecha se realiza todo el año aunque se diferencian dos épocas de producción, mismas que se conocen como temporada alta y la temporada baja que a su vez coinciden con las temporadas de lluvias y de secas respectivamente, la frecuencia de cosecha, el predominante es realizarla cada quince días con un 88% de productores que la realizan pero coinciden que puede variar a 10 días cuando se incremente la cantidad de fruta, aunque el 12% de productores cosechan cada ocho días (Figura 29), los factores que toman en cuenta para estos intervalos de cosecha son la madurez de la fruta y la disponibilidad de los recursos requeridos como son cortadores y transporte para la fruta, al respecto Sandoval (2011), considera que la frecuencia de cosecha se debe asociar con la edad de la palma, material genético utilizado y condiciones climáticas de la región.

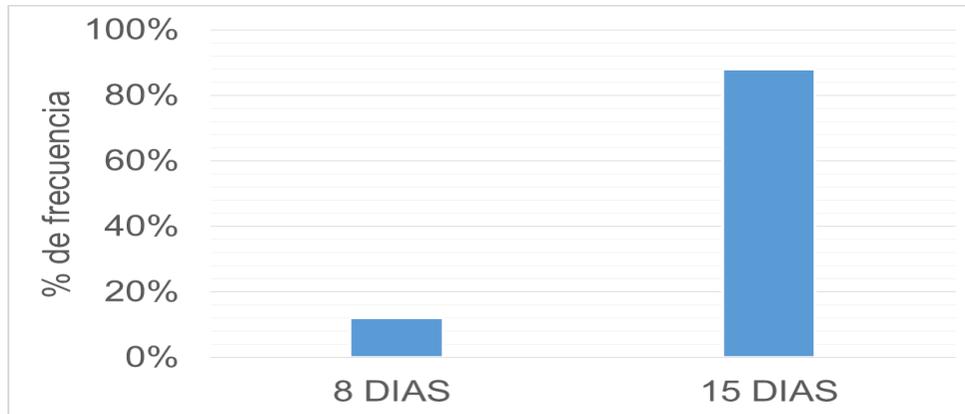


Figura 29 Frecuencia de cosecha en Tenosique, Tabasco.

Al respecto León y colaboradores en 2004 mencionan que la madurez de los racimos así como el tiempo que se dedica a su localización intervienen en la calidad y rendimiento de aceite.

En Tenosique las plantaciones tienen diferentes edades y 68% se encuentran en etapa productiva, aunque hay un 24% de plantaciones que entraron en etapa productiva en 2017 y 12% de plantaciones que aunque son productivas cuentan con una edad mayor a 15 años (Figura 30) y una altura considerable y los cortadores se les dificulta el corte de la fruta por ese motivo los productores comentan que debido a la altura de las palmas ya es difícil realizarlo, aunque el 92% de productores cuentan con las herramientas adecuadas para cosecha y el cuchillo malayo tiene posibilidades de ampliación, los productores consideran ya no les será posible cortar la fruta porque es peligroso y los cortadores no realizarán cortes en estas palmas.

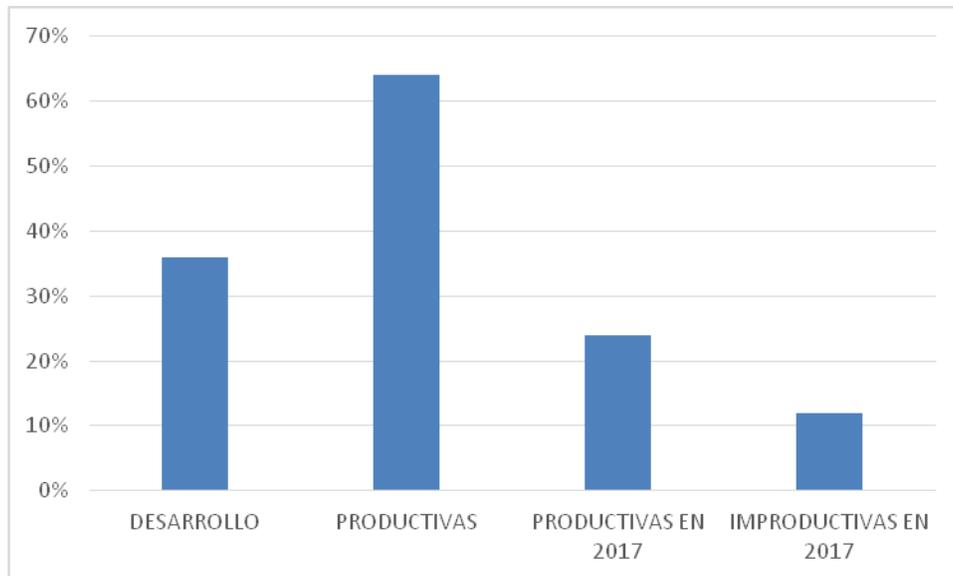


Figura 29. Fases de producción de las palmas africanas en Tenosique en 2016.

En las palmas jóvenes se realiza la castración que consiste en eliminar las inflorescencias masculinas y femeninas además de los primeros racimos, esta labor tiene la finalidad de que la palma aproveche los nutrientes recibidos en su desarrollo y producción de hojas y que los nutrientes no se utilicen en la formación de racimos prematuros y pequeños, la castración la realizan solamente el 16% de productores y utilizan cincel como herramienta de cosecha.

Cuando las palmas comienzan su etapa productiva se efectúa el robo de racimos, que es el corte de los racimos sin realizar corte de las hojas es decir únicamente “robando los racimos”, el 52% de productores efectúan la actividad de robo de racimos, labor que beneficia su plantación al no dañar las hojas a una planta muy joven.

Después de las primeras cosechas es importante revisar las plantas para verificar si son palmas productivas o no y en su defecto eliminar las palmas que no están produciendo pues en ellas se están invirtiendo insumos como fertilizantes y plaguicidas

y no se obtendrá cosecha ni ganancia de palmas improductivas, ningún productor entrevistado realizó la eliminación de palmas improductivas.

Otra labor importante en el manejo de la plantación es la realización de la poda, el 76% de productores realizan la poda que consiste en eliminar hojas amarillas, viejas y secas, eliminar inflorescencias masculinas, racimos olvidados de la cosecha anterior, la poda la realizan al momento de cosechar y 48% utilizan los residuos de cosecha para incorporarlos al suelo, debido a que se logra reincorporar nutrientes con esta práctica (Figura 31).

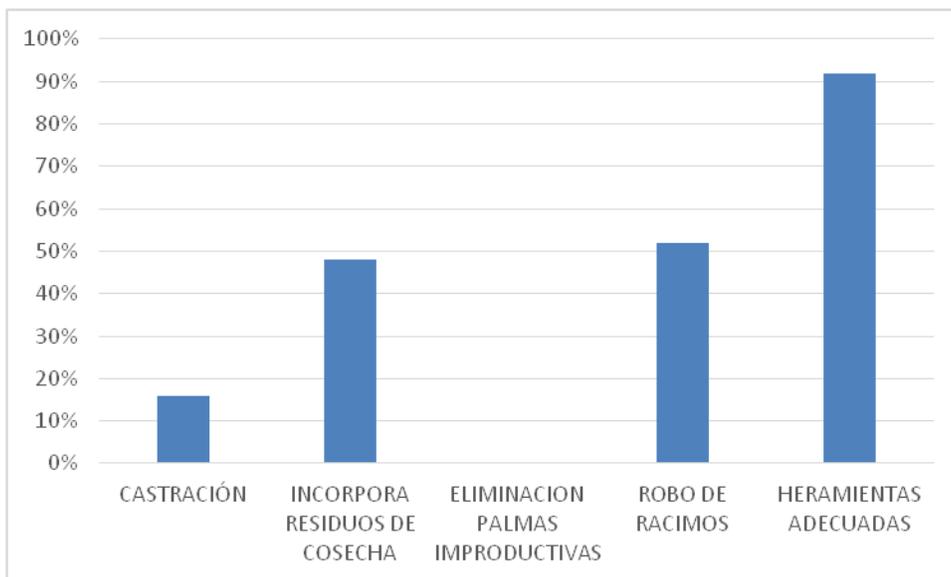


Figura 30. Labores que se realizan en palmas en fase productiva.

Para la cosecha se toman en cuenta los indicadores de cambio de color en frutas con un 80% de productores que efectúan el corte observando el cambio de color y un 68% de productores que efectúan el corte observando el cambio de color y el desprendimiento de una a dos frutas del racimo que se encuentran en el cajete de la palma (Figura 32).

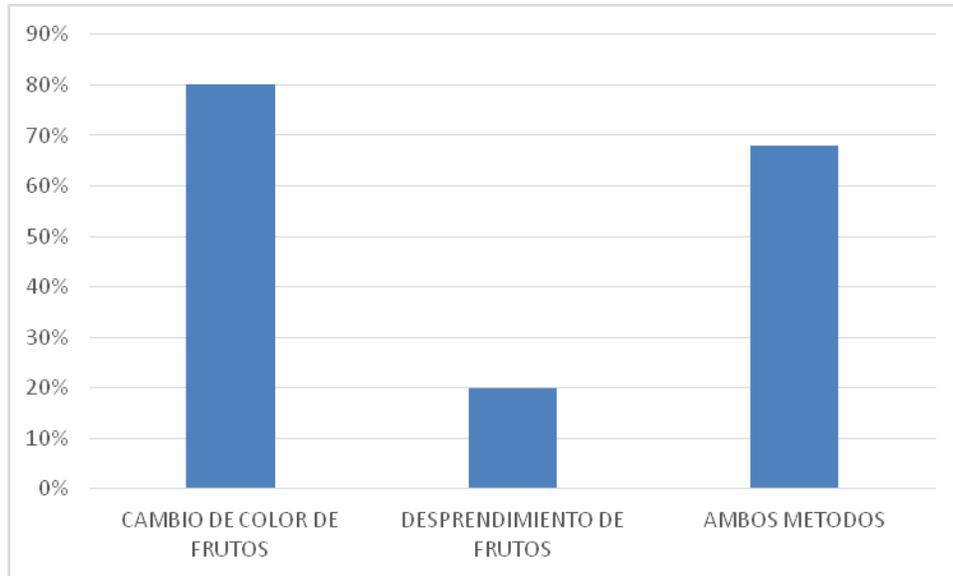


Figura 31. Método usado para decidir el momento del corte de racimos de palma africana.

El 14% de productores cortan fruta inmadura, 72% de madura y el 14% de fruta sobremadura (Figura 33), en la fruta sobremadura ya se han desprendido varios frutos del racimo y por ese motivo deben recoger frutas del suelo, dicha actividad la realizan el 52% de productores, aunado a esta práctica surge el inconveniente de recoger tierra y hojas por tanto la fruta se contamina con impurezas, otra impureza es el pinzote y 56% de productores cortan al ras el pinzote.

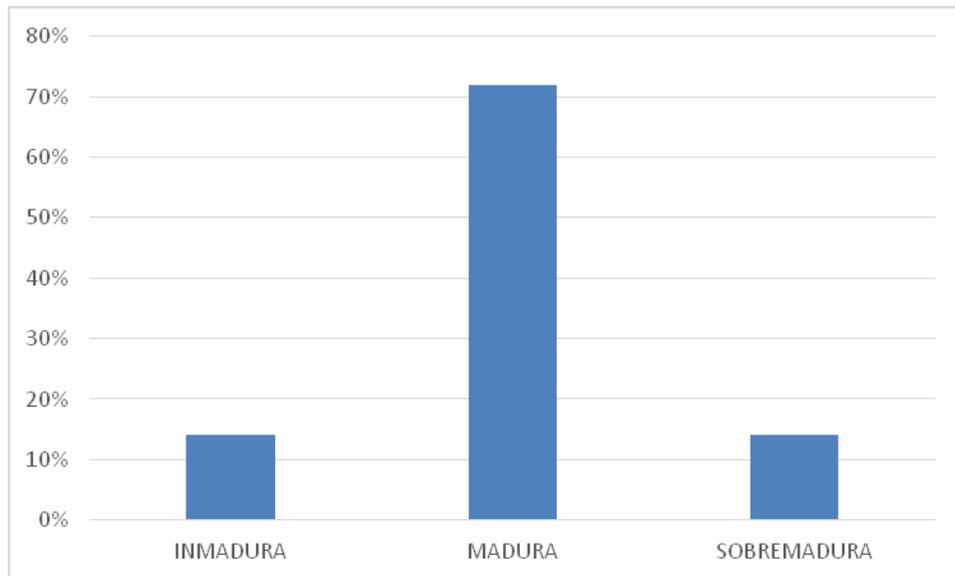


Figura 32. Estado de madurez de racimos de palma africana cosechados en Tenosique, Tabasco.

Rendimiento

En Tenosique los rendimientos por parcela son variados (Figura 34 y Figura 35), pues las plantaciones tienen diferentes edades, en plantaciones jóvenes los rendimientos son bajos aunque se incrementa al crecer la palma, también influye en el rendimiento el clima y condiciones ambientales por lo tanto el rendimiento es variable durante el transcurso del año, al respecto Bastida y colaboradores en 2011; Durán y colaboradores en 2004 mencionan que el punto de madurez óptima está relacionada directamente con el rendimiento de aceite.

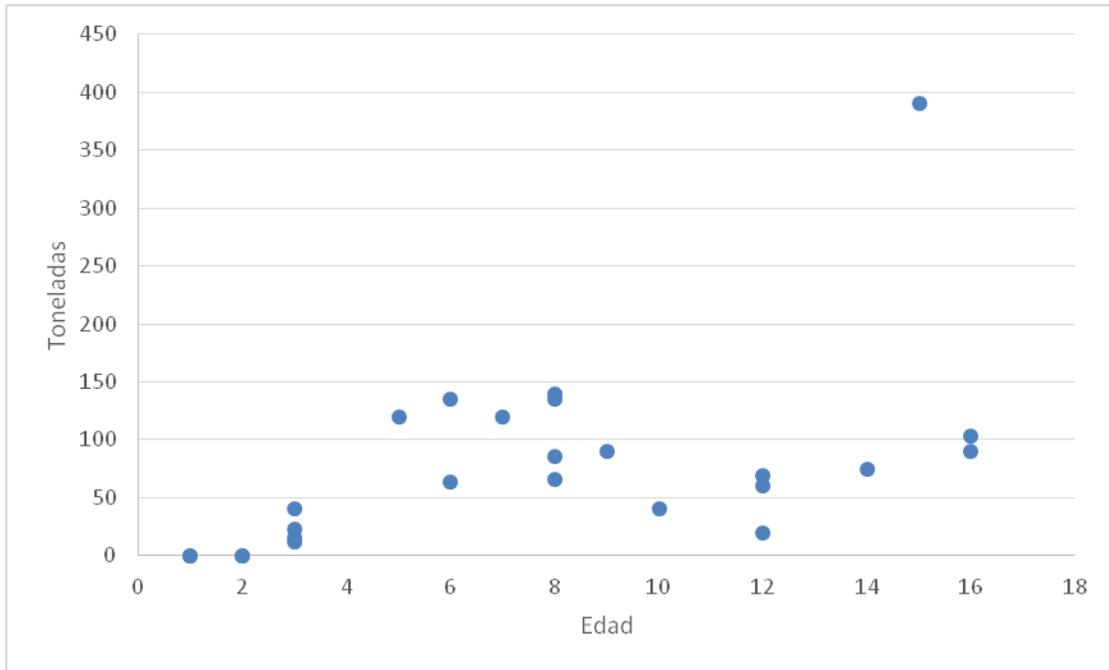


Figura 33. Comportamiento de la producción por edad del cultivo.

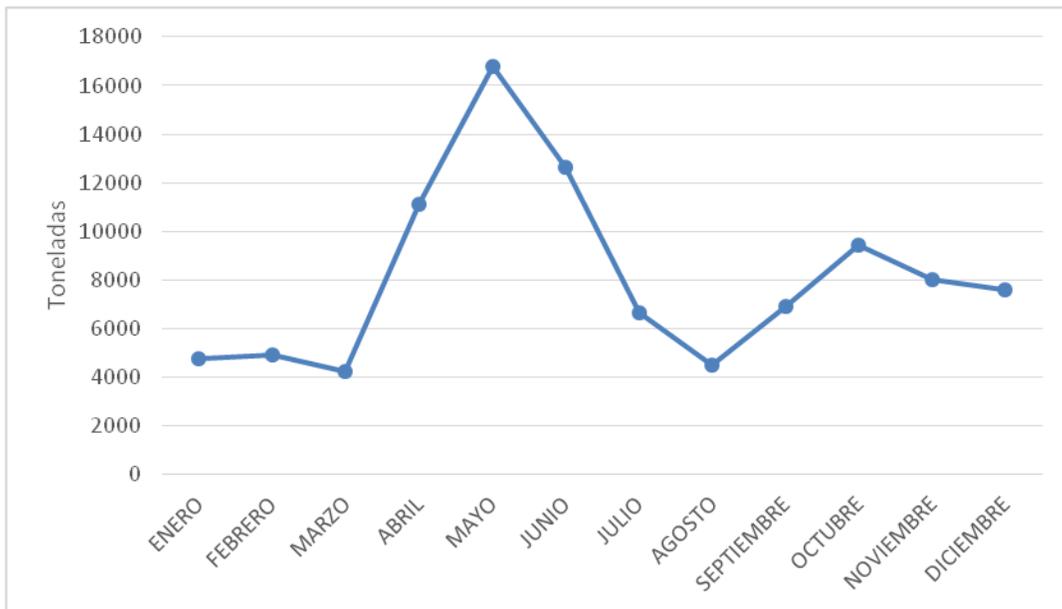


Figura 34. Comportamiento de la producción durante el año.

Transporte

Sandoval (2011) menciona que el transporte de los frutos se debe hacer el mismo día del corte, ya que según Franco (2010) una vez cortados los racimos se inicia el proceso de degradación de los lípidos y conforme aumentan los días de cortados los racimos y no se procesan las frutas se extraerá aceite de calidad inferior pues aumenta la acidez del aceite.

El 84% de los productores no transportan su fruta a la extractora el mismo día de corte pues en el municipio de Tenosique no cuenta con una fábrica extractora de aceite de palma, la fruta es vendida a los centros de acopio de OLEOPALMA Y PALMOSUR ubicados en Tenosique y es por medio de los acopios quienes serán los encargados de transportar la producción al municipio de Palenque donde se ubican las extractoras.

El 64% de los productores realiza una programación de su cosecha de manera comunitaria con otros productores vecinos y también venden su producción a los camiones que recolectan la fruta en sus parcelas, mismos que pertenecen a los centros de acopio y el 36% realiza la venta de manera independiente pues cuentan con transporte particular y ellos mismos llevan su producción a los centros de acopio, el 96% de productores pagan flete para el transporte de su producción a la extractoras de Palenque.

Los centros de acopio realizaran la entrega de la fruta al municipio de Palenque conforme acumulen la cantidad de fruta requerida para llenar la capacidad del camión torton que son de 20 Toneladas de capacidad.

La distancia de las parcelas palmeras a la extractora es variable es de 124 a 176 kilómetros (Cuadro 10).

Cuadro 10. Distancia de las parcelas a la extractora.

PRODUCTOR	DISTANCIA (KILÓMETROS)
1	173
2	166
3	136
4	152
5	172
6	154
7	125
8	146
9	154
10	147
11	136
12	136
13	156
14	128
15	139
16	151
17	158
18	146
19	151
20	136
21	148
22	124
23	126
24	129
25	136

Mercado

El 100 % de la producción no se procesa en Tenosique, por tanto no se le da un valor agregado por parte de los productores del municipio, todos los productores encuestados venden la producción a las extractoras, el 92% le vende a OLEOPALMA, el 4% a PALMOSUR y 4% le vende a ambas fábricas las cuales se ubican en el municipio de Palenque, Chiapas (Figura 36).

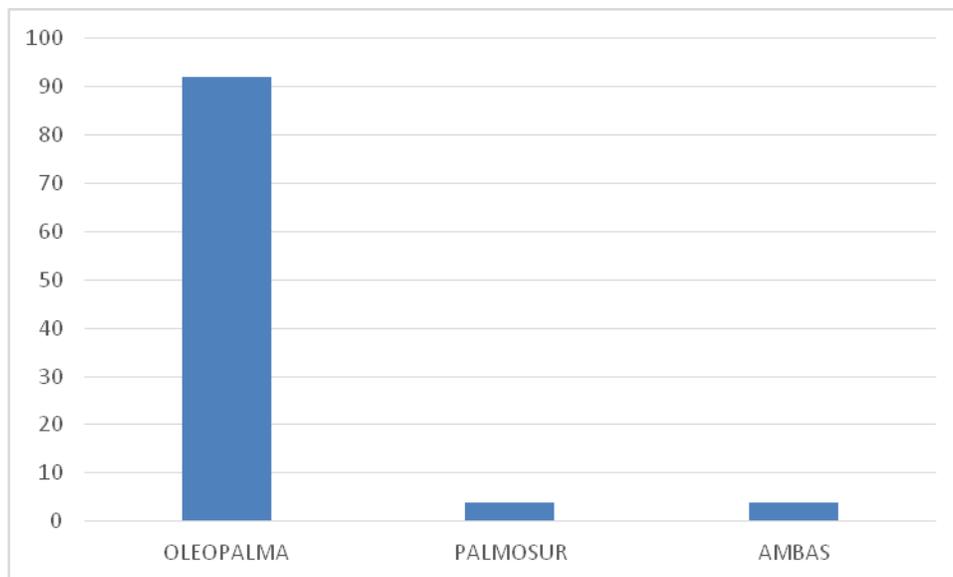


Figura 35. Destino de la producción.

La fruta la entregan a los centros de acopio de las extractoras OLEOPALMA (Figura 37) y PALMOSUR, ambos ubicados en la cabecera municipal, aunque también ambos centros de acopio usan camiones que recolectan la fruta en las comunidades y los camiones son los que transportan la fruta a los centros de acopio y finalmente son los centros de acopio los que venden la producción a las extractoras.

Las dos fábricas que procesan la fruta de palma africana de la región son OLEOPALMA Y PALMOSUR, ambas ubicadas en Palenque, Chiapas.

OLEOPALMA. La planta extractora se ubica en el kilometro 7, carretera Palenque-La Libertad, Palenque, Chiapas, con una capacidad de procesamiento de 20 TRFF (Toneladas de Racimo de Fruta Fresca) por hora, los productos que obtiene son aceite de palma crudo y como subproductos la nuez de palma africana y la fibra que se utiliza para la combustión de las calderas.



Figura 36. Centro de acopio de OLEOPALMA ubicado en Tenosique, Tabasco.

PALMOSUR. La planta extractora se ubica en el Kilómetro 12 carretera Catazaja-Palenque, Chiapas, con una capacidad instalada de 20 TRFF por hora, obtiene aceite de palma crudo.

4.4 CONCLUSIONES

1. Predominio de la variedad Deli X Nigeria, que es una de las variedades que se introdujeron al inicio de las plantaciones en Tabasco, actualmente se ha venido promoviendo la variedad compacta porque la densidad de siembra es mayor y se incrementan las plantas por hectárea.
2. Alto porcentaje de plantaciones viejas, que aunque son productivas pero a la vez de gran altura y se dificulta la cosecha para los cortadores, esto trae como consecuencia que en un tiempo habrá de necesidad de renovación para mantener vigencia de plantaciones productivas.
3. El productor palmero de Tenosique es un productor de edad avanzada, se observa poca participación de los jóvenes.
4. En el estado de Tabasco se ha ido incrementando la superficie plantada cada año.
5. Los productores tienen cultivos intercalados principalmente chile y yuca, aunque son cultivos para su propio consumo.
6. Las fabricas extractoras se han posicionado en la región, OLEOPALMA, PALMOSUR, la principal competencia de fruta es entre estas dos fábricas, pero en el año 2017 inician operaciones las extractoras de UUMBAL y AGROINDUSTRIA OLEICA DE LOS RIOS, por tanto habrá mayor competencia en la demanda de fruta, pues aunque tienen ranchos productivos propios no será suficiente el abasto requerido para la capacidad instalada de sus fábricas, por ello las agroindustrias que ya están operando necesitaran mayor productividad y eficiencia en fabrica.

7. Se necesitara incrementar la superficie plantada y el rendimiento por hectárea, se tratara de ocupar mayor superficie y utilizar paquetes tecnológicos especializados.
8. La mayor parte de la producción se hace fraccionada y en áreas dispersas, por tanto lo ideal sería que en las comunidades halla mas parcelas palmeras para lograr mayor producción en una misma superficie dentro de una misma comunidad.
9. La comercialización del producto se da a través de los centros de acopio y son estos los encargados de llevar la producción a palenque.
10. En Tenosique no se le agrega valor a la producción mediante el procesamiento de la materia prima, no hay una fábrica extractora y por tanto el total de la producción se procesa fuera del municipio.

4.5 LITERATURA CITADA

Bastidas P.S., Betancourt G.C., Preciado Q.C.A., Peña R.E. y Reyes C.R. 2011. Predicción y control de la cosecha en el híbrido interespecífico *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* en la zona palmera occidental de Colombia. II. Determinación del ciclo de cosecha para obtener racimos con alto contenido de aceite. Corpoica Ciencia Tecnología Agropecuaria (2011) 12(1), 13-20

Duran S.Q., Sierra R.G.A., García N.J.A. 2004. Potencial de aceite en racimos de palma de aceite de diferente calidad y su influencia en el potencial y extracción de aceite en la planta de beneficio. Revista Palmas 25 (11) 501-508

Franco B. P.N., 1997. Postcosecha en la palma de aceite. La ruta de la calidad. Revista Palmas 18 (3) 59-67.

Franco B. P. N. 2010. Cosecha del fruto de la palma de aceite. Publicaciones Fedepalma. Bogota Colombia. 60 p

Gutierrez G. N., Serra B. J.A., Clemente M. G., 2009. Identificación de factores críticos para implantar buenas prácticas agrícolas. Revista Ingeniería e Investigación 29 (3) 109-114.

León Q.A. y Granados J.F. 2004. Identificación de palmas con racimos a cosechar: una estrategia para incrementar la productividad de la agroindustria de la palma de aceite. Revista Palmas 25:476-481.

Palma L.D.J., Cisneros D.J, Moreno C.E. y Rincón R.J.A. 2007. Suelos de Tabasco: su uso y manejo sustentable. COLEGIO DE POSTGRADUADOS-ISPROTAB-FUNDACION PRODUCE TABASCO. 214 p

Sánchez P.A. 1990. Enfermedades de la palma de aceite en América Latina. Revista palmas 1 (4) 1-37

Sandoval E.A. 2011. Paquete Tecnológico palma de aceite. Establecimiento y mantenimiento (*Elaeis guineensis* Jacq.)Edit. INIFAP 3-18.

SIAP 2016. Estadísticas. Consultado Mayo de 2017 en <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-cultivo/>

ANEXOS



HOJAS DE COTEJO PARA PRODUCTORES DE PALMA AFRICANA

COLEGIO DE POSTGRADUADOS CAMPUS TABASCO

OBJETIVO: Recabar información con respecto a las condiciones del predio, cultivo y operaciones de cosecha de palma africana, en las comunidades del municipio de Tenosique, Tabasco.

DATOS GENERALES DEL PRODUCTOR:

Fecha _____ Nombre _____ Edad _____ Género _____

Teléfono: _____ Localidad _____ Municipio _____

Asociación a la que pertenece: _____

DATOS DE LA PARCELA DE PALMA AFRICANA:

1. Nombre del predio: _____ Superficie por etapa productiva:

Desarrollo: _____ Productiva: _____

2. Abastecimiento de agua: Sí () No ()

3. Fuente: Río (), Arroyo (), Pozo (), Agujero () Otro: _____

4. Posee sistema de riego: Sí (), No (), ¿Qué tipo?: _____

5. Calidad de la tierra: Buena (), Regular (), Mala ()

6. Textura: Arenoso (), Arcilloso (), Migajón (), pH del suelo _____

7. Topografía del terreno: Planicie (), Lomerío suave () Quebrado ()

8. Variedad sembrada: _____

9. Edad de la plantación: _____

10. Ton cosechadas el año anterior: _____

11. Precio promedio por tonelada vendida el año anterior: _____

12. Distancia de la parcela a la Extractora de aceite: km _____ Tiempo _____

13. Vende su producción a: Oleopalma (), Palmosur: () Ambas ()

MANEJO DEL CULTIVO Y OPERACIONES DE COSECHA

LABOR

Establecimiento		SI	NO
14	Las plántulas tienen características normales ideales para la siembra	1	2
15	Prepara el terreno para la siembra	1	2
16	Siembra: La plantación se hizo en base a diseño (9.0 m X 7.80 m)	1	2
17	Aplica fertilizante de fondo	1	2
Nutrición		SI	NO
18	Aplica fertilizante de acuerdo a la edad del cultivo	1	2
19	Aplica fertilizante granulado	1	2
20	Aplica abono orgánico	1	NO
Sanidad		SI	NO
21	Realiza el cajeteo	1	2
22	Realiza control químico de malezas	1	2
23	Realiza control manual de malezas	1	2
24	Realiza control de plagas y enfermedades	1	2
25	Efectúa podas sanitarias	1	2
Manejo de la plantación		SI	NO
26	Tiene cultivos intercalados	1	2
27	Recibe capacitación en el manejo del cultivo	1	2
Manejo sostenible de los recursos		SI	NO
28	Realiza incorporación de los residuos de cosecha (hoja, raque)	1	2
29	Recolecta envases de agroquímicos para su depósito y/o posterior destrucción	1	2
30	Efectúa control biológico de plagas y enfermedades	1	2
Cosecha		SI	NO
31	Efectúa la castración (eliminación de inflorescencias femeninas, masculinas y racimos pequeños en palmas en desarrollo)	1	2
32	Efectúa el "robo de racimos" (cosecha de racimos sin eliminar hojas)	1	2
33	Efectúa la cosecha considerando el desprendimiento natural de los frutos	1	2
34	Considera el cambio de color de los frutos como criterio de cosecha	1	2
35	Corta fruta inmadura	1	2
36	Corta fruta madura	1	2
37	Corta fruta sobremadura	1	2
38	Corta al ras los pinzotes	1	2

39	Recolecta frutos desgranados	1	2
40	Contamina los frutos con impurezas (lodo, piedras, arena)	1	2
41	Utiliza herramienta adecuada para efectuar la cosecha (cuchillo malayo, dintel)	1	2
42	La frecuencia de los ciclos de cosecha es cada 8 días	1	2
43	La frecuencia de los ciclos de cosecha es cada 15 días	1	2
44	Elimina las palmas que no han producido fruta en todo el año	1	2
45	Transporta los racimos cortados al acopio o extractora el mismo día de la cosecha	1	2
46	Le han pagado menor precio la tonelada de fruta por "mala calidad"	1	2
47	Paga flete	1	2
Valor agregado		SI	NO
48	Le da algún valor agregado a su producto (aceite, jabón, ácidos grasos, otros)	1	2
Organización		SI	NO
49	El transporte de los racimos lo realiza por medio del transporte comunitario con otros productores de la zona	1	2
50	Realiza la programación de la cosecha con otros productores	1	2

NOMBRE Y FIRMA DEL ENTREVISTADOR

NOMBRE Y FIRMA DEL PRODUCTOR