

**CUANTIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS EN COSECHA Y POST-COSECHA DEL
FRUTO FRESCO DE PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis* Jacq), EN LA
PLANTACIÓN PALMAS DE TUMACO S.A., MUNICIPIO DE TUMACO,
DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

GUSTAVO ADOLFO ROSERO ESTUPIÑÁN

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA INGENIERÍA AGRONÓMICA
SAN JUAN DE PASTO
2007**

**CUANTIFICACIÓN DE LAS PÉRDIDAS EN COSECHA Y POST-COSECHA DEL
FRUTO FRESCO DE PALMA DE ACEITE (*Elaeis guineensis* Jacq), EN LA
PLANTACIÓN PALMAS DE TUMACO S.A., MUNICIPIO DE TUMACO,
DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

GUSTAVO ADOLFO ROSERO ESTUPIÑÁN

**Trabajo presentado como requisito para optar el título de Ingeniero
Agrónomo**

Presidente

FERNANDO RODRIGUEZ I.A. MSc

Copresidente

CARLOS RIVADENEIRA MIRANDA I.A. MBA

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS
PROGRAMA INGENIERÍA AGRONÓMICA
SAN JUAN DE PASTO
2007**

Nota de aceptación

Francisco Torres Martínez
Firma del Presidente del jurado

Oscar Arango Bedoya
Firma del Jurado

Álvaro Moncayo Moncayo
Firma del Jurado

San Juan de Pasto, Junio de 2007

“Las conclusiones aportadas en la tesis de grado son responsabilidad exclusiva del autor”

“Artículo 1 del acuerdo No 324 de Octubre 11 de 1966 emanado del honorable concejo directivo de la Universidad de Nariño

DEDICATORIA

A DIOS TODO PODEROSO CREADOR DE TODO LO MARAVILLOSO DE ESTA VIDA QUE ME HA PERMITIDO SER PARTE DE ELLA.

A MIS PADRES LUIS Y MARIANA POR EL AMOR QUE ME HAN BRINDADO, SU RESPALDO INCONDICIONAL, POR HABER CREÍDO EN MI Y REGALARME LA HERENCIA MAS VALIOSA PARA MI FUTURO LA DE SER UN PROFESIONAL.

A MIS HERMANOS A QUIENES QUIERO MUCHO SANDRA, JOHANA Y JHON POR ESTAR SIEMPRE CONMIGO Y APOYARME EN TODO MOMENTO.

A MIS SOBRINOS BRAYAN, Y KAREN QUIENES HAN SIDO FUENTE DE INSPIRACIÓN DE MIS METAS A QUIENES ADORO CON TODA MI ALMA Y CORAZÓN.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS QUE PARTICIPARON Y COLABORARON DE ALGUNA MANERA EN EL DESARROLLO Y CULMINACIÓN DE ESTE PROYECTO.

GUSTAVO ADOLFO

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos.

A la Universidad de Nariño.

Al programa de Ingeniería Agronómica.

A los profesores Carlos Rivadeneira, Francisco Torres, Álvaro Moncayo y Oscar Arango, por la aceptación de este trabajo y por sus aportes.

A la Empresa PALMAS DE TUMACO S.A.

Al Doctor Fernando Rodríguez, Subgerente de la Empresa PALMAS DE TUMACO S.A., al Ingeniero Álvaro Martínez, Superintendente de la plantación a todo el personal que hace parte de esta Institución.

GLOSARIO

ANÁLISIS MULTIVARIADO: es un método estadístico que está orientado a analizar datos multidimensionales de grandes tablas de datos, se basa en técnicas factoriales, que tienen como fundamento el álgebra lineal descomponiendo la matriz de datos mediante sus valores propios, además desarrolla técnicas de clasificación de los individuos en grupos que tienen una característica común, permite confrontar numerosas informaciones y reducir su dimensionalidad, permitiendo extraer las tendencias más destacadas y eliminar los efectos marginales.

ÁCIDOS GRASOS: son un grupo de compuestos químicos caracterizados por poseer una cadena hecha de carbono e hidrógeno y que posee un grupo de ácido carboxílico (COOH) en un extremo de la molécula.

ÁCIDOS GRASOS LIBRES: son aquellos ácidos que no se encuentran unidos a otros compuestos, es decir tienen un grupo ácido pero no están unidos por un alcohol

ALOGAMA: se dice de la planta que puede tener flores masculinas y femeninas en un mismo individuo y tiene polinización cruzada.

ANTESIS: apertura de la flor, quedando dispuesta a liberar polen si es masculina, o a ser polinizada si es femenina.

CAROTENOS: cada uno de los hidrocarburos no saturados de origen vegetal de color rojo, anaranjado o amarillo, se encuentra en el tomate, la zanahoria, la yema del huevo y en los animales se transforma en vitamina A.

ENDOCARPIO: llamado cuesco, es la estructura dura que cubre la almendra o endospermo y cotiledón, el conjunto endocarpio, endospermo y embrión. Se llama también nuez o semilla.

EXOCARPIO: capa externa o piel de los frutos.

FRUTOS PARTENOCARPICOS: aquellos que se desarrollan en el racimo sin haber sido polinizados.

INFLORESCENCIA: orden o forma con que aparecen colocadas las flores al brotar de las plantas, pueden tener forma de umbela, espiga, racimo o ramillete.

INGRESO: es la cantidad de dinero adquirida luego de realizar un movimiento económico de venta de un producto o servicio, este puede ser neto o bruto.

MONÓICAS: se dice de las plántulas que tienen flores masculinas y femeninas separadas y diferenciadas, aunque en una misma planta.

MESOCARPIO: parte carnosa del fruto en donde se encuentra la mayor cantidad de aceite.

PEDÚNCULO: el eje o soporte que une las inflorescencias con las axilas de las hojas y donde se originan.

RAQUIS: son las estructuras que soportan las inflorescencias, los foliolos y las espiguillas.

UTILIDAD: es la ganancia que se logra en todo proceso productivo ya sea en dinero o en especie.

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la Empresa Palmas de Tumaco S.A., ubicada en la zona sur del Departamento de Nariño; al margen izquierdo del río Mira, ubicado a 40 kilómetros del Municipio de Tumaco.

Teniendo en cuenta que esta plantación productora de aceite de palma ha presentado una disminución en la tasa de extracción del mismo y buscando métodos que colaboren con el control de calidad que en ella se maneja, se propuso cuantificar las pérdidas ocasionadas en cosecha y post-cosecha por los diferentes defectos presentes.

Tanto en cosecha como en post-cosecha se obtuvieron valores variables significativos en cada uno de los lotes y zonas evaluadas que conforman la plantación que afectan considerablemente la productividad de esta empresa agroindustrial.

En cosecha y post-cosecha se evaluaron 11 y 15 variables respectivamente y se les realizó un análisis de componentes principales (ACP) en el programa Spad 3.5; este análisis, permitió establecer en cosecha la conformación de dos factores importantes que permitieron explicar la mayor variabilidad de este estudio y estuvo conformado por la mayoría de las variables (defectos), así como la edad y el número de palmas que conforman los diferentes lotes y zonas. Para la post-cosecha admitió la conformación de cuatro factores en donde participaron la mayoría de las variables estudiadas que explicaron de igual forma la totalidad de variabilidad.

Por otro lado organizó las dos fases anteriormente mencionadas en tres grupos de lotes para cosecha y cuatro para post-cosecha en un dendograma donde se establecieron las diferencias o igualdades intragrupalas, colaborando en el análisis y estudio de la cuantificación de pérdidas así como en la toma de decisiones y conclusiones de la investigación en estudio.

ABSTRACT

The present investigation was carried out in the Palms of Tumaco S.A., Company located in the south area of the Nariño Department to the left margin of the Mira river located to 40 kilometres of the municipality of Tumaco.

Keeping in mind that this plantation producer of palm oil has presented a decrease in the rate of extraction of the same one and looking for methods that collaborate with the control of quality that is managed in its, intended to quantify the lost ones caused in harvest and post-harvest by the different defects present.

As much in harvest as in post-harvest variable and significant values were obtained in each one of the lots and evaluated areas that they conform the plantation that affect the productivity of this agroindustry company considerably.

In harvest and post-harvest, 11 and 15 variables were evaluated respectively and they were carried out an analysis of main components (ACP) in the program Spad 3.5; this analysis allowed to settle down in crop the conformation of two important factors that allowed to explain the biggest variability in this study and it was conformed by most of the variables (defects) as well as the age and the number of palms that conform the different lots and areas. For the post-crop it admitted the conformation of four factors where you/they participated most of the studied variables that they explained of some it forms the entirety of variability.

Of equal it forms it organized the two phases previously mentioned in three groups of lots for crop and 4 for post-crop in a dendograma where the differences or equalities intragroup settled down, collaborating in the analysis and study of the quantification of losses as well as in the taking of decisions and conclusions of the investigation in study.

TABLA DE CONTENIDO

| | Pág. |
|---|------|
| INTRODUCCIÓN | |
| Objetivo general | 18 |
| Objetivos específicos | 18 |
| 1. MARCO TEÓRICO | 20 |
| 1.1 GENERALIDADES DE LA COSECHA Y LA POST-COSECHA | 20 |
| 1.2 MORFOLOGÍA Y DESARROLLO DE RACIMOS Y FRUTOS | 21 |
| 1.2.1 Tipos y formas de frutos | 22 |
| 1.3 PROCESO DE MADURACIÓN | 25 |
| 1.4 FORMACIÓN Y COMPOSICIÓN DEL ACEITE EN EL FRUTO | 26 |
| 1.4.1 En la almendra | 26 |
| 1.4.2 En el mesocarpio | 27 |
| 1.5 NORMAS Y CICLOS DE COSECHA | 27 |
| 1.6 FACTORES QUE AFECTAN LOS ÁCIDOS GRASOS LIBRES (AGL) Y LA TASA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE | 29 |
| 1.6.1 Pérdidas de aceite | 30 |
| 1.7 LA CALIDAD DEL ACEITE DE PALMA | 31 |
| 1.8 PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE | 32 |
| 1.8.1 Recepción y esterilización | 32 |
| 1.8.2 Desfrutación | 33 |
| 1.8.3 Digestión | 33 |
| 1.8.4 Extracción | 33 |

| | |
|--|----|
| 1.8.5 Clarificación | 33 |
| 1.9 ANÁLISIS MULTIVARIADO | 33 |
| 1.9.1 Análisis de componentes principales (ACP) | 34 |
| 1.9.2 Análisis de agrupamiento (cluster) | 35 |
| 2. DISEÑO METODOLÓGICO | 37 |
| 2.1 LOCALIZACIÓN | 37 |
| 2.2 ÁREA EXPERIMENTAL | 38 |
| 2.3 CRITERIO DE MUESTREO | 38 |
| 2.3.1 Muestreos en cosecha | 38 |
| 2.3.1.1 Criterios de cosecha | 39 |
| 2.3.2 Muestreos post-cosecha | 40 |
| 2.3.2.1 Criterios de post-cosecha | 40 |
| 2.4 VARIABLES A EVALUAR | 41 |
| 2.4.1 Cuantificación de defectos en cosecha | 41 |
| 2.4.2 Cuantificación de pérdidas en post-cosecha | 43 |
| 2.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO | 45 |
| 2.5.1 Cosecha | 45 |
| 2.5.2 Post-cosecha | 45 |
| 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 46 |
| 3.1 CUANTIFICACIÓN DE DEFECTOS EN COSECHA | 46 |
| 3.2 CUANTIFICACIÓN DE PERDIDAS POST-COSECHA | 51 |
| 3.3 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES | 55 |
| 3.3.1 Factor uno | 57 |
| 3.3.2 Factor dos | 59 |

| | |
|--|----|
| 3.4 CLASIFICACIÓN JERÁRQUICA EN COSECHA | 60 |
| 3.4.1 Clase uno | 60 |
| 3.4.2 Clase dos | 63 |
| 3.4.3 Clase tres | 64 |
| 3.5 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES POST-COSECHA | 66 |
| 3.5.1 Factor uno | 67 |
| 3.5.2 Factor dos | 70 |
| 3.5.3 Factor tres | 70 |
| 3.5.4 Factor cuatro | 70 |
| 3.6 CLASIFICACIÓN JERÁRQUICA EN POST-COSECHA | 71 |
| 3.6.1 Clase uno | 71 |
| 3.6.2 Clase dos | 72 |
| 3.6.3 Clase tres | 75 |
| 3.6.4 Clase cuatro | 76 |
| 4. ANALISIS ECONÓMICO | 77 |
| 5. ASPECTO SOCIAL | 78 |
| 6. CONCLUSIONES | 79 |
| RECOMENDACIONES | 80 |
| BIBLIOGRAFÍA | 81 |
| ANEXOS | 84 |

LISTA DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 1. Localización de la Plantación Palmas de Tumaco. | 37 |
| Figura 2. Racimos sobremaduros encontrados en los muestreos en cosecha. | 46 |
| Figura.3. Racimos verdes de frutos nigrescens y virescens en palma. | 49 |
| Figura.4. Racimos con pedúnculo largo encontrados en los muestreos en cosecha. | 50 |
| Figura 5. Fruto suelto en plato y recogido posteriormente. | 53 |
| Figura 6. Diagrama de representación de las variables de cosecha en los dos primeros componentes. | 59 |
| Figura 7. Cosecha de racimo maduro en palma joven | 60 |
| Figura 8. Palma adulta de gran altura. | 61 |
| Figura 9. Clasificación jerárquica en cosecha de la Plantación en tres clases. | 65 |
| Figura 10. Diagrama de representación de las variables de post-cosecha en los dos primeros componentes. | 69 |
| Figura 11. Clasificación jerárquica en post-cosecha de la Plantación en cuatro clases. | 74 |

LISTA DE ANEXOS

| | Pág. |
|--|------|
| Anexo A. Distribución de la plantación por zonas con sus lotes y respectivo número de palmas | 85 |
| Anexo B. Tabla de resultados cosecha. | 86 |
| Anexo C. Tabla de resultados post-cosecha | 93 |

LISTA DE CUADROS

| | Pág. |
|---|------|
| Cuadro 1. Descripción resumida de la Plantación en las tres zonas con sus lotes y número de palmas. | 38 |
| Cuadro 2. Explicación de la cuantificación de los defectos encontrados en uno de los lotes muestreados en cosecha. | 42 |
| Cuadro 3. Explicación de las pérdidas encontradas en uno de los lotes muestreados en post-cosecha. | 44 |
| Cuadro 4. Cuantificación de defectos en cosecha de la plantación Palmas de Tumaco S.A., en el primer semestre del año 2005. | 47 |
| Cuadro 5. Pérdidas en kilogramos de aceite crudo y pesos causadas por racimos verdes y racimos con pedúnculo largo en cosecha de la plantación Palmas de Tumaco S.A., en el primer semestre del año 2005. | 50 |
| Cuadro 6. Cuantificación de pérdidas en post-cosecha en la plantación Palmas de Tumaco S.A., en el primer semestre del año 2005.. | 52 |
| Cuadro 7. Pérdidas totales en kilogramos de fruto fresco, aceite crudo y en pesos en post-cosecha en la plantación en el primer semestre del año 2005. | 54 |
| Cuadro 8. Resumen de la cantidad de racimos y lotes muestreados en cosecha. | 55 |
| Cuadro 9. Coeficientes de correlación entre las variables estudiadas en cosecha. | 56 |
| Cuadro 10. Histograma de los valores propios explicando la variabilidad de los datos obtenidos en cosecha. | 57 |
| Cuadro 11. Coordenadas de las variables sobre los ejes uno a cinco de las variables activas en cosecha. | 58 |
| Cuadro 12. Descripción de las clases conformadas en cosecha. | 62 |
| Cuadro 13. Resumen de los lotes muestreados en post-cosecha. | 66 |
| Cuadro 14. Coeficientes de correlación entre las variables estudiadas en Post-cosecha. | 67 |
| Cuadro 15. Histograma de los valores propios explicando la variabilidad de los datos obtenidos en post-cosecha. | 68 |
| Cuadro 16. Coordenadas de las variables sobre los ejes uno a cinco de las variables activas en post-cosecha.. | 69 |
| Cuadro 17. Descripción de la caracterización de la plantación en cuatro clases. | 73 |

INTRODUCCIÓN

La palma de aceite (*Elaeis guineensis Jacq*), es una especie perenne utilizada para la producción industrial de aceite y grasas en todo el mundo por ser de todas las plantas oleaginosas la de mayor rendimiento.

La producción mundial de aceite de palma en el año 2002 fue de 25.1 millones de toneladas; aumentando su producción en los últimos cinco años en un 42% con respecto a los demás aceites y grasas. El hemisferio americano produjo 1,4 millones de toneladas de aceite de palma en 2002, el cual fue aportado principalmente por Colombia (37,7%)¹.

Colombia obtuvo una producción de fruto fresco bruto en el año 2000 de 2.465.440 toneladas cuyo dato para el año 2004 es de 2.579.459 toneladas, el 13.3% es decir 3.106.526 toneladas son aportadas por la Zona occidental².

Respecto a la extracción de aceite el país pasó de 524.001 toneladas en el año 2000 a 630.388 toneladas para el 2004. La zona occidental actualmente aporta el 13.2% de esta producción³.

El área total sembrada de palma en el país ha tenido un aumento significativo, ya que en el año 2000 era de 157.328 has y en el año 2004 pasó a un total de 243.037 hectáreas; en la actualidad las 157.328 hectáreas están en plena producción, la zona palmera occidental representaba el 13.5% del área en producción del año 2000. Actualmente la zona occidental aporta el 13.7% es decir, 21.602 hectáreas en producción siendo 28.200 hectáreas totales sembradas⁴.

La mayoría de las plantaciones productoras de aceite de palma, han venido presentando una disminución en la tasa de extracción de aceite. Henson, 1998 citado por Henson, 2001“Afirma que en Colombia varias plantaciones también han reportado disminuciones en las tasas de extracción de aceite, evidenciando que hay una multiplicidad de factores que la afectan, trayendo como consecuencia

¹ Aceites y grasas. [en línea]. Agrocadenas.2004 [citado 15 jun.,2005]Disponible en Internet: <URL: [http://www.agrocadenas.com/aceites y grasas.htm](http://www.agrocadenas.com/aceites_y_grasas.htm)>

² ANUARIO ESTADÍSTICO 2005. LA Agroindustria de la Palma de aceite en Colombia y en mundo 2000-2004. Fedepalma. 122p.

³ Ibid., p.33.

⁴ Ibid., p.39.

dificultad en la solución del problema, debido a las diversas labores que se involucran en la producción de aceite de palma entre las cuales se presenta la etapa de producción de racimos de fruta fresca, teniendo como resultado una dificultad en determinar si la escasez de la producción de aceite es debido al bajo contenido inicial de aceite en los racimos o pérdidas dadas en la cosecha y post cosecha”⁵.

Teniendo en cuenta que las pérdidas de cosecha y poscosecha en campo varían de una plantación a otra de acuerdo a su ubicación geográfica, área, edad y material sembrado, las políticas de administración de cada empresa, cultura y criterios de cosecha, se hizo necesario cuantificar las pérdidas de fruto fresco bruto y determinar la cantidad de defectos y/o factores que afectan su calidad y su extracción.⁶

Al analizar la eficiencia en el manejo de la producción, es importante reconocer que esta solamente es posible si el manejo general de la plantación es eficiente, a su vez, el manejo eficiente de la producción de campo solamente tiene sentido si la cosecha se procesa en forma eficiente. Así mismo, es importante aceptar que aunque el manejo eficiente de supervisores y trabajadores es de vital importancia el 50% o más de los costos relacionados con las principales labores de campo se dedica a los materiales y equipos y no a la mano de obra. (Fleming, 1991).⁷

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente trabajo se realizó en cumplimiento de los siguientes objetivos:

Objetivo general

Cuantificar las perdidas en cosecha y post-cosecha en la plantación PALMAS DE TUMACO, S.A.

Objetivos específicos

- Cuantificar los defectos en cosecha y pérdidas en post-cosecha en la Plantación
- Caracterizar las áreas en estudio para clasificarlas de acuerdo a los datos recogidos.

⁵ HENSON, I. Marco analítico para identificar los factores que determinan las tasa de extracción de aceite. Palmas (Colombia) 22(3):29-37. 2001.

⁶ ENTREVISTA con Personal Administrativo de La Plantación Palmas de Tumaco S.A.

⁷ FLEMING, T. Eficiencia en el manejo de la producción. Palmas (Colombia) 12:39-46. 1991.

- Determinar que factores y/o defectos y en que porcentaje afectan la cantidad y calidad del fruto fresco bruto como también de aceite.
- Formular recomendaciones y estrategias útiles, tomando medidas correctivas que colaboren a la empresa a obtener menores pérdidas en los procesos de corte y recolección de fruto.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 GENERALIDADES DE LA COSECHA Y LA POST-COSECHA

La cosecha de los racimos, es una labor culminante del proceso productivo. Durante la misma se recogen convertidos en frutos, todos los esfuerzos y cuidados invertidos en los últimos años.⁸

La cosecha: está definida en el diccionario como la recolección de los frutos de la tierra, sin embargo, es usual que ampliemos su acepción a todas las etapas que conlleva el desarrollo de la misma. No es extraño, por lo tanto, que se diga: ciclo de corte y ciclo de cosecha, criterio de corte y criterio de cosecha, iniciación de corte e inicio de cosecha, normas de cosecha y normas de maduración.

BELTRAN⁹, dice que a pesar de todo, es cierto que en el proceso de la cosecha se obtiene el resultado de todos los esfuerzos que se hicieron a través de las labores técnicas y administrativas de la empresa; sin dejar de un lado la influencia marcada que ejerce el potencial productivo de cada material plantado y el ambiente mismo en que se desarrolla el cultivo.

Generalmente a la cosecha se la identifica con eventos de:

- a. Corte de fruta
- b. Recolección de la fruta suelta y racimos.
- c. Control de calidad.
- d. Evacuación de la fruta del campo a puestos de acopio¹⁰.

Sin embargo, la cosecha como proceso puede identificarse principalmente con el corte y recolección de fruta, mientras que los puntos c y d, se refieren al manejo de esa cosecha, lo cual, para nuestro tema de análisis llamaremos “post-cosecha”.

Como lo indica su nombre, “post-cosecha” es un proceso posterior a la cosecha de una fruta o producto de un cultivo, que en nuestro caso hace referencia al manejo dado a los racimos de fruta fresca y pepas desgranadas del cultivo de la palma de aceite.

⁸ BERNAL, N. El cultivo de la palma de aceite y su beneficio, guía general para el palmicultor, Multi-impresos Ltda. Fedepalma y Cenipalma. Bogotá. Colombia, 2003. 186p

⁹ BELTRAN, C. Influencia del procesamiento sobre la calidad final del aceite. Palmas (Colombia) 12:102-107. 1991.

¹⁰. *Ibíd.*, p. 23.

La post-cosecha se desarrolla como proceso en varias etapas que son: recolección de la fruta, evacuación de la fruta a sitios de acopio, cargue de fruta a los equipos, evacuación de fruta dentro del lote a acopios” evacuación de fruta dentro del lote a los acopios”.¹¹

Esta labor se realiza con una gran variedad de equipos: canastillas cargadas al hombro del cosechero, carretillas impulsadas por cosecheros, mallas impulsadas por el cosechero, por medio de cajones cargadas en los lomos de burros o búfalos.¹²

HARTLEY,¹³ afirma que la cuestión de cuando iniciar a cosechar, siempre ha sido debatida, la cosecha se efectuara con el objeto de obtener la cantidad máxima de aceite de palma de una calidad que juzgada por el contenido de ácidos grasos libres sea aceptado por el consumidor, los frutos aún no maduros contienen menos aceite que los maduros, los frutos sobremaduros proporcionan aceite con un contenido más alto de ácidos grasos libres (Agl).

La maduración en el racimo es desigual, generalmente acelerada con la época de lluvias, los racimos maduran generalmente alrededor del quinto mes y medio al sexto mes después de la polinización.

La maduración; este periodo puede variar en respuesta a las condiciones climáticas, los racimos pequeños pueden madurar por completo en 11 días mientras que los racimos grandes de las palmas de la misma edad pueden tomar hasta 20 días para madurar; los racimos del mismo peso requieren más tiempo para madurar en las palmas más viejas que en las jóvenes.¹⁴

En la palma de aceite no existe un patrón definido que determine una óptima cosecha, además los indicadores visuales existentes son subjetivos y dependen de la habilidad del operario.¹⁵

1.2 MORFOLOGÍA Y DESARROLLO DE RACIMOS Y FRUTOS.

Es evidente que la palma de aceite es una planta muy variable y por esto no es sorprendente que el fruto varíe tanto como cualquier otro órgano.

¹¹ Ibid.

¹² FLEMING, T, Op cit., p.39.

¹³ HARTLEY, C. La palma de aceite. México, Continental S.A. 1983. 985p

¹⁴ Ibid., p. 250.

¹⁵ Ibid., p. 362.

El racimo de frutos puede alcanzar de 50 a 70 cm de largo 40 a 45 cm de ancho, está constituido por frutos externos e internos siendo los últimos más aplanados con algunos pequeños frutos infértiles denominados partenocárpicos, el peso como el tamaño están en función de la edad de la palma , en los inicios de la cosecha por lo general son pequeños con un peso promedio de cinco a siete Kg , llegando en la edad adulta a un máximo de 50 Kg; los racimos bien desarrollados llevan de 4000 a 6000 frutos.¹⁶

Según HENSON,¹⁷ el promedio del peso de racimo varía con el genotipo y el ambiente y su incremento es constante en el tiempo con la edad de la palma.

El proceso de formación del fruto se inicia cuando aparece la hoja, ya que ésta y la inflorescencia que alberga en su axila inician su desarrollo al mismo tiempo; la inflorescencia tarda alrededor de 24 meses para llegar junto con la hoja al estado de lanza central, 33 meses para la apertura de la flor (antesis) y 39 meses para la maduración del fruto.¹⁸

1.2.1 Tipos y formas del fruto. En la apariencia externa el fruto varía casi considerablemente en especial al madurar, hay una variación fundamental debida a la ausencia o presencia de carotenos, el tipo más común de fruto presenta un color violeta oscuro a negro en el ápice e incoloro en la base antes de madurar, este fruto se ha descrito como ordinario o *nigrescens*, en el que a su vez es de tipo *rubro nigrescens* caracterizado por ser de un color anaranjado indio uniforme hasta la base y en *rutilo nigrescens* por tener el ápice negro con un tinte parduzco en los bordes casi hasta la mitad del fruto.¹⁹

El fruto *albescens* caracterizado por la presencia de pocas cantidades de caroteno en el mesocarpio, que puede ser de tipo *nigrescens o del virescens* cuya diferencia se encuentra solo en el ápice del fruto el primero con un color pardo oscuro a negro y el del último verde, el resto del fruto es de color marfil y al madurar amarillo pálido.²⁰

Hay variaciones en el contenido de caroteno en el mesocarpio y es posible que esto esté relacionado con el color del fruto, en Nigeria se han encontrado cantidades de caroteno de las palmas de las plantaciones que varían de 200 a

¹⁶ HARTLEY, C y BERNAL, Op. cit.

¹⁷ HENSON, Op. cit.

¹⁸ SANJINES, citado por Chilító y Narváez, Op cit.

¹⁹ HARTLEY, Op. cit., p. 363.

²⁰ HARTLEY C, Ibid. y BERNAL, Op. cit.

1100 ppm de aceite extraído.

Los carotenos son los constituyentes menores más importantes del aceite de palma que por su presencia es llamada a la grasa aceite rojo de palma, cuyo papel principal es la formación de la vitamina A; una posible desventaja que se puede presentar de acuerdo a la cantidad de caroteno es la capacidad de blanqueado del aceite de palma, aunque algunos productos para los que se usa el aceite de palma como las margarinas son coloreados, en la practica de fabricación los aceites deben ser blanqueados de acuerdo a la los diferentes usos que se les dan.²¹

En 1927 JANSSES y en 1935 SMITH,²² citados por HARTLEY calificaron los frutos de la palma de acuerdo a su color externo en **nigrescens**, que son los más comunes de color violeta oscuro a negro y **virescens**, los menos comunes de color verde. Adicionalmente, explicaron que los frutos **nigrescens** al madurar toman un rojo anaranjado, mientras que los **virescens** se tornan de color ladrillo rojizo.

Esta diferenciación de los frutos de acuerdo al color del exocarpio o piel, se debe básicamente a la presencia ó ausencia de antocianina en los tejidos, ya que no se han encontrado diferencias en cuanto a la concentración de aceite en la pulpa ni en la almendra de los frutos. Sin embargo, es posible que el color de los frutos induzca algunas variaciones en el contenido de carotenos o pro vitamina A en el mesocarpio, lo que podría significar que el aceite proveniente de los racimos **virescens**, es más fácil de blanquear en el proceso de refinación, dado su menor contenido de pigmentos relacionados con los carotenos.²³

Las conclusiones de los trabajos realizados indican que la ausencia de antocianinas que definen el carácter **virescens** en los frutos no es absoluta, pero si es monofactorial y dominante, lo que hace que el número de palmas con esta característica sea muy bajo.

Sin embargo, se hicieron varias pruebas cruzando palmas **virescens X virescens** así como **virescens X nigrescens** encontrándose algunos resultados erráticos que no permitieron definir con claridad el tipo de gen asociado a la característica.

En resumen, los frutos provenientes de racimos **virescens** tiene los mismos contenidos de aceite que los frutos provenientes de racimos **nigrescens** y la única diferencia entre ambos, es la presencia de antocianina en el exocarpio y un menor contenido de carotenos en el mesocarpio, lo cuál lo hace más fácilmente

²¹ HARTLEY, Ibid.

²² JANSSES y SMITH, citado por HARTLEY., Ibid.

²³ HARTLEY., Ibid.

blanqueable en el momento de la refinación.

El aceite debe transformarse primero en producto suave, incoloro, estable y comestible, por esto cualquier dificultad en blanquear el aceite de palma y cualquier gasto adicional que esto implique atenta contra el uso industrial, aunque cabe anotar que un factor importante en la capacidad de blanqueabilidad del aceite tiene que ver con el proceso de extracción ya que el aceite residual presenta un contenido mayor de caroteno que de aceite de una extracción normal.

Estudios realizados en el Tropical Products Institute, de Londres, sugirieron que la baja capacidad de blanqueado del aceite estaba relacionada con los métodos utilizados en la extracción, por la oxidación del fruto lastimado almacenado por un tiempo antes de ser elaborado, también se sugirió que era probable que los aceites con altos contenidos de caroteno se deterioraran más que los aceites con bajo contenido.²⁴

La estructura interna es una de las diferencias más importantes, se va a encontrar en el espesor de la cáscara puesto que se pueden encontrar todos los espesores desde menos de un milímetro a ocho milímetros, es una división arbitraria debido a que gracias a la genética y ayudada con el fitomejoramiento se han logrado tener frutos con cuescos pequeños y pulpa grande tal es el caso de la forma ténera que es el híbrido de la pisífera sin cuesco y la forma dura de cuesco grueso que no tiene anillo de fibras.

Los tipos de palma de aceite más relevantes se establecen de acuerdo con el grosor del cuesco o endocarpio del fruto, característica íntimamente relacionada con la producción de aceite:²⁵

- **Material pinífera(PxP).** Son palmas cuyos frutos prácticamente no tienen cuesco, sino un cartílago blanco; se caracterizan por producir una gran cantidad de flores femeninas que generalmente no logran culminar la formación de frutos, carecen de interés para cualquier cultivo comercial.

- **Material Dura (DxD).** Es la variedad comercial de cuesco grueso, con espesores entre dos a ocho milímetros de espesor, no posee anillo de fibras, contenido bajo a medio de mesocarpio, extracción aproximada de aceite 18%.

- **Material Ténera (DxP).** Por ser un híbrido proveniente del cruzamiento de dura por pisífera es un tipo de fruto caracterizado por tener un cuesco delgado, 0.5 a 2.5 milímetros, protegido por fibras que lo cubren longitudinalmente con un

²⁴ HARTLEY, Ibid.

²⁵ HARTLEY, Ibid.

contenido medio de mesocarpio del 35% a 55%, la composición de la fruta comparándola con la dura ha aumentado la proporción de pulpa en lo que disminuyó de huesco, extracción aproximada de aceite 21%.²⁶

1.3 PROCESO DE MADURACIÓN.

CALVO, M.²⁷ Manifiesta que una vez cumplida la antesis y la polinización, empieza la formación del fruto, un componente básico en este periodo es la clorofila, la cual forma un papel importante en la síntesis de aceite de la sexta semana llegando aun máximo en la décima cuarta y quinta semana pos antesis; cuando maduran los frutos y la clorofila ya cumplió su función es producir carbohidratos, es lentamente degrada y es considerada obsoleta.

Otro componente es el caroteno, que sintetizado llega a su tope cuando el fruto madura totalmente, su función es absorber rayos ultravioletas y en frutos más viejos, actúa como regulador para prevenir la oxidación del aceite.

La acumulación del aceite comienza en la decimoquinta a decimosexta semana hasta la vigésima semana, después de la cual no hay acumulación. Una vez se produce la máxima cantidad de aceite el porcentaje de linoléico disminuye hasta alcanzar una tasa constante, y es cuando los frutos comienzan a desprenderse.²⁸

El fruto crece en volumen y peso durante los primeros tres meses de su formación y en este tiempo está constituido por tejidos ricos en agua.

Cuando detiene su crecimiento, se inicia la acumulación de sustancias orgánicas que favorecen la lignificación del huesco, la cual continúa por dos meses sólo después del quinto mes ocurre la formación de grasa y glúcidos en la almendra.²⁹

El crecimiento y normal desarrollo del racimos es un largo proceso que se extiende entre 38 y 40 meses después de la emergencia de la yema floral hasta la cosecha; la maduración del racimo toma un tiempo de cinco a seis meses después de la antesis.³⁰

²⁶ HARTLEY, Ibid y BERNAL, Op. cit.

²⁷ CALVO, F. Cosecha, maduración, sistemas y costos. Palmas (Colombia) 12: 47-42. 1991.

²⁸ CALVO, F, Ibid.

²⁹ VALLEJO, FIGUERADO y VALLEJO, Citados por CHILITO y NARVÁEZ, Op cit.

³⁰ BERNAL, Op. cit.

1.4 FORMACIÓN Y COMPOSICIÓN DEL ACEITE EN EL FRUTO.

La madurez es la máxima acumulación de aceite en el fruto y desde luego en el racimo, los análisis bioquímicos indican que la máxima cantidad de aceite sintetizado se presenta cuando los frutos empiezan a desprenderse del racimo; según RAJANAIDU en 1987 citados por CHILITO y NARVÁEZ³¹, afirma que los análisis de racimos indican que la máxima cantidad de aceite se presenta cuando los frutos empiezan a desprenderse del racimo.

Antes de que el fruto madura, el mesocarpio contiene un alto porcentaje de agua y carbohidratos y tiene un contenido bajo de aceite, el fruto crece en volumen y peso durante los primeros tres meses de su formación y en este tiempo está constituido por tejidos ricos en agua. Una semana antes de madurar, el contenido de aceite pudo haber subido hasta aproximadamente el 80% de su cantidad final.³²

El aceite de palma consiste principalmente en ácidos grasos libres, ligados a una molécula de glicerol para formar triglicéridos.

Las características importantes que determinan los rasgos del aceite de palma, y por lo tanto sus usos, son la longitud de la cadena (números de átomos de carbono de las cadenas que forman los ácidos grasos) y el grado de insaturación (número de enlaces dobles entre los átomos de carbono).

Los ácidos grasos que normalmente se encuentran en el aceite de palma son: el mirístico (C14:0), el palmítico (16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1) y linoléico (C18:2). (Bernal, 2003).³³

1.4.1 En la almendra. El desarrollo de grasas en la almendra procede al del mesocarpio. A ocho semanas después de la polinización el contenido de la semilla es líquido. A 10 semanas se vuelve semigelatinoso y no llega a ser realmente duro hasta la 15ª semana. A las 10 semanas de la polinización la cantidad de grasa es muy pequeña y la composición es diferente de las almendras maduras.

En este periodo el aceite está presente como grasa protoplasmática básica, predominando los ácidos grasos no saturados; también se han encontrado hasta el 65% de ácido oleico y 14% de linoléico, con cantidades relativamente pequeñas de ácidos saturados.³⁴

³¹ RAJANAIDU, citado por CHILITO y NARVÁEZ, Op. cit.

³² HARTLEY, Op. cit.

³³ CORLEY, citado por CHILITO y NARVÁEZ, Op. cit.

³⁴ HARTLEY, Op. cit.

1.4.2 En el mesocarpio. La acumulación de de grasa en la pulpa comienza después de la formación de sustancias orgánicas en la almendra, cuando el fruto está totalmente desarrollado. Se inicia en la base del fruto, progresando rápidamente hacia las zonas concéntricas y deteniéndose en el corte del racimo.³⁵

De la octava a la décimo sexta semana después de la polinización las grasas constituyen menos del 2% del peso seco. En realidad de la octava a la décimo novena semana hay poca adición de cualquier clase de grasa al peso seco del mesocarpio; justo antes de madurar, el peso seco aumenta de 300% a 500% y las grasas vienen a constituir del 70% a 75% de este peso.

Durante el largo periodo de bajo contenido de aceite predominan los ácidos palmíticos y linoléico, los ésteres oleicos están presentes solo en cantidades muy pequeñas. Durante la última semana la maduración de todos los ácidos grasos aumentan en cantidad y no hay evidencia de conversiones, sin embargo el oleico aumenta en mayor proporción y en cantidad solo queda superado por el palmítico.³⁶

PORIN³⁷, resume que es durante la semana final de maduración cuando ocurre la rápida acumulación de aceite, cuando el fruto se desprende o cuando el racimo se corta la producción de aceite cesa; el porcentaje de aceite sobre fruto continuará aumentando, esto debido a la pérdida de humedad (no al aumento de aceite), la disminución en el porcentaje de mesocarpio sobre fruto puede ser del orden del 3% en cuatro días.

1.5 NORMAS Y CICLOS DE COSECHA.

Teóricamente se dice que un racimo está maduro y cosechable cuando el contenido y la calidad del aceite están en un balance óptimo; Lo ideal sería cortar únicamente los racimos que alcanzan este nivel; sin embargo en la práctica esto es imposible debido a la existencia de algunos motivos validos que impiden tal fin.³⁸

El ciclo de cosecha esta definido como el periodo o tiempo que se tarda en entrar a una determinada área del cultivo a realizar la labor de corte y recolección del

³⁵ Ibid.

³⁶ CALVO, citado por HARTLEY, Op. cit.

³⁷ PORIN, citado por CHILITO y NARVÁEZ, Op. cit.

³⁸ TOONG, T y YEANG, T. Normas de cosecha y control de calidad para mayor productividad de la palma africana. Palmas (Colombia) 14(2):63-70. 1993.

fruto, este tiempo varia de acuerdo a diferentes condiciones como son edad y condiciones climáticas.³⁹

La maduración de los frutos dentro del racimo no es uniforme, sin embargo, HANG y SENG,⁴⁰ aconsejan establecer una norma mínima de maduración con el fin de alcanzar los mejores resultados; o sea, mantener un nivel aceptable de acidez y una alta tasa de extracción.

HARTLEY⁴¹ menciona que una norma muy usada es que debe haber por lo menos dos frutos sueltos por kilogramo de racimo, es decir, si un racimo pesa 10 Kg, por lo menos debería haber 20 frutos sueltos en el suelo, la medida es práctica si el cosechero es experimentado en calcular con bastante precisión el peso de los racimo.

SOUTHWORTH,⁴² dice que Dufrane y Berger en Zaire, 1957, fueron los primeros en proponer un esquema lógico, basados en niveles de madurez y formación de ácidos grasos libres; demostraron una relación lineal entre el número de frutos sueltos y el porcentaje de aceite en el mesocarpio, al encontrar que un aumento en el número de frutos sueltos de cinco a 74 dió como resultado un aumento de apenas el 5% de aceite en el mesocarpio, en cambio el contenido de ácidos grasos libres subió de 0,5% a 2, 9%.

La programación de la cosecha debe estar orientada a obtener la mayor cantidad de aceite de buena calidad con utilización eficiente de la mano de obra y equipos, el primer paso consiste en el establecimiento de ciclos de cosecha cuya frecuencia dependerá de la edad de la palma, del material genético, condiciones climáticas, mano de obra y comportamiento de la producción.⁴³

Dependiendo de la edad, la duración de los ciclos de cosecha pueden variar entre siete a 12 días par palma joven y de nueve a 15 días en palma adulta. Con respecto al material genético la frecuencia de los ciclos deberá ajustarse para cada material, ya que hay materiales que tienen mayor velocidad de maduración en su última etapa; en cuanto al clima temporadas secas hacen que la maduración

³⁹ BELTRAN, Op. cit.

⁴⁰ . TOONG, T y YEANG, T, Op. cit.

⁴¹ HARTLEY, Op. cit., p.280.

⁴² SOUTHWORTH, citado por CHILITO y NARVÁEZ, Op cit.

⁴³ REYES, R. Organización de trabajo en campo del cultivo de la palma de aceite. En: III Encuentro Nacional de sobre el cultivo de la palma aceitera. Santa Marta. Memorias, FEDEPALMA, Bogotá, 1988. pp. 56-84

sea más lenta, permitiendo la ampliación de los ciclos.⁴⁴

Los ciclos de cosecha no deben ser largos porque muchos racimos se sobremaduran y la mayoría de sus frutos caen y se dañan, tampoco deben ser muy cortos porque se cosecharían racimos inmaduros, aparte de ser un proceso costoso.⁴⁵

PORIN,⁴⁶ manifiesta que la longitud de los ciclos dependen de la madurez de los racimos, del número de cosecheros y de la dificultad para laborar (altura de la palma, localización del racimo, número de hojas sin poda, malezas, terreno entre otros).

“La cantidad y calidad del aceite también están determinadas por la forma como se realice la cosecha, se recomiendan algunas prácticas como por ejemplo: eliminar la menor cantidad de hojas, no pasar por alto ningún racimo maduro, no cosechar racimos verdes, eficiente recolección de fruto suelto”⁴⁷.

1.6 FACTORES QUE AFECTAN LOS ÁCIDOS GRASOS LIBRES (AGL) Y LA TASA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE.

Son la madurez de los racimos, el almacenamiento o demora en el proceso, y el efecto del manipuleo quienes intervienen en la calidad del aceite. Según los aceites recobrados de frutos en mal estado en el campo o tolvas de descargues tienden a tener más ácidos grasos libres y es reconocido que esta característica es la que marca la calidad del aceite⁴⁸.

Los AGL se forman fisiológicamente y se eleva su contenido por la acción de varios factores tales como sobremaduración, tiempo de almacenamiento o demora en la evacuación y traslado del fruto, grado de magullamiento, número de golpes al fruto durante su manipulación, altas temperaturas y agentes microbiológicos.⁴⁹

⁴⁴ Ibid.

⁴⁵ TOONG, T y YEANG, T, Op cit.

⁴⁶ PORIN, citado por CHILITO Y NARVAEZ, Op cit.

⁴⁷ TOONG, T y YEANG, T, Op cit.

⁴⁸ ARIFIN, Citado por CALVO, Op. cit.

⁴⁹ BELTRAN, Op. cit.

SAMBANTHAMURTHI⁵⁰, comentan que cosechar en la etapa avanzada de maduración también provoca un alto contenido de ácidos grasos, cuyo incremento es debido a la acción de lipasas exógenas y endógenas.

La tasa de extracción de aceite de palma, la cual se define como la relación entre el aceite crudo de palma extraído del peso del racimo de fruta fresca, es una medida de eficiencia y efectividad de la producción de aceite y refleja el comportamiento de la plantación como de la planta extractora; es por tal razón que se debe tener en cuenta que los porcentajes de extracción de aceite tanto, del racimo completo como del fruto suelto son significativamente diferentes, tal es caso que la extracción de racimos fluctúa entre 18 a 25 % aproximadamente, en cambio la del fruto suelto es de alrededor del 38% a 40%, indicándonos la importancia de sacar y recolectar en lo posible todo el fruto cosechado.⁵¹

En 1993 se realizó un seminario para discutir las causas de la caída tan considerable en la tasa de extracción de aceite de palma y se llegó al consenso de que la cosecha del racimo de fruta fresca era incompleta. Factor principal culpable.

GAN,⁵² et al, también observaron efectos ambientales y estacionales (precipitación y luminosidad), sobre las fluctuaciones a corto plazo de la tasa de extracción de aceite de palma.

1.6.1 Pérdidas de aceite. Las pérdidas de aceite en el proceso de cosecha de la palma de aceite según la clasificación realizada por CENIPALMA, se han dividido según las siguientes características

- **Fruto verde.** Se concluye que el fruto verde tiene en promedio 79.3% del potencial de un racimo maduro. A manera de ejemplo, un porcentaje de 3.71% del fruto verde que entra a la fabrica y se procesa podría causar perdidas del 0.15% como aceite sobre racimo.

- **Por pedúnculo largo:**

a. Como material inerte. En promedio un pedúnculo largo de cinco centímetros pesa aproximadamente 250 gramos, por ejemplo un porcentaje del 5% de racimo con pedúnculo largo que entra a la fabrica puede causar pérdidas entre 0.01% y 0.02% de aceite sobre racimo de fruto fresco.

⁵⁰ SAMBANTHAMURTHI et al, citados por HENSON, Op. cit.

⁵¹ Ibid.

⁵² GAN, et al, citados por CHOW, C. El efecto de la edad de las palmas de aceite sobre la tasa de extracción de aceite en Malasia Peninsular. Palmas (Colombia) 17(1):39-45. 1996.

b. Como absorbente de aceite. Se encontró que existe una diferencia del 0.22% de aceite entre procesar racimos con pedúnculo normal y con corte en “V” del mismo.⁵³

- **Por impurezas y pepa suelta.** Por impurezas que entren con un porcentaje de 1.89%, causan pérdidas de extracción del orden del 0.39% de aceite sobre racimo fruto fresco; en tanto las pérdidas ocasionadas por la pepa suelta que queda en campo es del orden del 22% las de la interlinea del 0.1%, las de las bases peciolares del 0.02% y las que quedan en la corona del 0.1% y en los centros de acopio de 0.03% para un total de un 0.47%.

Los racimos verdes afectan la extracción más que los ácidos grasos libres (AGL) mientras por otro lado racimos sobremaduros y pasados incrementan los ácidos grasos libres (AGL) más rápidamente y disminuyen en un porcentaje muy bajo la extracción de aceite dependiendo de su estado de sobremadures.⁵⁴

Los racimos enfermos y mal polinizados afectan indirectamente la extracción de aceite porque ha disminuido el peso promedio de fruto fresco del racimo.⁵⁵

HARTLEY,⁵⁶ dice que: en investigaciones realizadas por cada 1% de cada racimo verde la tasa extracción de aceite se baja en 9,1321%, mientras que el contenido de agl decrece solamente 0,0426%”.

1.7 LA CALIDAD DEL ACEITE DE PALMA.

BASTIDAS,⁵⁷ comenta que los cultivadores de palma deben suministrar aceites que se refinan fácilmente y a bajo costo, para que permitan productos blandos e incoloros y con una buena duración, es decir, aceites que presenten las siguientes características: bajo nivel de nivel de ácidos grasos libres y bajo grado de oxidación; siendo la cosecha un factor que influye notoriamente en la calidad del aceite.

La cosecha influye en gran medida en los ácidos grasos libres (AGL); ya que estos están directamente relacionados con el nivel de madurez de los frutos

⁵³ ACERO, J. Mitos y realidades de perdidas de aceite de palma en Colombia, Palmas (Colombia) v. 25 N° especial, tomo II, 443-447. 2004.

⁵⁴ Ibid.

⁵⁵ BELTRAN, Op. Cit., p.105.

⁵⁶ HARTLEY, Op. cit., p.324.

⁵⁷ BASTIDAS, S. Eficiencia en el manejo de la producción. Palmas (Colombia) 12:20-30. 1991.

cosechados, sin embargo, la madurez también está relacionada con el contenido de aceite, por lo tanto es importante en la cosecha llegar a una relación entre calidad y cantidad.⁵⁸

VELAYUTHAN,⁵⁹ afirma que para obtener máxima eficiencia de procesamiento y optimizar la calidad del producto, es de vital importancia cosechar el fruto de la palma en etapa precisa de madurez; las variaciones de calidad de la cosecha no solo ocasionan pérdidas continuas en el campo sino que afectan la eficiencia del procesamiento y la calidad del aceite que se produce.

La cantidad y calidad de la cosecha que se procesa en la planta extractora depende de la buena planeación y estrecha supervisión de las labores de cosecha, con el fin de evitar el corte de fruto verde y lograr una recolección de todo el fruto maduro, sin dejar el sobremaduro para la próxima ronda y pepa suelta en proceso de descomposición.⁶⁰

1.8 PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE.

Los racimos cosechados se deben llevar a la planta de beneficio preferiblemente el mismo día, con el fin de evitar que aumente el contenido de ácidos grasos libres. El manejo cuidadoso y delicado de los mismos desde el campo hasta la planta de beneficio, es determinante en la buena calidad del aceite que se produce.

1.8.1 Recepción y esterilización. Una vez llegan a la planta de beneficio los racimos de fruta fresco, se descargan en una tolva (recepción). Esta alimenta a unas vagonetas o góndolas que luego se introducen en las autoclaves o cilindros grandes, donde los racimos se cocinan con vapor generado por unas calderas. Dicho proceso, denominado esterilización, inactiva las enzimas que causan el desdoblamiento del aceite y por ende impide el incremento del porcentaje de los ácidos grasos libres o acidez.

El cocimiento y los cambios bruscos de presión también facilitan el ablandamiento y rompimiento de las fibras que unen los frutos con las espiquillas del racimo y se minimice las perdidas; finalmente, por acción de la temperatura, se produce una deshidratación de las almendras contenidas dentro de las nueces; con ello, se reduce su tamaño y se facilita su recuperación posterior.⁶¹

⁵⁸ SOUTHWORTH, R. Factores del campo que afectan la calidad. Palmas (Colombia) 2(2):31-39. 1981.

⁵⁹ VELAYUTHAN, citado por CHILITO y NARVAEZ, Op. cit.

⁶⁰ FLEMING, Op. cit., p.40.

⁶¹ GARCIA, J. Influencia de las practicas agronómicas en el procesamiento de los racimos de los racimos de fruta fresca en las plantas extractoras. En: Primer curso Internacional de la palma de aceite con énfasis den el

1.8.2 Desfrutación. Los racimos esterilizados son transportados a un tambor rotatorio en el cual, a causa de los continuos golpes que sufren los frutos, se desprenden del raquis o tusa; los frutos pasan a la otra etapa del proceso, mientras que los racimos vacíos son evacuados de la línea del proceso por un sistema de banda transportadora al exterior de la planta donde se le da diversos manejos.

1.8.3 Digestión. Los frutos sueltos se transportan a unos cilindros verticales provistos de paletas de agitación a baja revolución conocidos con el nombre de digestores, ahí se desprenden la pulpa y las nueces y se rompen las celdas para liberar el aceite que ellas contienen.⁶²

1.8.4 Extracción. La masa de frutos digerida apta para la extracción pasa a un proceso mecánico desarrollado por prensas, aparatos de trabajo continuo capaces de someter a más presión, dentro de una camisa perforada. Ya través de los huecos de la camisa sale el aceite. La torta, (fibra del mesocarpio junto con la nuez que contiene la almendra) es conducida a la columna de separación neumática, la fibra es llevada hasta las calderas que usan este combustible para la producción de vapor; la nuez, cae por su propio peso y es conducida a la sección de palmistería

1.8.5 Clarificación. El líquido del prensado (aceite bruto) que contiene aceite, agua y sólidos pasa por un desarenador con el fin de retirar parte de las arenas provenientes del campo. Las fases aceitosas y acuosas pasan al clarificador donde por diferencia de densidades se separa el aceite del agua. Las aguas lodosas son desaceitadas posteriormente en tanques reclarificadores, para retornar el aceite recuperado al proceso.

Finalmente, con el uso de máquinas centrifugas apropiadas y equipos de secamiento al vacío, el aceite queda listo para pasar a los tanques de almacenamiento de la planta. De ahí se despacha a las refinerías, donde lo hacen apto para el consumo humano en el mercado domestico.⁶³

1.9 ANÁLISIS MULTIVARIADO

El análisis multivariado permite en forma simultánea evaluar múltiples características presentes en una determinada unidad experimental y explicar cual o cuáles variables tienen mayor importancia o contribuyen en un porcentaje mayor

establecimiento, mantenimiento y administración del cultivo. Santa Fe de Bogotá, D.C. octubre, 1996. Cenipalma, 23p y BERNAL, Op. cit.

⁶² Ibid.

⁶³ Ibid.

a la variabilidad del estudio; es decir, determina la variabilidad entre las variables de un área, una infinidad de variables pueden o no tener una correlación entre otras.

Según PLA,⁶⁴ el multivariado estudia y determina cuales sí las tienen y puede permitir extraer información acerca de la interdependencia entre las variables para posteriormente caracterizarlas.

Desde hace una treintena de años, los métodos de análisis multivariante de datos han probado su eficacia en el estudio de grandes masas de información compleja. Se trata de métodos llamados multidimensionales, por oposición a los métodos de estadística descriptiva que tratan únicamente una o dos variables.

BECUE,⁶⁵ comenta que: actualmente, los métodos factoriales se enmarcan en las técnicas de Data Mining (o minería de datos); estos permiten confrontar numerosas informaciones, lo cuál es más rico que análisis separados. Las representaciones simplificadas de grandes tablas de datos se han manifestado como un instrumento de síntesis notable, debido a su capacidad para reducir la dimensionalidad. Permiten extraer las tendencias más destacadas, jerarquizarlas y eliminar los efectos marginales o puntuales que perturban la percepción global de los hechos recogidos en los datos.

1.9.1 Análisis de componentes principales (ACP)

PLA,⁶⁶ define al ACP como uno de los métodos multivariados simples el cual consiste en tomar varias variables en evaluación y encontrar combinaciones de estas para producir un índice que no es correlacionado. Esta falta de correlación es una propiedad útil porque significa que los índices son diferentes medidas de dimensiones de las variables.

El ACP permite comprender mejor la estructura de correlación existente entre las variables que definen un sistema de producción y establecer hipótesis sobre la interrelación existente entre las mismas.⁶⁷

⁶⁴ PLA, L. E. Análisis multivariado; Método de componentes principales. OEA. Washington, 1986. 93 p.

⁶⁵ BÉCUE, M. Manual de introducción a los métodos factoriales y clasificación con spad. Server d'Estadística Universitat Autònoma de Barcelona. España, 2002. 68p

⁶⁶ PLA, Op. cit.

⁶⁷ CHATFIELD et al citados por DEMEY, J. R., ADAMS, M; FREITES, H. Uso del método de análisis de componentes principales para la caracterización de fincas agropecuarias. Agronomía Tropical. 44(3):475-497. 1994.

El análisis de componentes principales (ACP), es una técnica estadística de síntesis de la información o reducción de la dimensión (número de variables); es decir ante un banco de datos con muchas variables, el objeto será reducir a un menor número perdiendo la menor cantidad de información posible.⁶⁸

El propósito del análisis de componentes principales (ACP) es encontrar "espacios de dimensiones más pequeñas" en los cuales sea posible observar a los individuos de la "mejor manera". Los espacios escogidos tendrán una dimensión, es decir rectas o, dos dimensiones, (caso más frecuente) es decir, planos. Estas nuevas variables o componentes principales resumen en pocas dimensiones la mayor parte de la variabilidad de un gran número de variables.

Los componentes principales sucesivos corresponden a porcentajes cada vez menores de la varianza total y el problema consiste en determinar cuantos componentes pueden ser interpretados.

El análisis de componente principales (ACP) permite comprender mejor la estructura de correlación existente entre las variables que definen un sistema de producción y establecer hipótesis sobre la interrelación existente entre las mismas.⁶⁹

1.9.2 Análisis de agrupamiento (cluster). El Análisis Cluster, también conocido como Análisis de Conglomerados, Taxonomía Numérica o Reconocimiento de Patrones, es una técnica estadística multivariante cuya finalidad es dividir un conjunto de objetos en grupos (cluster en inglés) de forma que los perfiles de los objetos en un mismo grupo sean muy similares entre sí (cohesión interna del grupo) y los de los objetos de clusters diferentes sean distintos (aislamiento externo del grupo).⁷⁰

Uno de poscriterios de agrupación es el método de Ward, el cual consiste en minimizar el crecimiento de la varianza intragrupo, resultante de la agregación de dos grupos en una clase.⁷¹

⁶⁸ TERRADEZ, M. Análisis de componentes principales.2006.[citado 20 Oct., 2006] Disponible en Internet:<<http://www.Uniovi.es/Uniovi/Apartados/Departamento/métodos/tutor.1/fac3.htm>

⁶⁹ Ibid.

⁷⁰ FIGUERAS, (2001). "Análisis de conglomerados o cluster", [en línea] 5campus.org. Estadística. <<http://www.5campus.org/lección/cluster>>[citado5 octubre de 2006]

⁷¹ CRIVISQUI, E. Presentación del Análisis de componentes principales. In: Seminario de métodos estadísticos multivariados aplicados a la investigación. Universidad de Nariño y PRESTA, 1997. 57p.

Al reducir este grupo de variables se facilita la interpretación de los resultados, teniendo en cuenta las distancias de Ward y se indica la variabilidad de cada individuo (lote). De esta manera las variables propuestas permiten caracterizar el área de estudio y agrupar mediante un dendograma jerárquico los lotes con características similares existentes en la zona y los factores más preponderantes que están en la cuantificación de defectos y pérdidas en los procesos de cosecha y post-cosecha.⁷²

SPAD (Système Portable pour l'Analyse de Données), permite implementar una estrategia de análisis adecuada al tratamiento exploratorio multivariante de grandes tablas de datos. Su concepción es original y adaptada para un proceso natural de aprendizaje a partir de los datos (data learning).⁷³

⁷² PLA, Op. cit.

⁷³ Ibid.

2. DISEÑO METODOLÓGICO

2.1 LOCALIZACIÓN

La presente investigación se realizó en la Empresa Palmas de Tumaco, S.A., ubicada en la zona sur del país, al margen izquierdo del río Mira, en la vereda Imbilí, ubicada a 40 kilómetros del municipio de Tumaco, al occidente del Departamento de Nariño, a 50 m.s.n.m, temperatura promedio anual de 27°C. Precipitación pluvial anual 2800 a 3200 m.m, brillo solar anual promedio entre 800 a 1100 horas y una humedad relativa del 80%. Figura 1.

Figura 1. Localización de la Plantación Palmas de Tumaco S.A.



CONVENCIONES

| | |
|--|------------------------------------|
| | Carretera pavimentada Pasto Tumaco |
| | Vereda Imbilí |
| | Plantación Palmas de Tumaco |

Fuente: Plantación Palmas de Tumaco S.A.

2.2 ÁREA EXPERIMENTAL

La plantación Palmas de Tumaco S.A., cuenta con un área sembrada de 4.374,5 hectáreas, de las cuales 3.814,39 hectáreas están actualmente en producción. De esta área en producción, se seleccionaron diferentes lotes según la metodología propuesta tanto para cosecha como post-cosecha.

Las 3814.39 hectáreas están distribuidas en tres zonas para un mejor manejo agronómico y administrativo, a su vez en lotes con áreas y materiales de siembra que varían de acuerdo a la edad o fecha de siembra. (Archivos Departamento Agronómico Palmas de Tumaco).Tiempo de realización del proyecto Enero a Julio de 2005. (Anexo A).

De acuerdo al Anexo A se resume en el cuadro 1 el número de hectáreas y de palmas por zonas y el porcentaje que representa cada uno de ellos.

Cuadro 1. Descripción resumida de las tres zonas con su respectivo hectareaje y número de palmas.

| ZONA | Nº HAS | % DE REPRESENTACIÓN | Nº PALMAS | % DE REPRESENTACIÓN |
|--------------|-----------------|---------------------|----------------|---------------------|
| 1 | 1.188,63 | 31,16 | 159.569 | 30,50 |
| 2 | 1.325,11 | 34,74 | 185.911 | 35,53 |
| 3 | 1.300,65 | 34,10 | 177.723 | 33,97 |
| TOTAL | 3.814,39 | 100,00 | 523.203 | 100,00 |

Fuente: Plantación Palmas de Tumaco

2.3 CRITERIO DE MUESTREO EN COSECHA Y POST-COSECHA

2.3.1 Muestreo cosecha. Se muestreó mensualmente un porcentaje igual o mayor al 6% (muestra representativa) de la cosecha estimada diaria (Universo) divididas en las tres zonas de la plantación, teniendo en cuenta la formula para encontrar la muestra representativa⁷⁴:

$$n = \frac{N \times Z^2 \times \delta^2}{Z^2 \times \delta^2 + N \times E^2}$$

$$n = \frac{N \times Z^2 \times \delta^2}{Z^2 \times \delta^2 + N \times E^2}$$

n: tamaño de la muestra.

N: tamaño de la población. (Cosecha estimada mensual)

Z: variable aleatoria para una distribución normal, nivel de confianza 95%(1.96)

E: error permisible 1%(tabla 0.06).

δ: varianza igual a 0.5

⁷⁴BEDOYA, et al, Control de calidad de la cosecha y la post-cosecha del fruto fresco bruto en la Plantación Palmar de Oriente S.A. Documento no publicado, Departamento Agronómico Plantación Palmar de Oriente S.A. 1998. 34p

Ejemplo: si la producción estimada mensual es de 6.000 toneladas la muestra representativa será:

$$\begin{array}{l} \mathbf{6.000\ Ton} \quad \rightarrow \quad \mathbf{100\%} \\ \mathbf{X} \quad \quad \quad \leftarrow \quad \mathbf{6\%} \quad \mathbf{X = 360\ Ton\ aproximadamente} \end{array}$$

$$N = \frac{6.000 \times (1.96)^2 \times (0.5)^2}{(1.96)^2 \times (0.5)^2 + 6.000.000 \times (0.06)^2} = \mathbf{255.42\ Ton\ aproximadamente}$$

La cosecha estimada mensual es determinada por la gerencia y administración de la plantación con base en datos históricos de producción teniendo en cuenta el potencial productivo del área de siembra.

Para determinar la cantidad de racimos a muestrear se tuvo en cuenta el peso promedio aproximado de un racimo, (15 kg) que varía según su edad, material y condiciones edafoclimáticas, repartidos en lo posible equitativamente en las tres zonas, así ejemplo:

360 Ton /3 zona = 120 Ton

360000/15 kg = 24.000 racimos/ plantación

120 Ton = 120.000 Kg/15 Kg = 8.000 racimos aproximadamente zona/ mes

24.000 racimos/26 días hábiles =923 racimos/día/plantación aproximadamente.

Los lotes fueron seleccionados al azar de acuerdo a la programación diaria de corte, según su ciclo de cosecha. En sus respectivos acopios se determinó la cantidad de los racimos cortados y de estos se contaron los racimos maduros y los defectos presentes según criterios de cosecha establecidos por la plantación. (Archivos oficina de control de calidad).

2.3.1.1 Criterios de cosecha.

- **Fruto Maduro.** Un racimo está maduro cuando desprende naturalmente por lo menos dos frutos, presenta un color anaranjado o violeta oscuro y su pulpa es de color amarillo vivo.

- **Racimo Verde.** Un racimo es verde cuando no ha desprendido ningún fruto, su coloración es verde y/o amarillo pálido.

- **Fruto Sobremaduro.** Es el racimo que ha desprendido más del 30% de sus frutos y su color comienza a deteriorarse.

- **Racimo pasado.** Es el racimo que ha desprendido más del 50% de sus frutos, presentando una coloración oscura indicando un grado de descomposición avanzada.

- **Pedúnculo Largo.** Es aquel racimo cuyo pedúnculo (eje o soporte que une el racimo con las axilas en donde se originan), sobrepasa la última espiga que lo conforma.

- **Racimo enfermo.** Es aquel racimo que desprende su parte basal y se pudre, dejando incompleto al racimo.

- **Racimo mal polinizado.** Es aquel racimo que presenta cierta cantidad de frutos sin formarse, algunos de ellos son partenocárpicos.

2.3.2 Muestreo post-cosecha. Se muestreó mensualmente un porcentaje igual o mayor al 6% (muestra representativa) del área en producción de la plantación (Universo), según (Bedoya et al.1998), divididas equitativamente en lo posible en las tres zonas.

$$3814.39 \text{ Has} \xrightarrow{100\%} X \xleftarrow{6\%} X = 228.8 \text{ Has aproximadamente.}$$

$$228.8 \text{ Has} / 3 \text{ zonas} = 76.2 \text{ Has} / \text{zonas.}$$

$$n = \frac{3814.39 \times (1.96)^2 \times (0.5)^2}{(1.96)^2 \times (0.5)^2 + 3814.39 \times (0.06)^2} = 249.3 \text{ Has aproximadamente}$$

$$249.3 \text{ Has} / 3 \text{ zonas} = 83.11 \text{ Has/ zona aproximadamente}$$

Los lotes se escogieron al azar, teniendo en cuenta que no presentara más de cinco días posteriores a su cosecha, debido al avance de la maduración.

El muestreo de cada lote fue completo, realizado en las diferentes líneas que forman las plantas, de tal manera que se contabilizó en cada palma los defectos según criterios establecidos por la plantación (Archivos oficina de control de calidad).

2.3.2.1 Criterios de post-cosecha

- **Racimos pasados en palma y/o plato.** Son aquellos racimos que no fueron cosechados a tiempo, presentan una coloración oscura con desprendimiento de frutos mayor al 50% con características de descomposición.

- **Racimos maduros no cosechados:** son aquellos racimos que luego de realizar las rondas de cosecha no fueron cortados, estos están presentes en la palma mostrando un desprendimiento de dos frutos, convirtiéndose en posteriores rondas de cosecha en un racimo sobremaduro, pasado o podrido.

- **Racimos cosechados no recogidos:** Son aquellos racimos que luego de haber sido cortados no fueron recogidos y llevados a su respectivo sitio de acopio, que con el pasar del tiempo se convertirán en racimos pasados.

- **Fruto suelto:** son aquellos frutos que por acción del golpe del racimo con el suelo se desprenden del racimo posteriormente no son recogidos y llevados al acopio respectivo.

2.4 VARIABLES A EVALUAR

2.4.1 Cuantificación de los defectos en cosecha. Para la cuantificación de pérdidas parciales de la plantación en sus respectivos lotes (lo) y zonas (zn), se tuvo en cuenta las cantidades (unidades) de defectos encontrados en los diferentes muestreos en cosecha, en los diferentes acopios.

En este estudio las variables que se evaluaron fueron racimos maduros (rm), racimos verdes (rv), racimos sobremaduros (rsm), racimos pasados (rpa), y por otro lado racimos con pedúnculo largo (rpl), racimos enfermos (re), racimos mal polinizados (rmp), ya que se debe tener en cuenta que los racimo con pedúnculo largo (rpl), racimos enfermos(re) y racimos mal polinizados (rmp) puede presentar las características de los racimos primeramente mencionados.

También se tuvo en cuenta el peso promedio de los racimos y los frutos de cada lote, así como los porcentajes de extracción de aceite que se estiman del 21% para los racimos, datos que se obtuvieron en los registros de los Departamentos de Sanidad Vegetal y Agronómico de la plantación Palmas de Tumaco Año 2005; esto para determinar las perdidas de fruto fresco bruto (FFB) y de aceite crudo.

En el cuadro 2, a manera de ejemplo se explica la forma de contabilizar los defectos encontrados en uno de los lotes de la plantación y las pérdidas directas en kilogramos de aceite de palma generados por los racimos verdes y racimos con pedúnculo largo.

Cuadro 2. Explicación de la cuantificación de los defectos encontrados en uno de los lotes muestreados.

| me | zn | lo | rm | rv | rsm | rpa | rmp | re | rpl | ppr | perd ac rv (Kg) | perd ac rpl (Kg) | total perd ac (Kg) |
|----|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|-----|-------|-----------------|------------------|--------------------|
| en | 1 | C21 | 565 | 9 | 3 | 64 | 3 | 3 | 7 | 19,00 | 7,43 | 0,43 | 7,86 |

Fuente: Esta investigación.

me: mes

zn: zona

lo: lote

rm: racimos maduros

rv: racimos verdes

rsm: racimos sobre maduros

rpa: racimos pasados

rmp: racimos mal polinizados

re: racimos enfermos

rpl: racimos pedúnculo largo

ppr: peso promedio de un racimo

perd ac rv: perdidas aceite por racimos verdes.

perd ac rpl (Kg): perdidas aceite por racimos con pedúnculo largo en kilogramos.

total perd ac (Kg): total perdidas kilogramos de aceite.

El ejemplo del cuadro 2 nos indica uno de los lotes muestreados el C21 en el mes de enero, perteneciente a la zona uno, en el cual se encontraron 565 racimos maduros, y en defectos a tres racimos sobremaduros 64 racimos pasados, tres racimos mal polinizados, tres racimos enfermos que nos causan perdidas en calidad de aceite y en la conformación del racimo relacionado directamente en su peso promedio; 9 racimos verdes y siete racimos con pedúnculo largo; estos últimos defectos que nos causan pérdidas directas en la extracción de aceite.

- Cálculo para pérdidas de aceite por racimos verdes:

Racimos verdes = 9 x 19 Kg (peso promedio) = 171 Kg de FFB.

Teniendo en cuenta lo afirmado por: Jaime Acero⁷⁵.

171 Kg FFB x 21% de extracción = 35.91 Kg de aceite crudo posibles a extraer.

35.91Kg $\xrightarrow{100\%}$
 $X \xleftarrow{79\% \text{ potencial de un racimo verde}}$

X = 28.37 Kg de aceite real extraído.

35.91 Kg – 28.37 Kg = **7.43 Kg de aceite crudo perdidos.**

- Cálculo para pérdidas de aceite por racimos con pedúnculo largo:

a. como material inerte:

Racimos con pedúnculo largo = 7 x 19 (peso promedio) = 133 Kg parciales de FFB

7 racimos x 0.25 Kg = 1.75 Kg peso de los pedúnculos largo

⁷⁵ ACERO, Op. cit.

133 Kg FFB – 1.75Kg (pedúnculo largo) = 131.25Kg reales de FFB
 133 Kg x 21% = 27.93 Kg de aceite crudo parciales
 131.25 Kg x 21 % = 27.56 Kg de aceite crudo reales
 27.93 Kg -27.56Kg = 0.37 Kg de aceite perdidos.⁷⁶

b. como absorbente:

7 rpl x 19 Kg = 133 Kg = 27.93 Kg de aceite crudo

27.93 \longrightarrow 100%

X \longleftarrow 0.22% X = 0.06 Kg de aceite crudo perdidos

A + b = 0.37 + 0.06 = 0.43 Kg de aceite crudo perdidos

Total perdidas lote = 7.43 + 0.43 = 7.86 Kg de aceite crudo⁷⁷

El anterior cálculo se realiza de igual forma para todos los acopios de los lotes muestreados.

2.4.2 Cuantificación de las pérdidas en post-cosecha. Para la cuantificación de las pérdidas en post-cosecha de la plantación y en sus respectivas zonas (zn) y lotes (lo), se tuvo en cuenta las cantidades de defectos encontrados en los diferentes muestreos de los lotes en post-cosecha. Las variables que se evaluaron fueron: racimos pasados en palma (rpp), racimos pasados en plato (rppl), racimos maduros no cosechados (rmnc), racimos cosechados no recogidos (rcnr), número de palmas con fruto suelto (pfs), promedio de frutos sueltos por palma (pfp) y fruto suelto en plato no recogido “Fruto total” (fst).

Para lo anterior también se tuvo en cuenta el peso promedio de los racimos (ppr) y el, peso promedio de los frutos (ppf) de cada lote, como también los porcentajes de extracción de aceite que se estiman del 21% para los racimos y del 40%, datos registrados por los Departamentos de Sanidad Vegetal y Agronómico de la Plantación Palmas de Tumaco año 2005.

En el cuadro 3 a manera de ejemplo, se explica la forma de cuantificar las pérdidas totales en uno de los lotes y zonas de la plantación de acuerdo a los defectos encontrados.

⁷⁶ Ibid.

⁷⁷ Ibid.

Cuadro 3: Explicación de la cuantificación de las pérdidas encontradas en uno de los lote en kilogramos de fruto fresco y de aceite crudo.

| me | zn | lo | ed | rmnc | rcnr | pfs | pfp | fst | rpp | rppl | ppr | ppf | perd ffb (Kg) | perd ac (Kg) |
|----|----|----|----|------|------|-----|-----|--------|-----|------|-------|-------|---------------|--------------|
| en | 1 | C8 | 26 | 9 | 4 | 94 | 190 | 17.860 | 75 | 75 | 30,00 | 15,40 | 5.165,04 | 1.136,92 |

Fuente: Esta investigación

Convenciones.

me: mes

zn: zona

lo: lote

ed: edad

rmnc: racimos maduros no cosechados

rcnr: racimos cosechados no recogidos

pfp: palmas con fruto suelto

ppf: promedio de frutos por palma

fst: fruto suelto total

rpp: racimos pasados en palma

rppl: racimos pasados en plato

ppr: peso promedio de un racimo

ppf: peso promedio de un fruto

Perd ffb (Kg): pérdidas de fruto fresco bruto en kilogramos.

Perd ac (Kg): pérdidas de aceite crudo en kilogramos.

El ejemplo del cuadro 3 nos indica uno de los lotes muestreados, el C8 en el mes de enero, perteneciente a la zona 1, en el cual se encontraron un total de 163 defectos entre racimos maduros no cosechados, racimos cosechados no recogidos, racimos pasados en palma y racimos pasados en plato; respecto a los frutos sueltos se encontraron en este lote un total de 17.860 presentes en 194 palmas con un promedio de 190 frutos, causando unas pérdidas conjuntamente con los racimos de 1.136,92 kilogramos de aceite; teniendo en cuenta el porcentaje de aceite estimado para racimos del 21% y para frutos del 40% aproximadamente.⁷⁸

Total racimos = $rmnc+rcnr+rpp+rppl \longrightarrow 9+4+75+75 = 163$

Total fruto = $pal/fs \times prom \text{ f.s/pal} \longrightarrow 194 \times 190 = 17.860$

Pérdidas totales = $163 \text{ Racimos} \times 30 \text{ Kg (peso promedio)} = \mathbf{4.890 \text{ Kg FFB}}$

$4.890 \text{ Kg FFB} \times 21\% \text{ de extracción} = \mathbf{1026.9 \text{ Kg de aceite crudo}}$

$17.860 \text{ Frutos} \times 0.0154 \text{ Kg (peso promedio)} = \mathbf{275.044 \text{ Kg}}$

$275.044 \text{ Kg} \times 40\% \text{ de extracción} = \mathbf{110.02 \text{ Kg de aceite crudo}}$

Pérdidas totales fruto = $4890 \text{ Kg} + 275.044 \text{ Kg} = \mathbf{5165.04 \text{ Kg FFB}}$

Pérdidas totales aceite = $1.026,9 + 110.02 = \mathbf{1.136,92 \text{ Kg de aceite crudo.}}^{\mathbf{79}}$

El anterior cálculo se realiza de igual forma para todos los lotes muestreados.

⁷⁸ PLANTACIÓN PALMAS DE TUMACO S.A, Archivos Departamentos de Sanidad Vegetal y Agronómico. 2005.

⁷⁹ Ibid.

2.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

2.5.1 Cosecha. Los 323 lotes muestreados en cosecha provenientes de las cuantificaciones de los defectos en el primer semestre, según la ubicación de los lotes (lo) en las respectivas zonas de la plantación, y los respectivos materiales sembrados (ma): Irho (ir) Papua (pa), Chemara (ch), Costa Rica (cr), número de palmas (np) edad (ed), jornales (jles), ciclo de cosecha (clo) así como también los racimos maduros (rm) y los defectos cuantificados; fueron sometidos a análisis multivariado de componentes principales (ACP), que permitió detectar las correlaciones entre las variables en estudio de tal manera que fue posible encontrar diferentes tipos de información (factores) y posteriormente se aplicó el método de clasificación jerárquica de agrupamiento (cluster) utilizando el método de las distancias de Ward, el cual permitió identificar a los lotes y zonas de la plantación en estudio de acuerdo a las características más comunes.

2.5.2 Post-cosecha. Los 137 (lotes) datos obtenidos en los diferentes muestreos en post-cosecha provenientes de las cuantificaciones de pérdidas, según la ubicación de los lotes (lo), en las respectivas zonas (zn) de la Plantación, número de palmas (np), respectivos materiales es sembrados (ma): Irho (ir) Papua (pa), Chemara (ch), Costa Rica (cr), hojas mal cortadas (hmc) peso promedio de un racimo (pr) y de un fruto (pf), edad (ed) del cultivo; así como también los defectos fueron sometidos a análisis multivariado de componentes principales (ACP), que permitió detectar las correlaciones entre las variables en estudio de tal manera que fue posible encontrar diferentes tipos de información (factores) y posteriormente se aplicó el método de clasificación jerárquica de agrupamiento (cluster) utilizando el método de las distancias de Ward, el cual permitió identificar los lotes y zonas de la plantación en estudio de acuerdo a las características más comunes.

Este método estadístico permitió reducir la dimensión de las variables propuestas, creando un grupo de variables denominadas componentes principales; los cuales permitieron expresar la información contenida en el grupo original de datos y eliminaron en lo posible algunas variables originales que aportaron poca información, es decir, permitió establecer combinaciones lineales entre las variables y de esta manera fue posible reducir la dimensionalidad del problema en estudio y permitir posibles explicaciones de cómo se caracteriza la plantación según los defectos encontrados y cuáles de ellos incidieron en el aumento de las pérdidas parciales y totales del fruto fresco bruto de palma de aceite en la plantación, permitiendo de igual forma ajustar y dar recomendaciones útiles del manejo y administrativo agronómico de las labores de corte y recolección de fruto en cosecha y post-cosecha.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 CUANTIFICACIÓN DE DEFECTOS EN COSECHA.

De acuerdo a la explicación a manera de ejemplo del cuadro 2 y siguiendo el mismo método, los resultados de la cuantificación de los defectos en cosecha “Perdidas parciales” para cada uno de los lotes según la zona correspondiente y el mes de evaluación se describen en el anexo B.

Este anexo B indica una gran diversidad de datos recolectados en los diferentes muestreos en cada uno de los lotes.

En el cuadro 4 se resumen estas cuantificaciones en unidades en cada una de las zonas de la plantación; cada uno de los defectos están presentes en cada una de las zonas con valores y porcentajes variables.

Los defectos que no causan pérdidas de extracción sino de calidad de aceite por su aumento de ácidos grasos libres, racimos sobremaduros (rsm) y racimos pasados (rpa) están presentes con porcentajes más altos en la zona tres y la zona dos con valores de 43,76% (2040 unidades) y 38,07% (2022 unidades). En la plantación, los racimos sobremaduros (rsm) suman 4.662 y los pasados 5.311 unidades; si se tiene en cuenta que se está realizando el 6% de los racimos cortados en la plantación y llevamos los anteriores datos al 100%, los defectos se incrementarán en 77.700 unidades para los racimos sobremaduros (rsm) y 88.517 para racimos pasados (rpa). Figura 2.

Figura 2. Racimos sobremaduros encontrados en los muestreos en cosecha.



Fuente: Esta investigación

Al respecto BELTRÁN⁸⁰ considera: que los objetivos de una buena cosecha tiene un objetivo fijo, que es el procurar extraer un aceite con el más bajo contenido de acidez, es decir, con ácidos grasos libres bajos; teniendo en cuenta que en Colombia existe para el mercadeo de aceite de palma un valor de referencia del 5% para aplicar premios cuando son inferiores a este valor en el precio y/o descuentos cuando son superiores en el costo de aceite.

Lo anterior solo es posible cuando se realiza un corte de fruto con un criterio óptimo y manejando ciclos de cosecha que no superen los días establecidos por la plantación, impidiendo que los racimos se pasen de tiempo y se conviertan en sobremaduros y/o pasados, como también realizando las labores de poda adecuadas que permitan la visualización de todos los racimos.

Cuadro 4. Cuantificación de defectos en cosecha de la plantación Palmas de Tumaco S.A., en el primer semestre del año 2005.

| DEFECTOS | ZONAS | | | | | | TOTAL PLANTACION |
|-------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|------------------|
| | I | | II | | III | | |
| | unidades | % | unidades | % | unidades | % | |
| Racimos Verdes | 2.066 | 35,53 | 1.924 | 33,09 | 1.825 | 31,38 | 5.815 |
| Racimos sobremaduros | 968 | 20,76 | 1.654 | 35,48 | 2.040 | 43,76 | 4.662 |
| Racimos pasados | 1.529 | 28,79 | 2.022 | 38,07 | 1.760 | 33,14 | 5.311 |
| TOTAL | 4.563 | 28,90 | 5.600 | 35,47 | 5.625 | 35,63 | 15.788 |
| Racimos maduros | 47.840 | 33,08 | 48.863 | 33,79 | 47.910 | 33,13 | 144.613 |
| Muestra | 52.403 | 32,67 | 54.463 | 33,95 | 53.535 | 33,38 | 160.401 |
| Racimos pedúnculo largo | 1.052 | 39,37 | 780 | 29,19 | 840 | 31,44 | 2.672 |
| Racimos enfermos | 742 | 23,68 | 627 | 20,01 | 1.764 | 56,30 | 3.133 |
| Racimos mal polinizados | 381 | 21,08 | 334 | 18,48 | 1.092 | 60,43 | 1.807 |

Fuente: Esta investigación.

ALVARADO, A y STERLIING, F,⁸¹ “definen los racimos enfermos como aquellos que desprenden una porción de su parte basal, causas aparentes genéticas de algunos materiales; por tal razón, recomiendan no sembrar materiales que presenten esta característica particular”.

Una disminución repentina en el peso del racimo puede indicar una baja relación Fruto/racimo, esto puede deberse a una pobre polinización o a una pérdida de frutos del racimo por separación natural (racimos enfermos); factores que conllevan a una baja tasa de extracción de aceite.⁸²

⁸⁰ BELTRAN, Op. cit.

⁸¹ ALVARADO, A y STERLING, F. Variación estacional en la tasa de extracción de aceite en palma aceitera. Cenipalma. Bogota. Colombia, 2006. 56p

⁸² HENSON, Op. cit.

En la zona tres se presentan los defectos racimos enfermos en mayor porcentaje con un valor de 56,30% para racimos enfermos (re) y 60,43% para racimos mal polinizados (rmp), que equivalen a 3.133 y 1807 unidades; esto posiblemente por los diferentes cambios en las precipitaciones de la plantación y por la presencia de materiales de siembra que presentan este problema.

La variación en la conformación total de algunos racimos es provocada por los cambios estacionales principalmente por la lluvia que afecta la eficiencia de la polinización por la disminución en la población de insectos polinizadores, como también en la viabilidad del polen que no fecunda totalmente y se ven presentes en la no formación de frutos en la totalidad del racimo.⁸³

Las cantidades respectivas cuantificadas en la plantación son de 3.133 unidades y 1807 unidades en cada caso que equivalen aproximadamente en todos los racimos cortados a 52.217 y 30.117 defectos con el 100% de la población.

No todas las causas del bajo peso del racimo conllevan a la disminución de la tasa de extracción; el promedio del peso del racimo puede algunas veces disminuir debido al incremento en el número de racimos, lo cual es el resultado de producciones simultáneas de un amplio número de inflorescencias femeninas señalando una correlación negativa entre el número de racimos y el peso unitario del racimo.⁸⁴

Los defectos racimos verdes (rv) y racimos con pedúnculo largo (rpl) que causan pérdidas en la extracción directamente, están presentes en proporciones iguales en las tres zonas: en la zona uno los racimos verdes (rv) y racimos con pedúnculo largo (rpl) están con un valor superior con respecto a las otras zonas con valores de 35,53 y del 39,37%, 2.066 y 1.052 unidades respectivamente; este defecto en las tres zonas tiene una cantidad en unidades de 5.815 para racimos verdes (rv) y de 2.672 para racimos con pedúnculo largo (rpl) que en la población total se asume aproximadamente una cantidad de 96.917 racimos verdes siendo muy representativa con respecto a los demás defectos a la par de los racimos pasados y de 44.533 para racimos con pedúnculo largo; cuadro 4 y figura 3.

Las pérdidas de aceite producidas por estos dos defectos se resumen en el cuadro 5 en el que se observa que las pérdidas de aceite producidas por los racimos verdes (rv) en la plantación, es mas alta en la zona dos en contradicción con las de fruto fresco que es mayor en la zona uno; lo anterior se da por las diferencias en el peso promedio que varía en los lotes y por consiguiente en las zonas.

⁸³ Ibid.

⁸⁴ CORLEY, G CORLEY Y BREURE, citados por HENSON, Op. cit.

Esta cuantificación totaliza una pérdida de **4.251,28 Kg** de aceite crudo que equivale aproximadamente a 70.855 Kg de aceite crudo.

Figura 3. Racimos verdes de frutos nigrescens y virescens en Palma.



Fuente: Esta investigación.

La relación aceite/mesocarpio (A/M), está en función de la madurez del racimo, puesto que la formación de aceite en el mesocarpio está acompañada por la pérdida de agua, sin que se presente un incremento de sólidos secos no aceitosos en las etapas últimas de maduración del racimo.

Una baja relación aceite/mesocarpio (A/M) implica un alto contenido de agua; el cual es un indicativo de inmadurez (racimos verdes) y la principal causa del bajo contenido de aceite/racimo (A/R) y de la baja extracción de aceite.⁸⁵

Los defectos que se calculan encontrar en la totalidad de la plantación se estiman en 263.133 unidades aproximadamente con diferentes características; cuadro 4.

En racimos con pedúnculo largo (rpl), (figura 4), las pérdidas como material inerte son de 139,50 Kg y como material absorbente de 21, 38 Kg que suman un total de **161,38 Kg** que estimados en el 100% de población es 2.689,6 Kg de aceite crudo; las pérdidas ocasionadas por estos dos defectos en este estudio es de 6% (4.412,66 Kg de aceite) y 100% (**73.544,33 Kg** de aceite crudo). (Anexo B y cuadro 5.

⁸⁵ FLEMING, Op. cit., p.20.

Figura 4 Racimos con pedúnculo largo encontrados en los muestreos en cosecha.



Fuente: Esta investigación.

Cuadro 5. Pérdidas en kilogramos de aceite crudo y pesos causadas por racimos verdes y racimos con pedúnculo largo en cosecha de la plantación Palmas de Tumaco S.A., en el primer semestre del año 2005.

| DEFECTOS | ZONAS | | | TOTAL Kg perdidos | TOTAL \$ perdidos |
|---|----------|----------|----------|-------------------|---------------------|
| | I | II | III | | |
| Racimos verdes | 1.228,33 | 1.640,23 | 1.382,72 | 4.251,28 | 4.689.161,84 |
| Racimos pedúnculo pérdidas por material inerte | 55,23 | 40,16 | 44,11 | 139,50 | 153.868,50 |
| Racimos pedúnculo pérdidas por material absorbente | 8,46 | 6,77 | 6,65 | 21,88 | 24.133,64 |
| Total racimos pedúnculo largo | 63,69 | 46,93 | 50,76 | 161,38 | 178.002,14 |
| Total pérdidas | | | | 4.412,66 | 4.867.163,98 |

Fuente: Esta investigación.

Los datos anteriores sacan a relucir la ineficiencia en la labor de corte de fruto en los diferentes lotes y zonas de la plantación; que dejan en evidencia que no existe un criterio de corte adecuado, que debe ser estudiado más profundamente al igual que el manejo de los ciclos de cosecha, causales de estas considerables cifras.

La cantidad y calidad de la cosecha que se procesa en la planta extractora depende de la buena planeación y estrecha supervisión de las labores de cosecha; con el fin de evitar la cosecha del fruto verde y lograr la recolección de

todo el fruto maduro, sin dejar fruto sobremaduro para la siguiente ronda y pepa suelta en proceso de descomposición.⁸⁶

Desde el punto de vista comercial, el objetivo es mantener unas normas establecidas optimas con el fin de aminorar el porcentaje de características indeseables (racimos sobremaduros, y racimos verdes); de aquí surge la necesidad de controlar la calidad de la cosecha.⁸⁷

Teniendo en cuenta lo dicho por ARIFFIN “La norma mínima de maduración tiene que estar sujeta con los ciclos de cosecha, para que estos dos conlleven a la obtención de la máxima cantidad de fruto con optimo punto de maduración; estos últimos se tienen que aumentar o disminuir teniendo en cuenta los cambios como son edad de la palma y condiciones climáticas.⁸⁸”

Teniendo en cuenta que el precio interno del aceite de palma crudo para el año 2.005 fue de \$ 1.103.000 por tonelada, precio internacional OIF Róterdam US\$ 431,35 por tonelada.⁸⁹

En el cuadro 5 también se indican las perdidas causadas por las anteriores cantidades de defectos en pesos que representan \$ **4.867.164** (11.27 salarios mínimos mensuales legales vigentes) para una tota en población de \$ **81.119.396** (187.8 salarios mínimos mensuales legales vigentes).

3.2 CUANTIFICACIÓN DE PÉRDIDAS EN POST-COSECHA.

Según explicación del cuadro 3, en el Anexo C, se presenta la contabilización de las pérdidas para cada uno de los lotes muestreados según la correspondiente zona y mes evaluado, explicados para cada uno de los defectos encontrados y cuantificados en perdidas por fruto fresco bruto (ffb) y de aceite crudo.

Al igual que en cosecha en este estudio también se encuentran datos diversos para cada uno de los defectos evaluados en los diferentes lotes y zonas de la plantación, (cuadro 6).

Los defectos racimos maduros no cosechados (rmnc) se presentan más evidentemente en la zona tres con un 42,14%, los que suman en las tres zonas un total de 840 racimos; generalmente esta ineficiencia en cosecha se presenta por

⁸⁶ Ibid.

⁸⁷ TOONG, T y YEANG, T, Op. cit.

⁸⁸ Ibid.

⁸⁹ FEDEPALMA. Agroindustria de la palma de aceite en Colombia y en el mundo., 2006

diferentes causas posibles como son: palmas alta de difícil acceso o por la falta de personal en los diferentes grupos de trabajo; estos racimos posteriormente se convertirán en racimos pasado en palma que aumentarán las pérdidas considerablemente en la plantación.

Los racimos cosechados no recogidos, se presentan cuando existe ineficiencia en la labor de recolección por parte de los llamados “muleros” (recolectores de los racimos) después de su corte. Por lo general, cada grupo de trabajo lo deben conformar tres personas como mínimo: un cortero, un mulero y un “pepero” (recolector de fruto suelto). Al existir un número menor de personas y con inexperiencia se observaran mas cantidades de este tipo de defectos; en el cuadro siete se detalla que los (rcnr) están presentes en la zonas dos y tres con porcentajes de 36,98 y 36,01 que en unidades representan 152 y 148 unidades correspondientemente, que con la zona uno de 111 unidades suman 411 unidades; siendo un valor considerable si se habla que en la población total aproximadamente se encontrarán 6.850 unidades / plantación.

Cuadro 6. Cuantificación de pérdidas en post-cosecha en la plantación Palmas de Tumaco S.A., en el primer semestre del año 2005.

| DEFECTOS | ZONAS | | | | | | TOTAL PLANTACIÓN |
|---------------------------------|----------------|--------------|----------------|--------------|----------------|--------------|------------------|
| | I | | II | | III | | |
| | unidades | % | unidades | % | unidades | % | |
| racimos maduros no cosechados | 210 | 25,00 | 276 | 32,86 | 354 | 42,14 | 840 |
| racimos cosechados no recogidos | 111 | 27,01 | 152 | 36,98 | 148 | 36,01 | 411 |
| racimos pasados en palma | 588 | 33,81 | 645 | 37,09 | 506 | 29,10 | 1.739 |
| racimos pasados en plato | 1.385 | 28,73 | 2.112 | 43,82 | 1.323 | 27,45 | 4.820 |
| Total racimos | 2.294 | 29,37 | 3.185 | 40,78 | 2.331 | 29,85 | 7.810 |
| Total fruto suelto | 137.925 | 30,90 | 150.161 | 33,64 | 158.228 | 35,45 | 446.314 |

Fuente: Esta investigación.

Los defectos racimos pasados en palma (rpp) y racimos pasados en plato (rppl) están presentes notoriamente en las zona 2 con valores de 645 y 2.112 unidades, los porcentajes para cada uno son de 37,09% y 43,82%. Los racimos pasados en palma (rpp) suman en la plantación 1.739 y los racimos pasados en plato (rppl) 4.820 unidades, estos generalmente se presentan posteriormente de realizar las labores de poda ya que han quedado escondidos y no cortados en su tiempo exacto; es recomendable entonces en cada plantación realizar esta labor adecuadamente, ya que en muchos casos en cosecha se roba fruto, que es cortar

el racimo sin quitar la hoja que lo soporta, lo que acumula gran cantidad de hojas que impiden la visualización de racimos que se convierten posteriormente en pasados ya sea que aun estén en la palma o que caigan en el plato.

Las palmas más adultas obviamente serán las más altas y cuya dificultad para cosecharlas es evidente, impidiendo el corte oportuno de sus racimos. Con una optima herramienta de trabajo se podría corregir pero por lo general no se hace ya que implican un mayor desgaste físico por parte de los obreros; muchas plantaciones optan por eliminar estas palmas por la simple razón de reducir competencia de luz y reducir los costos de mantenimiento.

Si nos damos cuenta en el cuadro 7, la totalidad de racimos defectuosos que se calculan es de **7.810** unidades teniendo en cuenta el 6% de muestra es decir el 100% de estos serán aproximadamente **130.167** unidades.

Figura 5: Fruto suelto en Plato y recogido posteriormente.



Fuente: Fedepalma.

Respecto a los frutos sueltos (fst), estos están presentes en todas las zonas en proporciones similares con porcentajes de 30,9%; 33,63% y 35,45% cuyo valores suman **446.314** unidades, es decir **7.438.567** unidades aproximadamente, que teniendo en cuenta el peso promedio de cada uno de ellos y el porcentaje alto que representa, generan una cantidad considerable de aceite perdido. Por tal razón, es clara la importancia de recoger todo el fruto suelto para evitar que estas pérdidas se incrementen. Figura 5.

La cosecha se debe llevar a cabo en los ciclos adecuados teniendo en cuenta también las normas de maduración con el fin de obtener el máximo de racimos en relación con el total de la cosecha que tengan una maduración igual o cerca de la norma establecida.⁹⁰

⁹⁰ TOONG, T y YEANG, T, Op. cit

Es claro entonces que el promedio de maduración de una cantidad de racimos frescos es una función de la norma mínima de maduración y el tiempo entre cosechas sucesivas (ciclos de cosecha); un ciclo demasiado largo dependiendo de la norma de maduración, puede resultar que los racimos cosechados tengan demasiados frutos sueltos, lo que representa un costo y tiempo extras por la recolección de fruto suelto; además, habrá una caída en la calidad de aceite debido al aumento de acidez causada por la sobremaduración de los racimos y se presentarán paulatinamente racimos que se han dejado de cosechar maduros y se han convertido estos en racimos pasados.⁹¹

Para evitar las pérdidas de fruta en la etapa de cosecha por el desgrane de los racimos y la no recolección del mismo, deben ser adoptados y manejados óptimos criterios de cosecha acompañados del aumento de mano de obra en esta fase de recolección de fruto.

Una de las labores primordiales en el cultivo de la palma de aceite que debe ser tenida en cuenta, es la limpia del plato que rodea las palmas manual o químicamente; ya que el obstáculo que impide la recolección del fruto suelto y de racimos cortados es la presencia de gran material vegetal de cobertura que dificulta la visualización de los mismos.

CUADRO 7: Pérdidas totales en kilogramos de fruto fresco, aceite crudo y en pesos en post-cosecha en la plantación en el primer semestre del año 2005.

| DEFECTOS | ZONAS | | | |
|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|
| | I | II | III | TOTAL PLANTACIÓN |
| Perdidas en Kg de fruto fresco | 47.058,82 | 63.659,55 | 45.378,33 | 156.096,70 |
| Perdidas en Kg de aceite | 10.148,57 | 13.644,72 | 9.898,56 | 33.691,85 |
| Perdidas de aceite en \$ | 11.193.872,71 | 15.050.126,16 | 10.918.111,68 | 37.162.110,55 |

Fuente: Esta investigación

El cuadro 7 indica la cantidad enorme de pérdidas que generan en kilogramos de aceite y en pesos colombianos; **33.691,85 Kg** de aceite y **37.162.110,55 pesos** respectivamente.⁹²

⁹¹ Ibid.

⁹² ANUARIO ESTADÍSTICO 2005, Op. cit.

Si los anteriores datos cuantificados los calculamos en el total de la población de la plantación serán aproximadamente de **561.530,83 Kg** de aceite que equivalen a **619.368.509,17** pesos Colombianos (1433.7 salarios mínimos mensuales legales vigentes).

Teniendo en cuenta que este estudio fue realizado en el primer semestre del año 2005 se encontraron en cosecha y post-cosecha pérdidas de 635,07 toneladas de aceite que tienen un valor de **700.487.905** pesos colombianos (1624.5 salarios mínimos mensuales legales vigentes), por causa del la gran cantidad de defectos encontrados que disminuyen la cantidad de aceite y su calidad.

Al realizar una proyección para los dos semestres del año 2005 estas perdidas en un futuro se incrementarían al doble del valor anterior

3.3 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES EN COSECHA.

Se muestrearon 323 lotes durante el primer semestre del año 2005; en los cuales se evaluaron 11 variables cuantitativas a saber: número de palmas (np), racimos maduros (rm), racimos verdes (rv) racimos sobremaduros (rsm), racimos pasados (rpa), racimos mal polinizados (rmp), racimos enfermos (re), racimos pedúnculo largo (rpl), ciclos de cosecha (clo), jornales (jles) y edad de las palmas (ed) que se sometieron al análisis estadístico de componentes principales; (anexo B).

El cuadro 8 resume el número de lotes evaluados en cada uno de los meses en cada zona de la plantación y la muestra tomada en cada uno de ellos así como también el porcentaje que representan.

Cuadro 8. Resumen de la cantidad de racimos y lotes muestreados en cosecha.

| | MES | ENERO | | FEBRERO | | MARZO | | ABRIL | | MAYO | | JUNIO | |
|---------|-----|-------|--------|---------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | | ZONA | Nº | % | Nº | % | Nº | % | Nº | % | Nº | % | Nº |
| Racimos | 1 | 8846 | 32,48 | 9117 | 31,71 | 7613 | 32,83 | 8050 | 31,47 | 9117 | 32,94 | 9169 | 33,30 |
| | 2 | 9220 | 33,85 | 9805 | 34,10 | 7898 | 34,06 | 8776 | 34,30 | 9805 | 35,42 | 9023 | 32,77 |
| | 3 | 9168 | 33,66 | 9830 | 34,19 | 7678 | 33,11 | 8757 | 34,23 | 8757 | 31,64 | 9345 | 33,94 |
| TOTAL | | 27234 | 100,00 | 28752 | 100,00 | 23189 | 100,00 | 25583 | 100,00 | 27679 | 100,00 | 27537 | 100,00 |
| LOTES | 1 | 29 | 39,73 | 17 | 37,78 | 26 | 41,94 | 24 | 50,00 | 17 | 37,78 | 17 | 34,00 |
| | 2 | 25 | 34,25 | 21 | 46,67 | 26 | 41,94 | 17 | 35,42 | 21 | 46,67 | 21 | 42,00 |
| | 3 | 19 | 26,03 | 7 | 15,56 | 10 | 16,13 | 7 | 14,58 | 7 | 15,56 | 12 | 24,00 |
| TOTAL | | 73 | 100,00 | 45 | 100,00 | 62 | 100,00 | 48 | 100,00 | 45 | 100,00 | 50 | 100,00 |

Fuente: Esta investigación

El análisis de las variables en estudio permitió establecer la alta correlación en algunas de ellas por su alta variabilidad entre las variables racimo mal polinizados (RMP) y racimos enfermos (RE) con un valor de 0.85, racimos maduros (RM) y

las variables racimos verdes (RV) y racimos sobremaduros (RSM), con valores de 0.83 y 0.74 respectivamente; los racimos verdes (RV), entre racimos sobremaduros (RSM) 0.76, racimos maduros (RM) y racimos con pedúnculo largo (RPL) con un valor de 0.75 (Cuadro 9), las que presentaron valores positivos cercanos a uno están positivamente correlacionadas.

Se quiere encontrar una correlación negativa entre los racimos maduros y los diferentes defectos, indicando que al aumentar los racimos maduros los defectos se reducen. De igual manera debería suceder para jornales en donde a mayor número de jornales menos defectos presentes. Lo anterior indica que la labor de cosecha se realiza ineficientemente ni adecuadamente lo que hace que se encuentre una variedad de valores que correlacionan a la mayoría de las variables estudiadas

Cuadro 9. Coeficientes de correlación entre las variables estudiadas en cosecha.

| | NP | RM | RV | RSM | RPA | RMP | RE | RPL | CLO | JLES | ED |
|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
| NP | 1.00 | | | | | | | | | | |
| RM | 0.08 | 1.00 | | | | | | | | | |
| RV | 0.05 | 0.83 | 1.00 | | | | | | | | |
| RSM | 0.04 | 0.74 | 0.76 | 1.00 | | | | | | | |
| RPA | 0.11 | 0.39 | 0.31 | 0.13 | 1.00 | | | | | | |
| RMP | 0.03 | 0.52 | 0.47 | 0.46 | 0.28 | 1.00 | | | | | |
| RE | 0.04 | 0.53 | 0.51 | 0.41 | 0.26 | 0.85 | 1.00 | | | | |
| RPL | 0.07 | 0.75 | 0.72 | 0.65 | 0.13 | 0.42 | 0.43 | 1.00 | | | |
| CLO | 0.05 | -0.02 | -0.01 | 0.02 | -0.03 | 0.05 | 0.10 | -0.04 | 1.00 | | |
| JLES | 0.07 | -0.05 | -0.03 | -0.03 | 0.01 | 0.05 | 0.05 | 0.00 | 0.06 | 1.00 | |
| ED | 0.24 | -0.05 | 0.02 | 0.07 | 0.19 | -0.02 | -0.01 | -0.06 | 0.04 | 0.02 | 1.00 |

Fuente: esta investigación

- NP:** Número de palmas
- RM:** Racimos maduros
- RV:** Racimos verdes
- RSM:** Racimos sobre maduros
- RPA:** Racimos pasados
- RMP:** Racimos mal polinizados
- RE:** racimos enfermos
- RPL:** Racimos pedúnculo largo
- CLO:** Ciclos
- JLES:** Jornales
- ED:** Edad

3.3.1 Factor uno. Con un porcentaje de 37.82%, es el que preemitió explicar la mayor variabilidad del estudio y está conformado principalmente por las variables RM con valor de -0.91, RV -0.88, RSM -0.81, RMP -0.74, RE 0.74 y RPL -0.80.

Los valores anteriores permiten establecer que cuando estos son más cercanos a 1 o -1, la variable presenta mayor varianza, es decir, son aquellas características que se deben tener más en cuenta al momento de realizar un análisis sobre la situación de la plantación respecto al tema en estudio; el mayor valor esta representado por los racimos maduros, seguido de la variable racimos verdes. Si en la plantación se presenta un defecto con mucha variación puede estar indicando que esa característica incide más en las pérdidas.

Al respecto, BROCHAT⁹³ afirma que esto no es una norma rígida y que algunas veces con valores característicos ligeramente inferiores pueden tenerse también en cuenta.

Cuadro 10. Histograma de los valores propios explicando la variabilidad de los datos obtenidos en cosecha.

| NUMERO | VALOR PROPIO | PORCENTAJE | PORCENTAJE ACUMULADO | |
|--------|--------------|------------|----------------------|-------|
| 1 | 4.1599 | 37.82 | 37.82 | ***** |
| 2 | 1.3643 | 12.40 | 50.22 | ***** |
| 3 | 1.1715 | 10.65 | 60.87 | ***** |
| 4 | 1.0022 | 9.11 | 69.98 | ***** |
| 5 | 0.9531 | 8.66 | 78.64 | ***** |
| 6 | 0.7952 | 7.23 | 85.87 | ***** |
| 7 | 0.7310 | 6.65 | 92.52 | ***** |
| 8 | 0.3343 | 3.04 | 95.56 | ***** |
| 9 | 0.2161 | 1.96 | 97.52 | ***** |
| 10 | 0.1468 | 1.33 | 98.86 | *** |
| 11 | 0.1258 | 1.14 | 100.00 | *** |

El (Cuadro 11) indica los valores de la variación de las variables con los factores en los cinco ejes de coordenadas.

⁹³ BROCHAT, T. Principal componet análisis in Horticultura research. Hort Science, Vol 14, april 1979. p.4

Cuadro 11. Coordenadas de las variables sobre los ejes uno a cinco de las variables activas en cosecha

| VARIABLES | COORDONNEES | | | | |
|-----------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|
| IDEN - LIBELLE COURT | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| NP - NUMERO DE PALMAS | -0.10 | -0.66 | -0.22 | 0.27 | 0.08 |
| RM - RACIMOS MADUROS | -0.91 | 0.07 | -0.17 | 0.04 | 0.01 |
| RV - RACIMOS VERDES | -0.88 | 0.07 | -0.20 | 0.11 | 0.01 |
| RSM - RACIMOS SOBRE MADUROS | -0.81 | 0.10 | -0.21 | 0.26 | -0.04 |
| RPA - RACIMOS PASADOS | -0.40 | -0.45 | -0.07 | -0.54 | 0.01 |
| RMP - RACIM MAL POLINIZADOS | -0.74 | -0.06 | 0.47 | -0.27 | -0.02 |
| RE - RACIMOS ENFERMOS | 0.74 | -0.08 | 0.48 | -0.23 | -0.06 |
| RPL - RACIM PEDUNCULO LARGO | -0.80 | 0.18 | -0.19 | 0.26 | 0.10 |
| CLO - CICLOS | -0.02 | -0.23 | 0.49 | 0.50 | -0.60 |
| JLES - JORNALES | 0.00 | -0.26 | 0.45 | 0.33 | 0.74 |
| ED - EDAD | -0.01 | -0.74 | -0.28 | -0.02 | -0.13 |

Fuente: Esta investigación

De los tres componentes el más importante es el uno ya que explica con porcentaje de 37.82% la mayor variabilidad del tema en estudio y se presentan la mayoría de las variables en estudio indicando que dentro de todas las muestras tomadas o racimos evaluados hay presencia tanto de racimos maduros como de racimos con defectos. (Cuadro 10, figura 6).

La variable racimos maduros es la que más aporta a la conformación de este factor e indica que, aunque hay presencia de pérdidas por la presencia de defectos, racimos verdes, racimos pedúnculo largo, racimos enfermos, racimos mal polinizados, racimos sobremaduros existe mayormente la presencia de racimos maduros deseables para obtener una mayor cantidad y calidad de aceite que es lo esperado por la empresa agroindustrial de palma de aceite

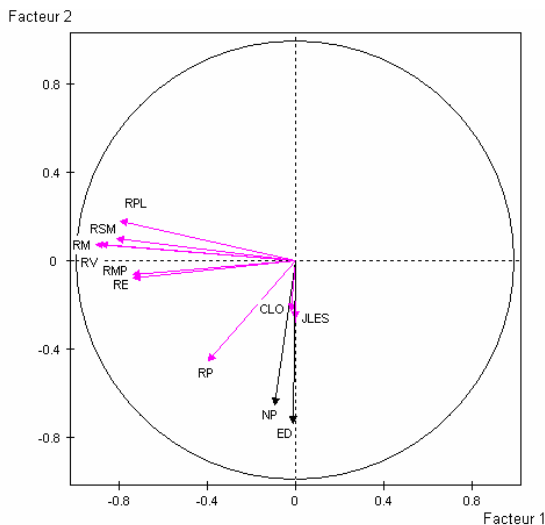
Al respecto, TOONG y YEANG y SOUTHWORTH⁹⁴ afirman que, lo ideal sería cortar únicamente los racimos que alcancen el nivel óptimo de contenido y calidad de aceite (Racimos maduros), pero en la práctica esto no es posible.

En la palma de aceite no existe un patrón definido que determine una óptima cosecha; además, los indicadores existentes son subjetivos y dependen de la habilidad del operario.⁹⁵

⁹⁴ TOONG, T y YEANG, T, Op. cit

⁹⁵ VERA, M. et al. Control previo de la calidad de cosecha en palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq) en la región de Tumaco, Colombia. *Palmas (Colombia)* 19(1):9-15. 1998.

Figura 6. Diagrama de representación de las variables de cosecha en los dos primeros componentes.



Fuente: Esta investigación

3.3.2 Factor dos. Con una explicación del 12.40% de la variabilidad total (cuadros 6, 7 y Figura 2. Está conformado por las variables número de palmas (NP) y edad (ED); ellas mostraron una correlación-factor de -0.66 y -0.74 respectivamente.

Estas dos variables tienen mucha influencia en el corte de fruto fresco debido a que dependiendo del número de palmas (NP) y su edad (ED), así como otros factores tales como jornales utilizados y su ciclo de cosecha, van a determinar la cantidad de pérdidas ocasionadas por una mala labor y administración.⁹⁶ (Figura 6).

CHILITO y NARVÁEZ⁹⁷, afirman que aunque la edad no tiene nada que ver con la velocidad de maduración, ésta influye indirectamente en la frecuencia y duración de los ciclos de cosecha; puesto que una palma adulta produce una mayor cantidad de kilogramos de racimo que una palma de edad más joven, surgiendo la relación de que en un lote con palmas adultas debe ser mayor el número de rondas de cosecha y menor la duración de cada ciclo (8 a 10 días), mientras que en palmas jóvenes de menor producción, la duración de los ciclos de cosecha debe ser más largo (10 a 15 días).

⁹⁶ CALVO, Op. cit., p.30.

⁹⁷ CHILITO, L y NARVÁEZ, J, Op. cit.

Corroborando lo anterior, la madurez fisiológica de los frutos se alcanza alrededor de los seis meses bajo cualquier edad del cultivo.⁹⁸

Figura 7: Cosecha de racimo maduro en palma joven.



Fuente: Fedepalma

3.4 CLASIFICACIÓN JERÁRQUICA DE LA PLANTACIÓN EN COSECHA.

La clasificación de los 323 lotes muestreados con las doce variables, luego de la previa normalización en el programa Spad 3.5, dio como resultado la conformación de tres grupos o cluster, teniendo en cuenta las igualdades y diferencias intragrupalas. (Figura 8).

3.4.1 Clase uno. Esta clase la conforman en su orden 103 lotes de la zona II, 62 lotes de la zona I y 23 lotes de la zona III, para un total de 188 lotes, (Cuadro 12), los cuales representaron el 58.20% del total de los lotes muestreados.

Se caracterizó porque las variables edad (ED), número de palmas (NP), jornales (JLES) y ciclos (CLOS), presentaron unos promedios de 24.20; 2123.02; 6.01 y 19.09 respectivamente siendo superiores a los promedios generales, los cuales son 21.23; 1819.26; 5.64 y 18.57 (Figura 8).

En esta clase se puede notar que las variables “defectos”: racimos enfermos (RE), racimos mal polinizados (RMP), racimos sobre-maduros (RSM), racimos verdes (RV), racimos pedúnculo largo (RPL), al contrario presentan unos promedios

⁹⁸ BERNAL, F. Sistemas y eficiencia de cosecha en Colombia. Palmas (Colombia) 14:100-102. 1998.

menores a los generales, los cuales fueron: 5.49; 3.05; 8.18; 10.47; 4.81; 291.62 teniendo en cuanto que los generales son: 9.70; 5.59; 14.43; 16.48; 8.27 y 47.72 respectivamente.

Figura 8 Palma adulta de gran altura.



Fuente: Fedepalma

Lo anterior nos da a entender que en este grupo se presentan lotes de mayor edad (adultos) y extensos, difíciles de trabajar (figuras 8 y 9), en los cuales se utilizaron un número superior de jornales y ciclos más prolongados, aunque hay la presencia de racimos maduros (RM), también hay la presencia de defectos aún realizando una labor relativamente buena que es preciso revisar, con un promedio inferior al general siendo satisfactorio para la plantación.

PORIM,⁹⁹ manifiesta que la longitud de los ciclos (intervalos entre dos cosechas sucesivas en una determinada área), depende de la madurez de los racimos, del número de cosecheros y de la dificultad para laborar (altura de las palmas) de acuerdo a su edad, localización del racimo, número de hojas sin poda, malezas y terreno, etc.

Dependiendo de la edad, la maduración de los ciclos de cosecha pueden variar entre siete a doce días para palmas jóvenes y de nueve a quince días en palmas adultas.

⁹⁹ PORIM, citado por CHILITO, L y NARVÁEZ, J, Op. cit.

Por ser lotes extensos debería dificultarse las labores de corte y recolección de fruto, pero como podemos ver una clase donde el promedio de jornales fue el más alto, indicándonos que la labor es más efectiva por tal razón se presentaron los defectos anteriormente mencionados con un promedio inferior a los generales, siendo satisfactorio para la plantación, aunque hay que destacar que no se han manejado unos ciclos de corte adecuados y que han sido demasiado extensos, que posiblemente posteriormente serán notorios estos errores con la presencia de defectos.

Si se emplean un gran número de cosecheros se podrá revisar cada palma y cortar los racimos cuando alcanzan el grado preciso de madurez.

Cuadro 12. Descripción de las tres clases conformadas en cosecha.

CLASE 1 / 3

| V.TEST | PROBA | PROMEDIOS | | DESV. ESD | | VARIABLES |
|--------|-------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|
| | | CLASE | GENERAL | CLASE | GENERAL | |
| 10.38 | 0.000 | 24.20 | 21.31 | 1.84 | 5.91 | ED |
| 8.36 | 0.000 | 2123.02 | 1819.26 | 756.76 | 769.38 | NP |
| 2.99 | 0.001 | 6.01 | 5.64 | 2.80 | 2.62 | JLES |
| 2.51 | 0.006 | 19.09 | 18.57 | 4.25 | 4.32 | CLO |
| -4.35 | 0.000 | 5.49 | 9.70 | 9.52 | 20.52 | RE |
| -4.38 | 0.000 | 3.05 | 5.59 | 5.42 | 12.30 | RMP |
| -5.26 | 0.000 | 8.18 | 14.43 | 10.61 | 25.20 | RSM |
| -6.04 | 0.000 | 10.47 | 16.48 | 9.10 | 21.07 | RV |
| -6.66 | 0.000 | 4.81 | 8.27 | 5.44 | 11.02 | RPL |
| -7.33 | 0.000 | 291.62 | 447.72 | 241.63 | 451.02 | RM |

CLASE 2 / 3

| V.TEST | PROBA | PROMEDIOS | | DESV. ESD | | VARIABLES |
|--------|-------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|
| | | CLASE | GENERAL | CLASE | GENERAL | |
| -2.39 | 0.008 | 5.90 | 9.70 | 8.23 | 20.52 | RE |
| -3.29 | 0.001 | 4.97 | 5.64 | 2.34 | 2.62 | JLES |
| -3.34 | 0.000 | 17.45 | 18.57 | 4.46 | 4.32 | CLO |
| -4.86 | 0.000 | 6.61 | 16.44 | 8.26 | 26.08 | RPA |
| -9.16 | 0.000 | 1272.95 | 1819.26 | 513.12 | 769.38 | NP |
| -11.52 | 0.000 | 16.03 | 21.31 | 7.28 | 5.91 | ED |

CLASE 3 / 3

| V.TEST | PROBA | PROMEDIOS | | DESV. ESD | | VARIABLES |
|--------|-------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|
| | | CLASE | GENERAL | CLASE | GENERAL | |
| 13.09 | 0.000 | 1584.00 | 447.72 | 433.81 | 451.02 | RM |
| 12.66 | 0.000 | 67.80 | 16.48 | 35.38 | 21.07 | RV |
| 12.64 | 0.000 | 75.72 | 14.43 | 51.63 | 25.20 | RSM |
| 12.26 | 0.000 | 58.08 | 9.70 | 43.84 | 20.52 | RE |
| 11.97 | 0.000 | 33.92 | 5.59 | 26.66 | 12.30 | RMP |
| 10.08 | 0.000 | 29.64 | 8.27 | 20.18 | 11.02 | RPL |
| 6.23 | 0.000 | 47.72 | 16.44 | 50.38 | 26.08 | RPA |

Fuente: Esta investigación

3.4.2 Clase dos. La clase dos la conformaron 110 lotes que representan un porcentaje de 34.04% de los lotes totales evaluados (Figura 9; cuadro 12), los lotes de la zona I están más presentes con un número de de 58 lotes, 28 lotes de la zona II y 24 lotes por la zona III.

En este grupo se presentan solo dos variables (defectos) que son los racimos enfermos (RE) y racimos pasados (RPA) con un promedio de 5.90 y 6.61 siendo menores a los generales que fueron 9.70 y 16.44 respectivamente y la variables jornales (JLES), ciclos (CLOS), numero de palmas (NP) y edad (ED) con promedios de 4.97, 17.45, 1272.95 y 16.03 que fueron en igual forma menores a los generales los cuales son en su orden 5.64; 18.57; 1819.26 y 21.31.

Este grupo esta caracterizado porque se agruparon los lotes poco extensos y jóvenes de la plantación, en los cuales se utilizaron en promedio un numero de jornales menores, realizando la labor de corte en ciclos más cortos.

El primer paso para la programación de la cosecha es establecer los ciclos cuya frecuencia dependerá de la edad de la palma, del material genético, condiciones climáticas y mano de obra, dependiendo de la edad la duración de los ciclos de cosecha puede variar entre siete y 12 días para palma joven y de nueve a 15 días en palma adulta.¹⁰⁰

Una característica para resaltar en este grupo es la presencia de racimos pasados (RP), indicando que a pesar de utilizar prácticamente unos ciclos correctos de corte la cosecha no ha sido realizada en su totalidad correctamente.

Es de calificar a este grupo de lotes como los mejores, respecto a la cantidad de defectos encontrados indicando que es donde se presentaron las menores perdidas

En las Plantaciones, la administración y los asistentes técnicos determinan la frecuencia y duración de los ciclos de cosecha, pero en la práctica es el cosechero quien estima la madurez del fruto con criterios subjetivos, que pueden llevar a cosechar racimos inmaduros, sobremaduros o pasados.¹⁰¹

Los ciclos de cosecha no deben ser largos porque muchos racimos se sobremadurán y la mayoría de sus frutos se caen y se dañan; tampoco deben ser muy cortos porque se cosecharía racimos inmaduros, aparte de ser costoso.¹⁰²

¹⁰⁰ REYES, Op. cit., p.70.

¹⁰¹ CHILITO, L y NARVÁEZ, J, Op. cit.

¹⁰² TOONG, T y YEANG, T, Op. cit.

3.4.3 Clase tres. Este grupo se caracterizó por ser el más pequeño con 25 lotes representando el 7.74% de la población estudiada, 20 de ellos de la zona III, y 2 lotes en la zona I y II respectivamente.

Se reunieron lotes con presencia de racimos maduros (RM) y todos los defectos evaluados con porcentajes superiores a los generales, sus promedios fueron: (RM, 1584), RV 67.80, RSM 75.72, RE 58.08, RMP 33.92, RPL 29.64, RPA 47.72, siendo los generales en su orden: 447.72, 16.48, 14.43, 9.70, 5.59, 8.27 y 16.44. (Cuadro 12, figura 9).

Aunque no se presentan los promedios de jornales, ciclos, ni edad; es bueno destacar que son lotes que aunque presentan un alto promedio de racimos maduros (RM), son igualmente los que presentan promedios elevados en los diferentes defectos encontrados, incidiendo fuertemente en las pérdidas de la plantación.

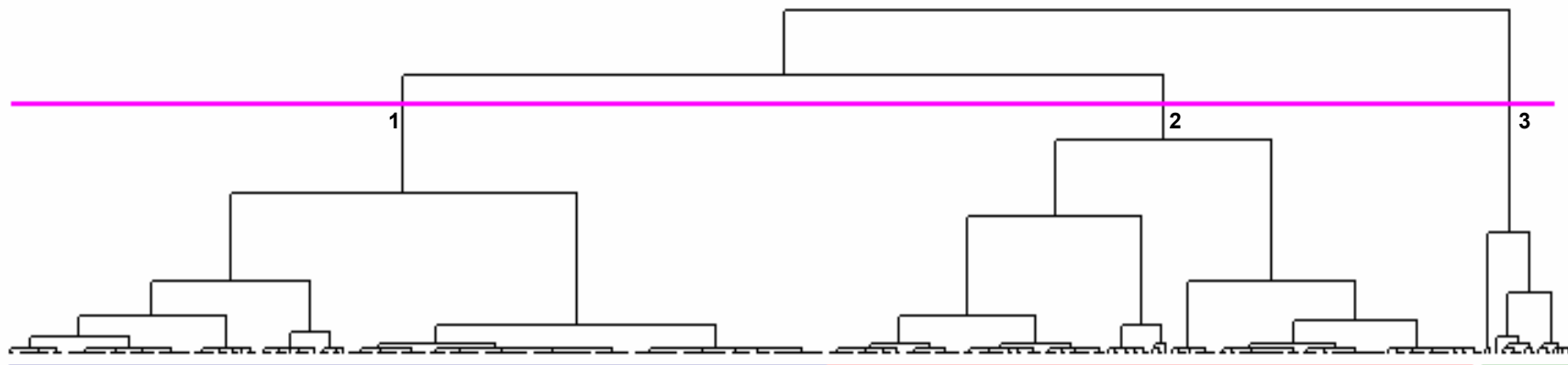
Esta clase al igual que las anteriores, nos revela la realidad de la labor de corte del fruto en cosecha. Va a existir siempre una diversidad de racimos cosechados que presentan diferentes estados de maduración así como defecto por una mala labor de corte y fisiológico.¹⁰³

Durante los procesos de corte y recolección de fruto debe existir un control por parte de los técnicos y de la administración de cada plantación, para que sea una responsabilidad técnico administrativa y no de los trabajadores que realizan esta labor; para que de esta manera las pérdidas sean la mínimas obteniendo la mayor cantidad y calidad de racimos para extraer el aceite.¹⁰⁴

¹⁰³ TOONG, YEANG y SOUTHWORTH, citados por CHILITO, L y NARVÁEZ, J, Op. cit.

¹⁰⁴ PORIM, citado por Chilito y Narvárez y BERNAL, F, Op. cit.

Figura 9. Clasificación jerárquica en cosecha de la Plantación en tres clases



| CLASE 1 | | | | | | | | | | | | CLASE 2 | | | | | | CLASE 3 | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|----|----|-----|----|----|-----|----|----|-----|----|----|---------|----|----|-----|----|----|---------|----|----|-----|---|----|-----|---|----|-----|---|----|-----|---|----|
| LO | ZN | MA | LO | ZN | MA | LO | ZN | MA | LO | ZN | MA | LO | ZN | MA | LO | ZN | MA | LO | ZN | MA | | | | | | | | | | | | |
| C21 | 1 | IR | B14 | 1 | PA | B14 | 1 | PA | B16 | 1 | PA | C12 | 2 | IR | B19 | 1 | PA | K5 | 1 | IR | K14 | 1 | IR | N11 | 1 | IR | E37 | 1 | IR | C9 | 1 | IR |
| C20 | 1 | IR | C9 | 1 | IR | C20 | 1 | IR | C18 | 1 | IR | C30 | 2 | IR | C20 | 1 | IR | K2 | 1 | IR | K18 | 1 | IR | L6 | 1 | IR | I40 | 1 | PA | E31 | 1 | IR |
| B17 | 1 | PA | I35 | 1 | CR | C27 | 1 | IR | C19 | 1 | IR | C31 | 2 | IR | C21 | 1 | IR | K10 | 1 | IR | K2 | 1 | IR | K14 | 1 | IR | K15 | 1 | IR | D15 | 2 | IR |
| C8 | 1 | IR | G17 | 1 | IR | C28 | 1 | IR | C27 | 1 | IR | C32 | 2 | IR | C23 | 1 | IR | K1 | 1 | IR | I31 | 1 | CR | C21 | 1 | IR | K8 | 1 | IR | D19 | 2 | IR |
| C18 | 1 | IR | G15 | 1 | IR | C29 | 1 | IR | C28 | 1 | IR | C35 | 2 | IR | E39 | 1 | IR | K15 | 1 | IR | N11 | 1 | IR | K19 | 1 | IR | B17 | 1 | IR | D15 | 2 | IR |
| B19 | 1 | PA | G7 | 1 | IR | E31 | 1 | IR | C29 | 1 | IR | C37 | 2 | IR | G12 | 1 | IR | K11 | 1 | IR | E33 | 1 | CH | K4 | 1 | IR | C14 | 1 | IR | I3 | 3 | PA |
| E39 | 1 | IR | F8 | 1 | IR | E34 | 1 | CH | C9 | 1 | IR | D11 | 2 | IR | G13 | 1 | IR | K18 | 1 | IR | I26 | 1 | PA | E34 | 1 | CH | K2 | 1 | IR | E30 | 3 | IR |
| I27 | 1 | PA | I35 | 1 | IR | H2 | 1 | PA | G10 | 1 | IR | D12 | 2 | IR | G4 | 1 | IR | I26 | 1 | PA | G8 | 1 | IR | I31 | 1 | CR | K12 | 1 | IR | F21 | 3 | IR |
| G7 | 1 | IR | C11 | 1 | IR | C11 | 2 | IR | G11 | 1 | IR | D14 | 2 | IR | I35 | 1 | CR | G2 | 1 | IR | I25 | 1 | IR | K18 | 1 | IR | K8 | 1 | IR | I20 | 3 | CR |
| E33 | 1 | CH | C28 | 1 | IR | C12 | 2 | IR | G8 | 1 | IR | D18 | 2 | IR | C11 | 2 | IR | I32 | 1 | CR | K11 | 1 | IR | E40 | 1 | IR | B19 | 1 | PA | I20 | 3 | CR |
| G15 | 1 | IR | C26 | 1 | IR | C32 | 2 | IR | H1 | 1 | PA | D2 | 2 | IR | C31 | 2 | IR | K18 | 1 | IR | K13 | 1 | IR | I26 | 1 | PA | N7 | 1 | IR | F4 | 3 | IR |
| I37 | 1 | CR | G16 | 1 | IR | C35 | 2 | IR | I37 | 1 | CR | D20 | 2 | IR | C39 | 2 | IR | K17 | 1 | IR | K13 | 1 | IR | I26 | 1 | PA | N7 | 1 | IR | F4 | 3 | IR |
| B12 | 1 | PA | H1 | 1 | PA | D1 | 2 | IR | C32 | 2 | IR | D22 | 2 | IR | E20 | 2 | IR | I40 | 1 | PA | N7 | 1 | IR | G1 | 1 | IR | E5 | 2 | IR | H31 | 3 | PA |
| H6 | 2 | PA | C31 | 1 | IR | D12 | 2 | IR | C36 | 2 | IR | D23 | 2 | IR | D10 | 2 | IR | H2 | 1 | PA | C36 | 2 | IR | I31 | 1 | CR | C33 | 2 | IR | I20 | 3 | CR |
| H4 | 2 | PA | C37 | 1 | IR | D12 | 2 | IR | C39 | 2 | IR | D23 | 2 | IR | D11 | 2 | IR | G10 | 1 | IR | J6 | 2 | IR | I35 | 1 | CR | J8 | 2 | IR | E28 | 3 | IR |
| E19 | 2 | PA | C32 | 1 | IR | D13 | 2 | IR | D18 | 2 | IR | D24 | 2 | IR | D18 | 2 | IR | G14 | 1 | IR | D5 | 2 | IR | C16 | 1 | IR | O4 | 2 | IR | F4 | 3 | IR |
| E3 | 2 | IR | C41 | 1 | IR | D18 | 2 | IR | D18 | 2 | IR | D25 | 2 | IR | D20 | 2 | IR | M6 | 2 | IR | E19 | 2 | PA | N4 | 1 | IR | E8 | 2 | IR | H38 | 3 | PA |
| D25 | 2 | IR | C16 | 1 | IR | D24 | 2 | IR | D2 | 2 | IR | D25 | 2 | IR | D22 | 2 | IR | J6 | 2 | IR | J5 | 2 | IR | I23 | 2 | PA | I23 | 2 | PA | I12 | 3 | PA |
| C31 | 2 | IR | G10 | 1 | IR | D25 | 2 | IR | D20 | 2 | IR | D25 | 2 | IR | D22 | 2 | IR | I23 | 2 | PA | J6 | 2 | IR | O1 | 2 | IR | F17 | 3 | CH | E30 | 3 | IR |
| D25 | 2 | IR | G15 | 1 | IR | D8 | 2 | IR | D22 | 2 | IR | D26 | 2 | IR | D3 | 2 | IR | M5 | 2 | IR | O7 | 2 | IR | J6 | 2 | IR | F40 | 3 | CH | H21 | 3 | PA |
| E21 | 2 | IR | D23 | 2 | IR | E14 | 2 | IR | D9 | 2 | IR | D27 | 2 | IR | D6 | 2 | IR | J7 | 2 | IR | M3 | 2 | IR | D24 | 2 | IR | | | | I20 | 3 | PA |
| C36 | 2 | IR | D19 | 2 | IR | E16 | 2 | IR | E19 | 2 | PA | D5 | 2 | IR | E14 | 2 | IR | C40 | 2 | IR | I15 | 3 | PA | E8 | 2 | IR | | | | I20 | 3 | PA |
| E20 | 2 | IR | D17 | 2 | IR | E18 | 2 | CH | E21 | 2 | IR | D8 | 2 | IR | E16 | 2 | IR | H6 | 2 | PA | I18 | 3 | CR | M5 | 2 | IR | | | | E29 | 3 | IR |
| D22 | 2 | IR | D8 | 2 | IR | E19 | 2 | PA | E5 | 2 | IR | D8 | 2 | IR | E20 | 2 | IR | H7 | 2 | PA | I11 | 3 | PA | I11 | 3 | PA | | | | F4 | 3 | IR |
| H36 | 3 | PA | H5 | 2 | PA | E6 | 2 | IR | E8 | 2 | IR | E2 | 2 | IR | H4 | 2 | PA | L7 | 3 | IR | L2 | 3 | IR | L5 | 3 | IR | | | | E30 | 3 | IR |
| H34 | 3 | PA | H9 | 2 | PA | H4 | 2 | PA | H4 | 2 | PA | E4 | 2 | IR | F1 | 3 | CH | H18 | 3 | PA | F15 | 3 | IR | N22 | 3 | IR | | | | | | |
| H23 | 3 | PA | E16 | 2 | IR | H5 | 2 | PA | I34 | 2 | PA | E5 | 2 | IR | F14 | 3 | IR | I17 | 3 | CR | L3 | 3 | IR | L7 | 3 | IR | | | | | | |
| L1 | 3 | IR | E14 | 2 | IR | H9 | 2 | PA | F15 | 3 | IR | E6 | 2 | IR | F20 | 3 | IR | I18 | 3 | CR | N17 | 3 | IR | H38 | 3 | PA | | | | | | |
| F18 | 3 | IR | D18 | 2 | IR | H4 | 2 | PA | F20 | 3 | IR | E9 | 2 | IR | F27 | 3 | CH | L2 | 3 | IR | L8 | 3 | IR | F15 | 3 | IR | | | | | | |
| F35 | 3 | CH | D20 | 2 | IR | F22 | 3 | IR | F38 | 3 | CH | H4 | 2 | PA | F38 | 3 | CH | F11 | 3 | CH | N18 | 3 | IR | I9 | 3 | PA | | | | | | |
| F30 | 3 | CH | F20 | 3 | IR | F39 | 3 | CH | F20 | 3 | IR | H27 | 3 | PA | F27 | 3 | CH | | | | | | | | | | | | | | | |
| F17 | 3 | CH | H27 | 3 | PA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Esta investigación

3.5. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES EN POST-COSECHA

Se muestrearon 137 lotes durante el primer semestre del año 2005, (Anexo C), en los cuales se evaluaron 15 variables cuantitativas: número de palmas (NP), edad (ED), racimos maduros no cosechados (RMNC), racimos cosechados no recogidos (RCNR), palmas con fruto suelto (PFS), promedio de fruto por palma (PFP), fruto suelto total (FST), racimos pasados en palma (RPP), racimos pasados en plato (RPPL), hojas mal cortadas (HMC), peso promedio de un racimo (PPR), peso promedio de un fruto (PPF), ciclos (CLO), jornales (JLES) y pérdidas por lote (PXL)), que se sometieron al análisis estadístico de componentes principales.

El (cuadro 13) resume el número de hectáreas y lotes muestreados en cada uno de los meses en cada zona de la plantación e indica el porcentaje que representan.

Cuadro 13. Resumen de los muestreos realizados en post-cosecha.

| MES | ENERO | | FEBRERO | | MARZO | | ABRIL | | MAYO | | JUNIO | | TOTAL | |
|-------|-------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| | ZONA | Nº | % | Nº | % | Nº | % | Nº | % | Nº | % | Nº | | % |
| HAS | 1 | 78,10 | 30,91 | 78,87 | 29,32 | 72,04 | 30,20 | 87,71 | 38,41 | 101,18 | 34,55 | 85,44 | 29,74 | 503,34 |
| | 2 | 73,38 | 29,04 | 67,99 | 25,28 | 80,37 | 33,69 | 70,93 | 31,06 | 95,86 | 32,73 | 112,8 | 39,25 | 501,30 |
| | 3 | 101,17 | 40,04 | 122,1 | 45,40 | 86,13 | 36,11 | 69,7 | 30,52 | 95,83 | 32,72 | 89,08 | 31,01 | 564,04 |
| TOTAL | | 252,65 | 100,00 | 268,99 | 100,00 | 238,54 | 100,00 | 228,34 | 100,00 | 292,87 | 100,00 | 287,29 | 100,00 | 1568,68 |
| LOTES | 1 | 8 | 34,78 | 5 | 26,32 | 6 | 30,00 | 6 | 35,29 | 9 | 31,03 | 9 | 31,03 | 43 |
| | 2 | 6 | 26,09 | 6 | 31,58 | 7 | 35,00 | 6 | 35,29 | 13 | 44,83 | 13 | 44,83 | 51 |
| | 3 | 9 | 39,13 | 8 | 42,11 | 7 | 35,00 | 5 | 29,41 | 7 | 24,14 | 7 | 24,14 | 43 |
| TOTAL | | 23 | 100,00 | 19 | 100,00 | 20 | 100,00 | 17 | 100,00 | 29 | 100,00 | 29 | 100,00 | 137 |

Esta investigación

El análisis de las variables en estudio permitió establecer la correlación directa entre la variable pérdidas por lote (pxl) y la variables racimo pasados en plato (rppl) y racimos pasados en palma (rpp) con valores de 0.82, 0.59 respectivamente y entre fruto suelto total (fst) y promedio de fruto por palma (pfp) con un valor de 0.65 (Cuadro 14).

Al respecto BROCHAT¹⁰⁵ afirma que esto no es una norma rígida y que algunas veces con valores característicos ligeramente inferiores pueden tenerse también en cuenta.

¹⁰⁵ BROCHAT, T. Principal componet análisis in Horticultura research. Hort Science, Vol 14, april 1979. p.4

Lo anterior indica que las pérdidas presentes en los lotes son ocasionadas directa y considerablemente por defectos racimos pasados en palma y racimos pasados en plato, siendo estos, según el cuadro 6, los que se presentan en mayor cantidad en la plantación.

Las variables fruto suelto total y promedio de fruto por palma tienen una relación directa ya que dependiendo de la cantidad de fruto que se presente en cada palma y su promedio generado inciden en la totalidad del fruto encontrado y por consiguiente incide en las pérdidas totales.

Al existir pocas correlaciones entre las variables, indicará que existen muchos factores que explican gran parte de la variabilidad total.¹⁰⁶

Cuadro 14. Coeficientes de correlación entre las variables estudiadas en post-cosecha

| | NP | ED | RMNC | RCNR | PFS | PPF | FST | RPP | RPPL | HMC | PPR | PPF | CLO | JLES | PXL |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|
| NP | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| ED | 0.18 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | |
| RMNC | 0.05 | -0.08 | 1.00 | | | | | | | | | | | | |
| RCNR | -0.13 | -0.05 | 0.35 | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| PFS | 0.20 | 0.13 | -0.14 | 0.17 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| PPF | -0.01 | 0.14 | 0.24 | 0.19 | -0.25 | 1.00 | | | | | | | | | |
| FST | 0.12 | 0.21 | 0.21 | 0.33 | 0.23 | 0.65 | 1.00 | | | | | | | | |
| RPP | 0.09 | -0.01 | 0.24 | 0.05 | -0.05 | 0.02 | 0.12 | 1.00 | | | | | | | |
| RPPL | 0.30 | 0.21 | 0.01 | -0.08 | 0.21 | -0.15 | 0.03 | 0.23 | 1.00 | | | | | | |
| HMC | 0.23 | -0.07 | 0.01 | 0.07 | 0.05 | -0.08 | 0.06 | 0.42 | 0.25 | 1.00 | | | | | |
| PPR | 0.06 | 0.52 | -0.06 | -0.03 | 0.03 | 0.02 | 0.09 | 0.03 | 0.06 | 0.04 | 1.00 | | | | |
| PPF | 0.01 | 0.11 | -0.01 | -0.05 | -0.01 | 0.10 | 0.13 | 0.06 | -0.03 | 0.00 | 0.10 | 1.00 | | | |
| CLO | -0.07 | 0.15 | 0.01 | -0.02 | -0.12 | 0.14 | 0.15 | 0.06 | 0.06 | 0.07 | 0.18 | -0.06 | 1.00 | | |
| JLES | 0.35 | 0.13 | -0.15 | -0.07 | 0.14 | -0.09 | 0.07 | 0.13 | 0.20 | 0.32 | 0.12 | 0.19 | 0.07 | 1.00 | |
| PXL | 0.27 | 0.31 | 0.12 | 0.02 | 0.17 | -0.07 | 0.20 | 0.59 | 0.82 | 0.31 | 0.34 | 0.08 | 0.13 | 0.24 | 1.00 |

Fuente: Esta investigación

NP: número de palmas

ED: edad

RMNC: racimos maduros no cosechados

RCNR: racimos cosechados no recogidos

PFS: palmas con fruto suelto

PPF: promedio de frutos por palma

PPF: peso promedio de un fruto

PXL: pérdidas por lote

FST: fruto suelto total

RPP: racimos pasados en palma

RPPL: racimos pasados en plato

ED: edad

PPR: peso promedio de un racimo

CLO: ciclos

JLES: jornales

El análisis de componentes principales indicó la conformación de 15 factores, teniendo en cuenta el porcentaje de los valores propios (Cuadro 15), aportando el 100%, de los cuales los 4 primeros permiten explicar el 53.97 % de la variabilidad del estudio.

3.5.1 Factor uno. Permite explicar e 19,87% de la variabilidad del estudio y está conformado por las variables pérdidas por lote (pxl) con un valor de 0.89, racimos pasados en plato (rpl) con -0.72, racimos pasados en palma (rpp) con -0.55, hojas

¹⁰⁶ TERRADEZ, M, Op, Cit.

mal cortadas (hmc) con -0.50 y número de palmas con (np) -0.49, (Figura 10); esto indica que los anteriores variables tienen mayor efecto en las pérdidas presentes en los lotes y en la plantación; corroborando nuevamente lo afirmado por BROCHAT.¹⁰⁷

Cuadro 15. Histograma de los valores propios explicando la variabilidad de los datos obtenidos en post-cosecha.

| NUMERO | VALEUR PROPRE | POURCENT. | POURCENT. CUMULE | |
|--------|---------------|-----------|------------------|-------|
| 1 | 2.9803 | 19.87 | 19.87 | ***** |
| 2 | 2.0871 | 13.91 | 33.78 | ***** |
| 3 | 1.6739 | 11.16 | 44.94 | ***** |
| 4 | 1.3543 | 9.03 | 53.97 | ***** |
| 5 | 1.2198 | 8.13 | 62.10 | ***** |
| 6 | 1.0211 | 6.81 | 68.91 | ***** |
| 7 | 0.9787 | 6.52 | 75.43 | ***** |
| 8 | 0.8448 | 5.63 | 81.07 | ***** |
| 9 | 0.7160 | 4.77 | 85.84 | ***** |
| 10 | 0.5795 | 3.86 | 89.70 | ***** |
| 11 | 0.5111 | 3.41 | 93.11 | ***** |
| 12 | 0.4299 | 2.87 | 95.98 | ***** |
| 13 | 0.3813 | 2.54 | 98.52 | ***** |
| 14 | 0.1924 | 1.28 | 99.80 | ***** |
| 15 | 0.0299 | 0.20 | 100.00 | * |

Fuente: Esta investigación

El Cuadro 16, indica los valores de la variación de las variables con los factores en los cinco ejes de coordenadas.

De los tres componentes el factor uno es el más importante ya que nos presenta las variables racimos pasados en palma (rpp) y racimos pasados en plato (rppl), las cuales tienen una relación directa con las variables hojas mal cortadas (hmc) y pérdidas por lote (pxl); al existir un número mayor de hojas mal cortadas o sin poda es más factible encontrar un número mayor de racimos pasados que aún estén en las palmas o ya hallan caído de ellas (Cuadro16, figura 10).

Normalmente, la principal causa en la baja producción en las áreas con palmas altas, se debe a que se pasan por alto algunos racimos maduros que para la próxima ronda de cosecha estará en un estado avanzado de maduración, debido a fallas en la eficiencia de la cosecha. Igualmente los ciclos de poda deben estar al día, por lo menos una vez al año con el fin de no obstaculizar la visibilidad¹⁰⁸.

¹⁰⁷ BROCHAT, T, Op. cit., p.2.

¹⁰⁸ TOONG, T y YEANG, T, Op. cit

Cuadro 16. Coordenadas de las variables sobre los ejes uno a cinco de las variables activas en post-cosecha.

| VARIABLES | COORDONNEES | | | | |
|----------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|
| IDEN - LIBELLE COURT | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| NP - np | -0.49 | 0.15 | -0.01 | -0.33 | 0.23 |
| ED - ed | -0.45 | -0.12 | -0.67 | 0.04 | -0.20 |
| RMNC - rmnc | -0.10 | -0.54 | 0.44 | 0.10 | -0.15 |
| RCNR - rcnr | -0.04 | -0.55 | 0.30 | -0.34 | -0.26 |
| PFS - pfs | -0.29 | 0.15 | -0.08 | -0.75 | -0.28 |
| PFP - pfp | -0.02 | -0.82 | -0.14 | 0.05 | 0.24 |
| FST - fst | -0.34 | -0.75 | -0.11 | -0.31 | 0.09 |
| RPP - rpp | -0.55 | -0.09 | 0.49 | 0.33 | 0.09 |
| RPPL - rppl | -0.72 | 0.26 | 0.14 | 0.02 | -0.30 |
| HMC - hmc | -0.50 | 0.13 | 0.41 | 0.06 | 0.33 |
| PPR - ppr | -0.40 | -0.06 | -0.59 | 0.24 | -0.17 |
| PPF - ppf | -0.15 | -0.11 | -0.23 | -0.05 | 0.55 |
| CLO - clo | -0.19 | -0.21 | -0.22 | 0.46 | -0.03 |
| JLES - jles | -0.49 | 0.23 | -0.10 | -0.19 | 0.54 |
| PXL - pxl | -0.89 | 0.06 | 0.12 | 0.18 | -0.24 |

Fuente: Esta investigación

NP: número de palmas

ED: edad

RMNC: racimos maduros no cosechados

RCNR: racimos cosechados no recogidos

PFS: palmas con fruto suelto

PFP: promedio de frutos por palma

PPF: peso promedio de un fruto

PXL: pérrdidas por lote

FST: fruto suelto total

RPP: racimos pasados en palma

RPPL: racimos pasados en plato

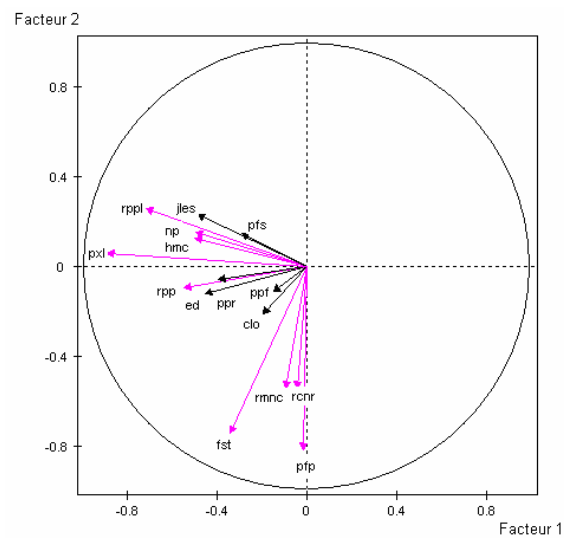
ED: edad

PPR: peso promedio de un racimo

CLO: ciclos

JLES: jornales

Figura 10. Diagrama de representación de las variables de post-cosecha en los dos primeros componentes.



Fuente: Esta investigación

3.5.2 Factor dos. Con una explicación del 13.91% de la variabilidad total (cuadro 11 y Figura 8). Está conformado por las variables fruto suelto total (fst), racimos cosechados no recogidos (rcnr) y racimos maduros no cosechados (rmnc) mostrando una correlación-factor de: -0.75, -0.55 y -0.54 respectivamente; en este factor se presentan estos defectos de gran importancia en la baja extracción de aceite que conllevan, si se considera que los frutos sueltos tienen altos porcentajes de extracción del orden del 40% y los racimos maduros no cosechados como cosechados no recogidos que se pierden a pesar de que pueden estar en su punto óptimo de madurez. (cuadros 15 y 16).

De igual forma se presenta la no cosecha de racimos maduros; o lo que normalmente suele suceder, de cosechar el racimo pero no ser evacuado del lote hacia los respectivos acopios, por no existir una organización en los procesos de corte y recolección de fruto.¹⁰⁹

3.5.3 Factor tres. Explica el 11.16% de la variabilidad, estando presentes las siguientes variables: edad (ed), con un valor de correlación con el factor de -0.67 y la variable peso promedio del racimo (ppr) con un valor de -0.59. (Cuadros 15 y 16).

Este factor nos explica que existe una relación directa entre el peso de los racimos y la edad de la palma, puesto que una palma adulta produce una mayor cantidad de kilogramos de racimo que una palma de una edad más joven y son las dos normas o criterios de cosecha importantes utilizados por los cosecheros al momento de realizar el corte. (Figura 10).

El peso promedio de los racimos que varía en los diferentes lotes es determinante en el porcentaje de extracción de aceite crudo que pueden producir, ya que son directamente proporcionales; así como también a las pérdidas que generan si estos son defectos.

Una norma muy usada es que debe haber por lo menos dos frutos sueltos por kilogramo de racimo, es decir, si un racimo pesa 10 kilogramos debe haber aproximadamente unos 20 frutos sueltos.¹¹⁰

3.5.4 Factor cuatro. Nos explica la variabilidad del 9.03% representado en las variables ciclos de cosecha (clos) y número de palmas con fruto suelto (pfs); presentan valores de correlación con el factor de -0.75 y 0.46.

¹⁰⁹ FRANCO, B. Post-cosecha en la palma de aceite la ruta de la calidad. Palmas Olageinosas Bucarelia S.A. Informe no publicado. 1998

¹¹⁰ HARTLEY, Op. cit., p.350.

En este factor podemos analizar que esos frutos pueden presentarse debido al golpe que sufre esta luego de ser cortado y golpear contra el suelo (desgrane) y no son recogidos en su totalidad por los peberos, lo que indica que la labor de recolección de fruto suelto no se está realizando en su totalidad o, son aquellos frutos que nos indican el nivel de madurez de los racimos de esa palma señalando como criterio que es hora de cortar el ó los racimos de esa palma.

Este factor es de gran importancia dentro de los procesos de corte de fruto debido a la presencia de diferentes criterios o normas de cosecha puesto la maduración de los frutos dentro del racimo no es uniforme; sin embargo TEO HANG TOONG y TAN SENG YEANG, aconsejan establecer una norma mínima de maduración con el fin de alcanzar los mejores resultados.¹¹¹

SOUTHWORTH y SEGAR “Una buena norma es la que da equilibrio entre la producción de aceite, la calidad del mismo y el costo de la cosecha, en la practica esta norma es muy ambigua, ellos citan algunos investigadores que han establecido el máximo contenido de aceite de un racimo cuando se desprende el 20% o más de sus fruto¹¹²

El máximo contenido de aceite se logra tan pronto como se inicia el proceso de desprendimiento de los frutos.¹¹³

Es importante tener en cuenta que no existe una norma única que se ajuste a todas las circunstancias, incluso; dentro de una misma Plantación, por eso recomiendan hacer ajustes de acuerdo con los cambios topográficos y la altura de las palmas.

3.6 CLASIFICACIÓN JERÁRQUICA DE LA PLANTACIÓN EN POST-COSECHA.

Con los 137 lotes y las 15 variables estudiados se procedió a realizar la clasificación jerárquica de acuerdo a las distancias de Ward, previa la normalización en el programa Spad 3.5. Este modelo dió como resultado la conformación de cuatro grupos o cluster, teniendo en cuenta las igualdades y diferencias intragrupalas...véase cuadro 17...

3.6.1 Clase uno. En esta clase se agruparon 13 lotes; es una clase uniforme ya que la conforman cinco lotes de la zona I, cinco de la zona II y tres de la zona III; los cuales representaron el 9.49% del total de los lotes muestreados (figura 11).

¹¹¹ TOONG, T y YEANG, T, Op. cit

¹¹² SEGAR citado por SOUTHWORTH, Op. cit.

¹¹³ AZIS ARIFIN, RAJANAIDU et al y WORD et al, citados por CHILITO y NARVAEZ, Op.cit., p.25.

En esta clase se presentaron las variables racimos pasados en palma (rpp), perdidas por lote (pxl), hojas mal cortadas (hmc), racimos pasados en plato (rppl) y jornales (jles), cuyos promedios presentados fueron: 70.31, 3703.15, 192.38, 105.77 y 14.08, y que fueron mayores a los generales, siendo estos los siguientes 12.80, 1139.71, 60.6, 35.33 y 7.33 respectivamente (cuadro 17 y figura 11).

En esta clase presento promedios muy superiores a los generales, se destaca la presencia de las variables racimos pasados en palma (rpp) y racimos pasados en plato (rpl) debido a que las hojas mal cortadas (hmc) tienen un gran valor incidiendo en la labor de corte de racimos y por ende en el aumento de las perdidas por lote.

Es importante eliminar la menor cantidad de hojas al momento de realizar la labor de cosecha y se aconseja en lo posible a los cosechadores, "robar" racimos maduros sin necesidad de eliminar las hojas; sin embargo, si la remoción es inevitable se deben cortar de manera que se conserven por lo menos dos hojas por debajo del racimo en palmas jóvenes y una en adultas.¹¹⁴

Teniendo en cuenta lo anterior, en algunos casos se cortan los racimos sin eliminar la o las hojas por ahorro de tiempo en esta labor, ocasionando la acumulación de las mismas lo que incide en que no se observen otros racimos y no sean cortados, convirtiéndose estos en racimos pasados.

Respecto a los jornales, a pesar de presentar un promedio mayor, nos indica que la labor de cosecha no es eficiente ni se realiza correctamente.

3.6.2 Clase dos. La clase dos la conformaron 16 lotes que representan un porcentaje de 11.68% de los lotes totales evaluados; cinco, cuatro y siete lotes en su orden en las diferentes zonas (figura 11).

En esta clase se observa la presencia de dos grupos de variables: por un lado, la de los racimos maduros no cosechados (rmnc) y la de los racimos cosechados no recogidos (rcnr) y por otro el de promedio de palmas con fruto (ppf) y fruto suelto total (fst); se caracteriza por que tienen unos valores en su orden de: 14.81, 6.75, 760.38 y 9946.75, promedios por encima de los generales (cuadro 17).

Es de resaltar también, es la presencia de (rcnr) que se presentan posteriormente, después de ser cortados pero no evacuados de los lotes y llevados a los respectivos acopios; esto a la falta de coordinación en la labor de recolección del fruto y por otra parte al existir un promedio de fruto elevado por palma; esto influirá notablemente en el fruto suelto total del lote y de la plantación sin importar el número de palmas con presencia de los mismos.

¹¹⁴ TOONG y YEANG, Op. cit.

Cuadro 17. Descripción de la caracterización de la plantación en las cuatro clases.

CLASSE 1 / 4

| V.TEST | PROBA | PROMEDIOS | | DESV. ESD | | VARIABLES |
|--------|-------|---------------|---------|---------------|---------|-----------|
| | | CLASE GENERAL | | CLASE GENERAL | | |
| 8.95 | 0.000 | 70.31 | 12.80 | 43.88 | 24.25 | RPP |
| 8.41 | 0.000 | 3703.15 | 1139.71 | 1506.06 | 1150.44 | PXL |
| 6.38 | 0.000 | 192.38 | 60.69 | 169.27 | 77.96 | HMC |
| 5.72 | 0.000 | 105.77 | 35.33 | 94.72 | 46.48 | RPPL |
| 5.39 | 0.000 | 14.08 | 7.33 | 7.95 | 4.73 | JLES |

CLASSE 2 / 4

| V.TEST | PROBA | PROMEDIOS | | DESV. ESD | | VARIABLES |
|--------|-------|---------------|---------|---------------|---------|-----------|
| | | CLASE GENERAL | | CLASE GENERAL | | |
| 8.20 | 0.000 | 760.38 | 220.80 | 418.27 | 278.93 | PFP |
| 7.15 | 0.000 | 9946.75 | 3301.93 | 4368.15 | 3939.21 | FST |
| 5.47 | 0.000 | 14.81 | 6.32 | 11.98 | 6.59 | RMNC |
| 4.74 | 0.000 | 6.75 | 3.18 | 3.85 | 3.19 | RCNR |

CLASSE 3 / 4

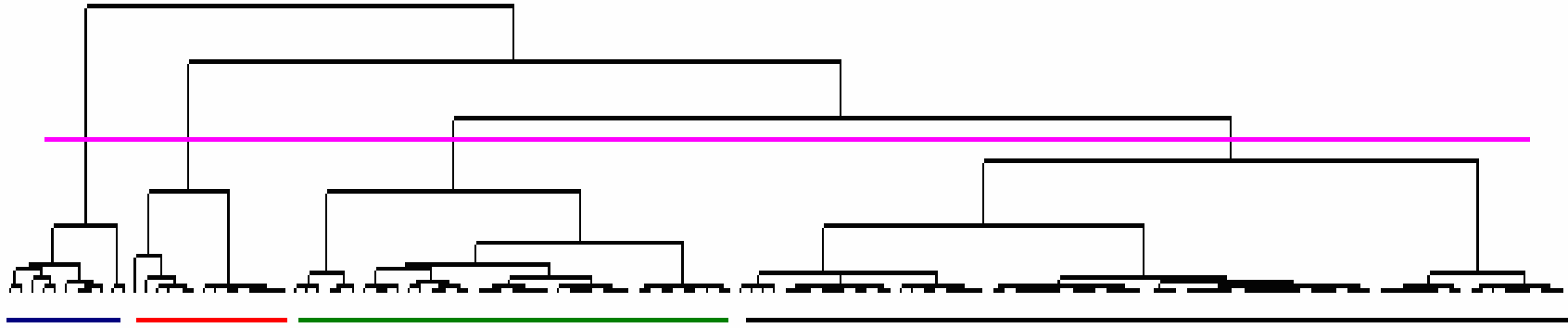
| V.TEST | PROBA | PROMEDIOS | | DESV. ESD | | VARIABLES |
|--------|-------|---------------|---------|---------------|--------|-----------|
| | | CLASE GENERAL | | CLASE GENERAL | | |
| 7.32 | 0.000 | 65.60 | 25.80 | 49.94 | 33.56 | PFS |
| 4.73 | 0.000 | 2044.60 | 1572.79 | 675.83 | 616.55 | NP |
| 3.47 | 0.000 | 61.43 | 35.33 | 34.58 | 46.48 | RPPL |
| -3.09 | 0.001 | 81.20 | 220.80 | 74.99 | 278.93 | PFP |

CLASSE 4 / 4

| V.TEST | PROBA | PROMEDIOS | | DESV. ESD | | VARIABLES |
|--------|-------|---------------|---------|---------------|---------|-----------|
| | | CLASE GENERAL | | CLASE GENERAL | | |
| -2.96 | 0.002 | 43.49 | 60.69 | 42.58 | 77.96 | HMC |
| -2.97 | 0.001 | 2.47 | 3.18 | 2.68 | 3.19 | RCNR |
| -3.85 | 0.000 | 5.83 | 12.80 | 7.61 | 24.25 | RPP |
| -3.98 | 0.000 | 5.92 | 7.33 | 2.60 | 4.73 | JLES |
| -5.10 | 0.000 | 1338.28 | 1572.79 | 462.08 | 616.55 | NP |
| -5.28 | 0.000 | 12.58 | 25.80 | 10.74 | 33.56 | PFS |
| -5.42 | 0.000 | 1710.64 | 3301.93 | 1567.82 | 3939.21 | FST |
| -5.45 | 0.000 | 16.45 | 35.33 | 15.19 | 46.48 | RPPL |
| -6.35 | 0.000 | 595.03 | 1139.71 | 415.20 | 1150.44 | PXL |

Fuente: Esta investigación

Figura 11 Clasificación jerárquica en post-cosecha de la Plantación en cuatro clases



| CLASE 1 | | | CLASE 2 | | |
|---------|----|----|---------|----|----|
| LO | ZN | MA | LO | ZN | MA |
| C8 | 1 | IR | G8 | 1 | IR |
| C29 | 1 | IR | C21 | 1 | IR |
| N9 | 1 | IR | C25 | 1 | IR |
| C20 | 1 | IR | N11 | 1 | IR |
| C8 | 1 | IR | N11 | 1 | IR |
| D23 | 2 | IR | C36 | 2 | IR |
| D22 | 2 | IR | E7 | 2 | IR |
| D3 | 2 | IR | E12 | 2 | IR |
| O3 | 2 | IR | E13 | 2 | IR |
| E7 | 2 | IR | F24 | 3 | CH |
| E22 | 3 | IR | L1 | 3 | IR |
| I3 | 3 | PA | F24 | 3 | CH |
| F36 | 3 | CH | H19 | 3 | PA |
| | | | N24 | 3 | IR |
| | | | H18 | 3 | PA |
| | | | E25 | 3 | IR |

| CLASE 3 | | | | | |
|---------|----|----|-----|----|----|
| LO | ZN | MA | LO | ZN | MA |
| B12 | 1 | PA | I37 | 1 | CR |
| C17 | 1 | R | C28 | 1 | IR |
| G14 | 1 | IR | C21 | 1 | IR |
| I35 | 1 | CR | D27 | 2 | IR |
| C27 | 1 | IR | D15 | 2 | IR |
| D14 | 2 | IR | C35 | 2 | IR |
| D16 | 2 | IR | D20 | 2 | IR |
| J2 | 2 | IR | F14 | 3 | IR |
| H4 | 2 | PA | F9 | 3 | IR |
| C11 | 2 | IR | E29 | 3 | IR |
| H6 | 2 | PA | L2 | 3 | IR |
| E6 | 2 | IR | L3 | 3 | PA |
| D14 | 2 | IR | L4 | 3 | IR |
| L6 | 3 | R | I5 | 3 | PA |
| I12 | 3 | PA | F18 | 3 | IR |

| CLASE 4 | | | | | | | | | | | |
|---------|----|----|-----|----|----|-----|----|----|-----|----|----|
| LO | ZN | MA | LO | ZN | MA | LO | ZN | MA | LO | ZN | MA |
| K5 | 1 | IR | C24 | 1 | IR | C25 | 1 | IR | C7 | 1 | IR |
| K10 | 1 | IR | K13 | 1 | IR | I27 | 1 | PA | K8 | 1 | IR |
| K1 | 1 | IR | K16 | 1 | IR | G13 | 1 | IR | G6 | 1 | IR |
| H3 | 1 | PA | K5 | 1 | IR | E36 | 1 | IR | C16 | 1 | IR |
| F1 | 1 | CH | E36 | 1 | IR | N7 | 1 | IR | G8 | 1 | IR |
| C5 | 1 | IR | K19 | 1 | IR | C8 | 1 | IR | C32 | 2 | IR |
| N10 | 1 | IR | D25 | 2 | IR | H9 | 2 | PA | E9 | 2 | IR |
| G7 | 1 | IR | O8 | 2 | IR | C33 | 2 | IR | E13 | 2 | IR |
| G3 | 1 | IR | E24 | 2 | IR | D27 | 2 | IR | E11 | 2 | IR |
| I25 | 2 | PA | D5 | 2 | IR | O3 | 2 | IR | O1 | 2 | IR |
| E18 | 2 | CH | D5 | 2 | IR | D16 | 2 | IR | I16 | 3 | PA |
| J8 | 2 | IR | D5 | 2 | IR | M8 | 2 | IR | I7 | 3 | PA |
| M7 | 2 | IR | M3 | 2 | IR | E13 | 2 | IR | N16 | 3 | IR |
| C40 | 2 | IR | E9 | 2 | IR | E7 | 2 | IR | E22 | 3 | IR |
| E11 | 2 | IR | O1 | 2 | IR | C33 | 2 | IR | I4 | 3 | PA |
| I6 | 3 | PA | J6 | 2 | IR | F31 | 3 | CH | | | |
| I8 | 3 | PA | E12 | 2 | IR | F6 | 3 | IR | | | |
| E27 | 3 | IR | E29 | 3 | IR | H29 | 3 | PA | | | |
| F22 | 3 | IR | H21 | 3 | PA | H12 | 3 | PA | | | |
| L2 | 3 | IR | E29 | 3 | IR | I14 | 3 | PA | | | |
| I3 | 3 | PA | H16 | 3 | PA | I10 | 3 | PA | | | |

Fuente: Esta investigación

Las técnicas y procedimientos de cosecha aconsejan no pasar por alto ningún racimo maduro ya que la principal causa en la baja producción en las plantaciones es que se pasan por alto algunos racimos maduros debido a las fallas en las cosechas.¹¹⁵

La acumulación de aceite en la pulpa se traduce en su cambio de coloración y el fruto se cae espontáneamente. Como se ha podido comprobar, la acumulación de aceite no continua después de que este se separa naturalmente de la espiga; con base en esto, se obtendría el máximo de aceite recogiendo la fruta a medida que se suelta, lo cual es imposible de aplicar.¹¹⁶

3.6.3 Clase tres. La conforman 30 lotes así: 18, 12 y 10 en cada una de las zonas en estudio, que representan el 21.89% de la población total estudiada.

Se reunieron lotes con un promedio superior al general en las variables número de palmas con fruto (pfs) con 65.60 suelto, número de palmas (np) con 2044.60, es decir los mas extensos y racimos pasados en el plato con (rpl) con 61.43. Este grupo de lotes grandes presenta un gran numero palmas con presencia de fruto pero con un promedio menor al general a lo que respecta con el promedio de fruto por palma (pfp) con 81.20.

Lo ideal seria no encontrar ninguna palma con fruto suelto en su plato, o por lo menos encontrar un número bajo de palmas y con un promedio igualmente bajo de los mismos para que el resultado del fruto total sea mínimo de perdida, en este conjunto según el (cuadro 17) ocurre lo contrario.

HARTLEY¹¹⁷ afirma que el contenido de ácidos grasos libres en los frutos sueltos es constante aproximadamente al 5% mientras que en los frutos no desprendidos nunca subió por encima del 1.2%. Según algunos estudios en Malasia con palmas de 5,8 y 11 años se encontró que con el 30% de frutos desprendidos por racimo se obtenía la máxima relación de aceite en el fruto, con porcentajes del 2% al 3% de ácido grasos libres (AGL), en cambio en Costa de Marfil encontraron que no había un aumento adicional de aceite en el fruto con más del 6% de fruto desprendido.

DUFRANE y BERGER¹¹⁸, fueron los primeros en proponer un esquema lógico basado en niveles de maduración y formación de (AGL). Demostrando una relación lineal entre el numero de frutos sueltos de cinco a 74, dio como resultado

¹¹⁵ Ibid.

¹¹⁶ Ibid.

¹¹⁷ HARTLEY, OP. cit., p.368.

¹¹⁸ DUFRANE y BERGER, citados por SOUTHWORTH, Op. cit.

un aumento de apenas el 5% de aceite en el mesocarpio; en cambio el contenido de ácidos grasos libres subió de 0.5% a 2.9%.

3.6.4 Clase cuatro. Esta clase estuvo conformada por 78 lotes: 26 en la zona I, 31 en la zona II y 21 lotes en la zona III, representando el 56.93 % es el grupo de lotes más grande, caracterizado por estar presente la mayoría de las variables estudiadas mostrando unos promedios menores a los generales descritos en su orden a continuación: hojas mal cortadas (hmc) 43.49, racimos cosechados no recogidos (rcnr) 2.47, racimos pasados en palma (rpp) 5.83, jornales (jles) 5.92, número de palmas (np) 1338.28, número de palmas con fruto suelto (pfs) 12.58), fruto suelto total (fst) 1710.64), racimos pasados en plato (rpl) 16.45 y perdidas por lote (pxl) 595.03, siendo los generales: 60.69, 3.14, 12.80, 7.33, 1572.79, 25.80, 330.93, 35.33 y 1139.71.

Como se puede observar lo conforman lotes pequeños con presencia de varios defectos en una proporción baja pero que están afectando la calidad de la cosecha (figura 11 y cuadro 17).

Es vital el elemento humano dentro de las labores de corte y recolección de fruto, teniendo en cuenta que, dependiendo del volumen de la cosecha y su relación directa con la extracción de aceite, disminuirá considerablemente si este es escaso.¹¹⁹

¹¹⁹ BELTRAN, C, Op. cit., p.105.

4. ANALISIS ECONOMICO

Según el Departamento Agronómico de la Empresa Palmas de Tumaco S.A., en el primer semestre del año 2005 se produjeron en la plantación 27.234.84 toneladas de racimos de fruto fresco (RFF), con un promedio mensual de 4.539.14, que fueron equivalentes a 930.52 toneladas de aceite crudo/mes con un porcentaje de extracción promedio del 20,5%.¹²⁰

Las pérdidas en cosecha causadas por la presencia de racimos con diferentes defectos que afectan considerablemente la extracción y calidad de aceite crudo son de \$81.119.393; equivalentes a 187.78, salarios mínimos mensuales legales vigentes; sumado a esto en post-cosecha se presentaron pérdidas de 2.601.61 toneladas de racimos de fruto fresco por un valor de \$619.368.600 igual a 1443.72 salarios mínimos mensuales legales vigentes

Si se aplica la tecnología y metodología generada en esta investigación, realizando prácticas agronómicas adecuadas con criterios de corte y manejo de ciclos óptimos, incentivando y motivando a los trabajadores como un factor de fortalecimiento empresarial, así como también con una debida supervisión por personal capacitado y llevando una administración correcta de los directivos de esta plantación, que permitan disminuir las pérdidas en cosecha y post-cosecha y aumenten la cantidad de aceite en fábrica, los valores anteriores se convertirán en un ingreso adicional de \$116.747.800 equivalentes a 22.52 salarios mínimos mensuales legales vigentes.

Un trabajador capacitado (profesional), revisa 30 hectáreas/día, si trabaja seis días a la semana revisará 720 hectáreas al mes, para cubrir el área de producción de las 3.814,39 hectáreas, se requerirán seis operarios permanentes con un costo adicional de \$9.000.000

El ejercicio anterior dejará un ingreso extra de \$107.747.800 mensual es decir 249.42 salarios mínimos mensuales legales vigentes

¹²⁰ PLANTACIÓN PALMAS DE TUMACO S.A., Op. cit.

5. ASPECTO SOCIAL

En la actualidad el fortalecimiento del recurso humano es la respuesta a la necesidad que tienen las empresas de contar con un personal calificado y productivo, puesto que es de vital importancia ya que contribuye al desarrollo personal técnico y profesional de los trabajadores y a la vez, aporta beneficios para la institución.

se hace necesario entonces, desarrollar proyectos que permitan fortalecer el servicio misional de dinamismo y competitividad en el entorno laboral, ajustado a los niveles de calidad exigidos, incrementando las actitudes positivas, mejorando las relaciones personales, imagen, permitiendo una mayor comunicación, para promover así el manejo de áreas en conflicto.

En si, el fortalecimiento del recurso humano vela por la integridad de la Empresa aumentando los niveles de satisfacción; por eso; se hace necesario que se realicen acciones en:

- Trabajo comunitario: que permitirá la identificación de la posible problemática social, comunitaria y organizacional con sus posibles soluciones que contribuya a adelantar procesos de sensibilización, información y capacitación para que el trabajo sea satisfactorio, productivo y rentable, realizando seminarios, talleres charlas técnicas, asesorías que enseñen al trabajador a realizar una mejor labor en campo en las diferentes labores culturales necesarias en el cultivo que beneficie su ingreso económico y el de la empresa.

- Adoptar un plan de incentivos para promover la motivación del personal que labora y obtener conductas deseables en las diferentes prácticas realizadas en esta empresa agroindustrial por medio de: bonificaciones, integraciones sociales, días de campo, celebración de fechas especiales, educación, salud bienestar social y demás actividades que influyan positivamente en las actitudes del personal que labora en la Plantación.

6. CONCLUSIONES

Las defectos encontrados en cosecha en el primer semestre del año 2005 suman una gran cantidad, alrededor de 263.133 unidades; las cuales causarán unas pérdidas en calidad de aceite por el aumento en el tiempo de su madurez óptima estimada por los ácidos grasos libres que aumentan. Por parte de los racimos sobremaduros y racimos pasados se calcula encontrar 67.000 unidades afectando la calidad y por la pérdida del peso promedio de los racimos en racimos mal polinizados y por racimos enfermos se encontrarán alrededor de 82.334 unidades.

De pérdidas directas en extracción de aceite por racimos verdes y con pedúnculo largo 141.450. Estos últimos causan pérdidas de 73.574 kilogramos de aceite crudo, es decir unos \$81.119.396 pesos, equivalentes a 187.78, salarios mínimos mensuales legales vigentes

En poscosecha las pérdidas causan pérdidas directas; todos estos defectos adicionan unos 15.609.670 kilogramos de fruto fresco perdidos es decir, aproximadamente 561.530,86 kilogramos de aceite crudo para una pérdida en pesos de \$ 619.369.509,2 (1443.72 salarios mínimos mensuales legales vigentes), en los seis primeros meses del año 2005.

El análisis de componentes principales (ACP) en cosecha, demostró que todas las variables (defectos) y racimos maduros son importantes en la conformación del factor uno a excepción de los racimos enfermos; además, fueron las que presentarán mayor variación en las tres zonas de la plantación; también permitió encontrar una alta correlación en algunas variables, tal es el caso de los racimos mal polinizados (rmp) y racimos enfermos (re) con un valor de 0,85 indicando que los datos encontrados en los muestreos en cosecha son proporcionales; igualmente en los defectos racimos maduros (rm) con los defectos racimos verdes (rv) y racimos sobre-maduros (rsm) con valores de 0,83 y 0,74 y entre los racimos verdes (rv) y racimos sobremaduros (rsm).

En post-cosecha el (ACP) mostró que en el factor uno, las variables que lo conforman son pérdidas por lote (pxl), racimos pasados en plato (rppl), racimos pasados en palma (rpp), hojas mal cortadas (hmc) y número de palmas (np) indicando la mayor variabilidad en estas variables. En el análisis de correlación las variables que mayores valores presentan son pérdidas por lote (pxl), con las variables racimos pasados en plato (rpl) con 0,82 y racimos pasados en palma (rpp) con 0,59 indicando que estos defectos son los causantes de la mayoría de pérdidas en post-cosecha en la plantación.

RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta el estudio anteriormente realizado de cuantificación de defectos y de las pérdidas que estos ocasionan tanto en cosecha como en post-cosecha y, observando la gran variabilidad de datos encontrados en cada uno de los lotes y zonas esta plantación se presentan al no llevar un orden correcto en los ciclos de cosecha, como en las normas de corte de los racimos, así como también, causados por otros factores como son: los geográficos, genéticos climáticos y de cambios estacionales de lluvia, que son de importancia tener en cuenta en otros estudios relacionados con este tema.

Los criterios de corte de racimos en las diferentes zonas de esta plantación varían considerablemente en cada lote como también en otras plantaciones con características similares, sería muy conveniente estudiar con profundidad estos aspectos y determinar cuáles prácticas son más adecuadas en cada caso.

La clasificación jerárquica de la plantación en las diferentes clases conformadas en cosecha y post-cosecha son un punto importante a tener en cuenta para corregir en los procesos de corte y recolección de fruto por parte de los técnicos y administrativos de la misma.

Acoger por parte de la administración de esta y otras plantaciones esta metodología de cuantificación pérdidas en los procesos de corte y recolección de fruto para que estas sean corregidas y disminuidas a corto plazo.

Con el fin de evitar una labor de cosecha y de post-cosecha ineficientes y conseguir producción de fruto, de los cuales se extraiga unos porcentajes altos de aceite, juega un papel importante mantener unos estándares en campo y procesos de extracción en fábrica óptimos y manejar una buena administración de la plantación; por ello es vital la organización, el dialogo continuo de los directores de las diferentes áreas, la investigación y la educación de los trabajadores de todo nivel, como también el aumento de la supervisión en cada labor.

BIBLIOGRAFÍA

ACERO, J. Mitos y realidades de pérdidas de aceite de palma en Colombia. Palmas (Colombia) v. 25 N° especial, tomo II, 443-447. 2004.

ACEITES Y GRASAS.[en línea]. Agrocadenas.2004 [citado 15 jun.,2005]Disponible en Internet: <URL: http://www.agrocadenas.com/aceites_y_grasas.htm>

ALVARADO, A y STERLING, F. Variación estacional en la tasa de extracción de aceite en palma aceitera. Cenipalma. Bogota. Colombia, 2006. 56p

ANUARIO ESTADÍSTICO 2005, La agroindustria de la palma de aceite en Colombia y en el mundo 2000 – 2004. Fedepalma. 2005. 122 p

BASTIDAS, S. Eficiencia en el manejo de la producción. Palmas (Colombia) 12:20-30. 1991.

BÉCUE, M. Manual de introducción a los métodos factoriales y clasificación con spad. Server d' Estadística Universitat Autònoma de Barcelona. España, 2002. 68p

BEDOYA, et al, Control de calidad de la cosecha y la post-cosecha del fruto fresco bruto en la plantación Palmar de Oriente S.A. Documento no publicado, Departamento Agronómico Plantación Palmar de Oriente S.A. 1998. 34p

BELTRAN, C. Influencia del procesamiento sobre la calidad final del aceite. Palmas (Colombia) 12:102-107. 1991.

BERNAL, F. Sistemas y eficiencia de cosecha en Colombia. Palmas (Colombia) 14:100-102. 1998.

BERNAL, N. El cultivo de la palma de aceite y su beneficio, guía general para el palmicultor, Multi-impresos Ltda. Fedepalma y Cenipalma. Bogotá. Colombia, 2003. 186 p

BROSCHAT, T. Principal componet analisis in horticultura research. Hort Science, vol 14, april 1979. p.4

CALVO, F. Cosecha, maduración, sistemas y costos. Palmas (Colombia) 12: 47-42. 1991.

CHILITO, L y NARVÁEZ, J. Determinación de la madurez óptima de cosecha para la palma de aceite en la región de Tumaco-Nariño. Tesis Ing. Agr. Pasto, Colombia, Universidad de Nariño, Facultad de Ciencia Agrícolas, 1996. 59p

CHOW, C. El efecto de la edad de las palmas de aceite sobre la tasa de extracción de aceite en Malasia Peninsular. Palmas (Colombia) 17(1):39-45. 1996.

CRIVISQUI, E. Presentación del Análisis de componentes principales. In: Seminario de métodos estadísticos multivariados aplicados a la investigación. Universidad de Nariño y PRESTA, 1997. 57p.

DEMEY, J. R., ADAMS, M; FREITES, H. Uso del método de análisis de componentes principales para la caracterización de fincas agropecuarias. Agronomía Tropical. 44(3):475-497. 1994.

FEDEPALMA. Agroindustria de la palma de aceite en Colombia y en el mundo. 2006.

FIGUERAS, M. Análisis de conglomerados o cluster”,[en línea] 5campus.org.Estadística. 2001 <<http://www.5campus.org/lección/cluster>>[citado 5 octubre de 2006]

FLEMING, T. Eficiencia en el manejo de la producción. Palmas (Colombia) 12:39-46. 1991.

FRANCO, B. Post-cosecha en la palma de aceite la ruta de la calidad. Palmas Olageinosas Bucarelia S.A. Informe no publicado. 1998.

FRANCO, C. Efecto de la cosecha sobre la tasa de extracción de aceite en Plantaciones palmeras. Palmas (Colombia) 5(especial):50-63. 2005.

GARCIA, J. Influencia de las prácticas agronómicas en el procesamiento de los racimos de los racimos de fruta fresca en las plantas extractoras. En: Primer curso Internacional de la palma de aceite con énfasis en el establecimiento, mantenimiento y administración del cultivo. Santa Fe de Bogotá, D.C. octubre, 1996. Cenipalma, 23p

HARTLEY, C. La palma de aceite. México, Continental S.A. 1983. 985p

HENSON, I. Marco analítico para identificar los factores que determinan las tasa de extracción de aceite. Palmas (Colombia) 22(3):29-37. 2001.

MARTINEZ, et al. Modelación matemática de una cadena de abastecimiento en el sector agroindustrial colombiano: caso palma africana. Grupo de trabajo del proyecto: "Optimización de cadenas de abastecimiento agroindustriales en Colombia". 2002.

PLA, L. E. Análisis multivariado; Método de componentes principales. OEA. Washington, 1986. 93 p.

PLANTACIÓN PALMAS DE TUMACO S.A, Archivos Departamentos de Sanidad Vegetal y Agronómico. 2005.

REYES, R. Organización de trabajo en campo del cultivo de la palma de aceite. En: III Encuentro Nacional Sobre el Cultivo de la Palma Aceitera. Santa Marta. Memorias, FEDEPALMA, Bogotá, 1988. pp. 56-84

SALAS, R. La palma aceitera africana (*Elaeis guineensis* J.). Facultad de Agronomía, UCV. 2003.

SOUTHWORTH, R. Factores del campo que afectan la calidad. Palmas (Colombia) 2(2):31-39. 1981.

TERRADEZ, M. Análisis de componentes principales.2006. [citado 20 Oct., 2006] Disponible en Internet:<<http://www.Uniovi.es/Uniovi/Apartados/Departamento/metodos/tutor.1/fac3.htm>

TOONG, T y YEANG, T. Normas de cosecha y control de calidad para mayor productividad de la palma africana. Palmas (Colombia) 14(2):63-70. 1993.

VERA, M. et al. Control previo de la calidad de cosecha en palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq) en la región de Tumaco, Colombia. Palmas (Colombia) 19(1):9-15. 1998.