

**DIAGNOSTICO Y PROPUESTA DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
GENERADOS POR EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE CRUDO DE
PALMA AFRICANA EN PALMAS OLEAGINOSAS BUCARELIA S.A.**

GLORIA INÉS SANTOS RÍOS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
ESCUELA DE QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2007

**DIAGNOSTICO Y PROPUESTA DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
GENERADOS POR EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE CRUDO DE
PALMA AFRICANA EN PALMAS OLEAGINOSAS BUCARELIA S.A.**

GLORIA INÉS SANTOS RÍOS

**Monografía para optar el título de
Especialista en Química Ambiental**

**Director:
LEONARDO CASTELLANOS BARAJAS
Director de Logística y Operaciones PBP**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
ESCUELA DE QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2007

DEDICATORIA

Definitivamente tú Señor eres mi apoyo en esta nueva fase de mi vida, gracias por ayudarme a escalar un peldaño más en mi vida profesional.

A mis padres Arsenio y Marina, quienes han estado apoyándome, dándome animo desde la lejanía para convertir mis sueños en realidad, mi madre amada que siempre ha estado apoyándome en las buenas y en las malas con sus oraciones. Madre querida, gracias por permitirme ser mejor en la vida.

A mi novio, Omar, por darme voz de aliento y apoyo para culminar esta nueva etapa de la vida, por convertirse en mi máximo estímulo para lograr este objetivo de vida, gracias amor por estar alegrando mi vida.

A mis hermanas, a Paulita que es mi gran alegría y son un gran apoyo desde la lejanía.

A mis amigos de camino, Fernando, Oscar, Cesar, Ricardo, Jorge, Chucho, Nata, Yadira y todos los demás por su compañerismo en las tareas laboradas a través de estos estudios.

AGRADECIMIENTO

La realización de este proyecto fue posible gracias a la colaboración del Dr. Tito Eduardo Salcedo, Gerente de la empresa Palmas Oleaginosas Bucarelia; quien con su apoyo financiero e intelectual permitió la culminación de este proyecto para el mejoramiento de esta gran empresa. También por la confianza puesta en mis conocimientos para la ejecución del presente proyecto.

Al Ingeniero Leonardo Castellanos, director del proyecto y la ingeniera Blanca Gualdrón. Por su colaboración y orientación.

Al Dr. Jairo Puente por su valiosa colaboración en la revisión de la primera fase de este proyecto hecho realidad.

Al Dr. Enrique Ávila por aceptar ser calificador de este proyecto.

A Rosita, Yulieth por su apoyo incondicional en el transcurso de la especialización.

Y a todas aquellas personas que me expresaron sus sinceras palabras de apoyo.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	13
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	16
1.1 PALMA AFRICANA DE ACEITE	16
1.1.1 Historia	16
1.1.2 Tipos de palma africana	17
1.1.3 Producción	18
1.1.4 Características del aceite de palma	18
1.1.5 La Palma de aceite, un cultivo verde.	20
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN	20
1.2.1 Fase de procesos en la parte agrícola	20
1.2.2 Fase de procesos en la planta de beneficio	32
1.3 CONTAMINANTES PROPIOS DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN	37
1.3.1 Vertimientos	37
1.3.2 Subproductos Sólidos	40
1.3.3 Emisiones Atmosféricas	41
2. SISTEMAS DE MANEJO AMBIENTAL	43
2.1 DISPOSICIÓN DE LOS RACIMOS VACÍOS O TUSAS	43
2.2 SISTEMA INTEGRADO DE PROCESO DECANter – SECADOR	45
2.2.1 Separador de multiciclones	46
2.2.2 Sistema de decanter	46
2.2.3 Tambor secador rotatorio	46
2.2.4 Tamiz para lodos secos de la clarificación	47
2.3 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES ANAEROBIO Y AEROBIO	48
2.4 VERTIMIENTO DE EFLUENTES TRATADOS PARA APLICACIONES EN TERRENOS	51

2.4.1	Métodos de aplicación en la tierra	52
2.4.2	Factores a considerar	52
2.4.3	El sistema de precolación por medio de surcos o zanjas	53
2.4.4	Efectos de la aplicación a la tierra	53
2.5	CONTROL DE LAS EMISIONES AL AIRE	53
2.5.1	Sistema de limpieza de gases	54
3.	MARCO LEGAL	55
3.1	LEYES	55
3.1.1	Decreto ley 2811 de 1974	55
3.1.2	Ley 09 de 1979.	55
3.1.3	Ley 99 de 1993	55
3.1.4	Ley 101 de 1993.	55
3.1.5	Ley 139 de 1994	55
3.1.6	Ley 164 de 1994	56
3.1.8	Ley 357 de 1997	56
3.1.9	Ley 373 de 1997	56
3.1.10	Ley 388 de 1997	56
3.1.11	Ley 430 de 1998	56
3.1.12	Ley 491 de 1999	56
3.1.13	Ley 629 de 2000	56
3.2	DECRETOS	56
3.2.1	Sobre paisaje	56
3.2.2	Sobre aguas: usos y concesiones	57
3.2.3	Sobre aire y emisiones	57
3.2.4	Sobre disposición de residuos sólidos y vertimientos líquidos	57
3.2.5	Sobre bosques y aprovechamiento	58
4.	PALMAS OLEAGINOSAS BUCARELIA S.A.	59
5.	METODOLOGÍA	61
5.1	HACER LOS BALANCES DE MASA DE LOS SUBPRODUCTOS	61

5.2 TOMA DE MUESTRA DE SUBPRODUCTOS Y ENVÍO AL LABORATORIO	63
5.3 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE USO Y DISPOSICIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS	63
5.3.1 Aplicar directamente al cultivo la tusa, fibra, hollín	64
5.3.2 Compostaje con la tusa, cascarilla, fibra, lodos de las lagunas de estabilización, hollín	65
5.3.3 Venta de cascarilla	66
5.3.4 Cultivo de hongos comestibles con la fibra y la tusa.	66
5.3.5 Campañas de reciclaje	66
5.4 ELABORAR LA MATRIZ DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN AMBIENTAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	66
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	68
6.1 CUANTIFICAR LA CANTIDAD DE SUBPRODUCTOS (TUSA, FIBRA, CASCARILLA), GENERADOS EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE	68
6.2 EVALUAR LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS SUBPRODUCTOS	70
6.3 ALTERNATIVAS DE UTILIZACIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL DE SUBPRODUCTOS	72
6.4 PROPUESTA DE MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE OTROS RESIDUOS SÓLIDOS QUE SE GENERAN EN LA PLANTA: LA CHATARRA, VIDRIO, PLÁSTICO, PAPEL, ALUMINIO, CARTÓN	74
6.5 IDENTIFICAR LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	76
7. CONCLUSIONES	80
8. RECOMENDACIONES	82
BIBLIOGRAFÍA	83

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Propiedades físico-químicas del aceite de Palma.	19
Tabla 2. Composición del aceite crudo de palma	19
Tabla 3. Efluentes líquidos en una extractora de aceite de palma.	38
Tabla 4. Caracterización de efluentes de plantas extractoras en Colombia	39
Tabla 5. Análisis de lodo seco	47
Tabla 6. Análisis químico físico de los subproductos	70
Tabla 7. Composición de la sustancia seca de los subproductos	70
Tabla 8. Potencialidad de utilización a nivel agrícola y zootécnico de los subproductos.	71
Tabla 9. Análisis fisicoquímicos	72

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Cultivo de Palma africana de aceite.	16
Figura 2. Cobertura Kudzu	22
Figura 3. Vivero de Palma africana	23
Figura 4. Sistema de riego con efluentes del sistema de tratamiento de aguas residuales.	26
Figura 5. Plagas del cultivo de palma africana	28
Figura 6. Palma con racimo listo para cortar.	29
Figura 7. Vías en plantaciones de palma africana	30
Figura 8. Diagrama de flujo de las actividades en la fase agrícola.	31
Figura 9. Recepción y almacenamiento de RFF.	32
Figura 10. Vagonetas con RFF.	33
Figura 11. Sección de digestión y prensado.	34
Figura 12. Proceso de extracción de aceite.	37
Figura 13. Laguna anaerobia	40
Figura 14. Equipo para distribución de fibra en los lotes.	41
Figura 15. Recolección de hollín de las calderas	42
Figura 16. Metodología para el desarrollo del proyecto	61
Figura 17. Balance de masa de RFF	68
Figura 18. Diagrama de flujo de los subproductos sólidos.	69
Figura 19. Red de subproductos	73
Figura 20. Red de residuos sólidos	75

RESUMEN

TITULO: DIAGNOSTICO Y PROPUESTA DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS POR EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE CRUDO DE PALMA AFRICANA EN PALMAS OLEAGINOSAS BUCARELIA S.A.*

AUTOR: SANTOS RIOS, Gloria Inés**

PALABRAS CLAVES: Racimos de Fruta fresca, Aceite crudo de palma, Almendra de palma, PBP, Proceso de extracción de aceite, subproductos, residuos sólidos.

DESCRIPCIÓN: La empresa Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A, localizada en el corregimiento del Pedral, municipio de Puerto Wilches, en el departamento de Santander, produce y compra Racimos de Fruta fresca, extrae y vende aceite crudo y almendra de palma, con una temperatura de 30 a 34 °C, se realizó el diagnóstico de la generación de residuos sólidos en el proceso de extracción de aceite y así mismo se presentó a la gerencia de la empresa las propuestas de gestión de los residuos sólidos que permitan contar con políticas y estrategias claras para su manejo y disposición final de cada uno de ellos.

Las propuestas aprobadas por la gerencia, “La aplicación de subproductos directamente al suelo” y “El manejo y disposición final de los residuos sólidos” se construyeron aplicando la teoría de restricciones, para asegurar que los proyectos cuenten con todos los objetivos intermedios necesarios y suficientes para alcanzar el objetivo ambicioso. Estas dos propuestas van encaminadas a mejorar la utilización y disposición final de cada uno de los subproductos y residuos sólidos generados en la planta de beneficio primario PBP, dándole un mayor valor agregado a cada uno de estos, como es la incorporación de los subproductos al suelo para mejorar sus condiciones físicas, aumentar el contenido de materia orgánica, incrementar su actividad biológica y la disponibilidad de nutrientes, minimizar la cantidad de fertilizantes químicos para así disminuir los costos de fertilizantes. Por otro lado el manejo y la disposición de residuos sólidos contribuyen a promover el reciclaje, re-uso y recuperación de los residuos sólidos y fomentar la cultura de orden y aseo en cada uno de los puestos de trabajo.

Por su parte, la planta de beneficio tiene como reto futuro en materia de gestión ambiental alcanzar “cero emisiones” contaminantes. Este concepto implica el reciclaje y uso de todos los subproductos generados en la planta. De esta manera se logra una gran armonía con el medio ambiente y se aprovecha al máximo el rendimiento económico de la palma, con lo cual se hace más rentable la actividad.

* Monografía.

** Universidad Industrial de Santander, Especialización en Química Ambiental, Escuela de Química. Asesor: Leonardo Castellanos

SUMMARY

TITLE: DIAGNOSTIC AND PROPOSED OF ACTION OF THE SOLID DEBRIS GENERATED BY THE PROCESS OF EXTRACTION OF RAW OIL OF AFRICAN PALM IN THE COMPANY: PALMAS OLEAGINOSAS BUCARELIA S.A (PUERTO WILCHES SANTANDER COLOMBIA)*.

AUTHORS: Santos Ríos, Gloria Inés^{**},**

KEY WORDS: Fresh bunches of fruit, raw oil of palm, almond of palm, primary plant of benefit, process of extraction of oil, sub products, solid debris

DESCRIPTION: The Company Palmas Oleaginosas Bucarelia SA is located in the district Pedral municipality of Puerto Wilches in the department of Santander, purchase and generated fresh fruit bunches of African palm, it extracts and sells raw oil of almond of palm to temperatures from 30 to 34 C. In this document is realized the diagnostic of generation of solid debris in the raw oil of palm process and in other hand is present to the manager, the proposed about the action of the solid debris that they permit to count on policies and clear strategies for the management and final disposition of each one of them.

The two proposals approved by the manager, “the application of sub products directly to the soil”, and “the management and disposition final of the solid debris”, they were built applying the theory of restrictions which assures that the projects count on all the specific objectives, sufficient and necessary intervals to reach an ambitious main objective. That proposals are directed to improve the utilization and final disposition of each one of the sub products and solid debris generated in the primary plant of benefit, originating a greater aggregate value to each one of these. The incorporation of the sub products to the soil to improve the physical conditions, to enlarge the content of matter organic, it increases the activity biologic and the availability of nutrients, this it helps to diminish the quantity of quimical fertilizing and diminishes costs.

In other aspect, the management and disposition final of the solid debris it contributes to promote the recycling, and recovery of the debris been used to, promoting the culture of the neatness and order in each one of the places of job

The plant of benefit has as future challenge as for environmental management, pollutants achieve zero emission. This aim implies the recycling and use of all the sub products generated in the plant, hereby the conservation of the environment is achieved and takes advantage to the maximum of the economic yield of the palm, and it favors major profitability.

* Monografy

** Industrial University of Santander Environment Chemistry Specialization, School of Chemistry.
Adviser: Leonardo Castellanos

INTRODUCCIÓN

La gestión ambiental es un tema prioritario en la agenda de la agroindustria de la palma de aceite, para lo cual viene implementando acciones encaminadas a lograr los efectos positivos sobre el medio ambiente que espera la sociedad de hoy, mas comprometida con la salud del planeta.

De esta manera, se están apoyando los procesos de consolidación de la estrategia empresarial del sector palmicultor para lograr la competitividad que suponen los rumbos del libre comercio, y se podrá responder a las exigentes demandas de los consumidores que, en el caso de los productos palmeros, pronto serán mayoritariamente extranjeros.

Las actividades de la agroindustria de la palma de aceite vienen desarrollándose en forma comercial desde la década de 1960. El área cultivada llega a las 175.000 hectáreas y se desarrolla en 53 municipios de 13 departamentos. La capacidad instalada de plantas de beneficio para la extracción de aceite en el país es de 762 toneladas por hora.

Los impactos ambientales por las actividades de la Agroindustria de la Palma de aceite se han presentado en diferente grado de magnitud desde un comienzo, pero no eran factor de preocupación para la empresa, porque las normas de regulación y de control no se aplicaban con el rigor del caso. Desde finales de la década de 1980, el INDERENA exigió a las empresas palmeras el tratamiento de las aguas residuales provenientes de las plantas de beneficio, debido a los graves impactos ambientales que causaban a los sistemas acuáticos más cercanos, al ser descargados sin ningún tratamiento.

Palmas Oleaginosas Bucarelia, al entender y comprender su responsabilidad, hizo inversiones significativas para instalar sistemas de tratamiento de aguas residuales desde antes de la Ley 99 de 1993.

En el año 1999 se aprobó el Plan de Manejo Ambiental donde se contempla el manejo de los residuos líquidos, la instalación de ciclones en la chimeneas para reducir las emisiones de material particulado a la atmósfera, la reducción de uso de sustancias químicas para el control de plagas y enfermedades a través de los sistemas de manejo integrado de plagas y el control biológico, manejo de algunos subproductos del proceso de extracción de aceite.

El proyecto busca plantear alternativas y políticas claras de utilización y disposición final de los residuos sólidos del proceso de extracción de aceite crudo de palma; los cuales anteriormente eran manejados sin ningún control y beneficio para la compañía.

Por lo tanto es necesario la búsqueda del mejoramiento continuo del subproceso de Gestión de los residuos sólidos, con el fin de minimizar los impactos negativos al medio ambiente, mejorar los índices de productividad con la utilización optima de los residuos sólidos, minimizar los costos de fertilización de los cultivos, incorporar a la comunidad en proyectos productivos que se generen en el uso de los residuos sólidos, programas de capacitación y educación ambiental a todos sus trabajadores y mas adelante contar con el PGISR para toda la organización.

El objetivo general de este proyecto fue evaluar y cuantificar los residuos sólidos como son: la tusa, cascarilla, fibra generados por el proceso de extracción de aceite crudo de palma de aceite a través de los balances de masa, caracterización física y química de cada uno, con el fin de plantear alternativas de utilización y disposición final.

Los objetivos específicos plantearon:

- Cuantificar la cantidad de residuos sólidos (tusa, fibra, cascarilla) generados en el proceso de extracción de aceite crudo de palma de aceite.
- Evaluar las características físicas y químicas de los residuos sólidos (tusa, fibra, cascarilla) como son: % humedad, % sustancia seca, relación C/N, poder calorífico, % proteína, % lípidos, % fibra, % cenizas, % extracto libre de N, las concentraciones de N, P, K, % celulosa, % lignina.
- Plantear las alternativas de utilización y disposición final de los residuos sólidos (tusa, fibra, cascarilla).
- Elaborar una propuesta de manejo y disposición de la chatarra, vidrios, papel, aluminio, plástico, cartón generados por los procesos de mantenimiento industrial y control de calidad.
- Identificar las medidas de prevención y mitigación del manejo de los residuos sólidos.

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 PALMA AFRICANA DE ACEITE

1.1.1 Historia. La palma de aceite es una planta tropical propia de climas cálidos que crece en tierras por debajo de los 500 metros sobre el nivel del mar. Su origen se ubica en el golfo de Guinea en el África occidental. De ahí su nombre científico, *Elaeis guineensis* Jacq., y su denominación popular: palma africana de aceite. (Ver figura 1).

Figura 1. Cultivo de Palma africana de aceite.



Fuente: Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

Su introducción a la América tropical se atribuye a los colonizadores y comerciantes esclavos portugueses, que la usaban como parte de su dieta alimentaría de los esclavos en el Brasil.

En 1932, Florentino Claes fue quien introdujo la palma africana de aceite en Colombia y fueron sembradas con fines ornamentales en la Estación Agrícola de

Palmira (Valle del Cauca). Pero el cultivo comercial sólo comenzó en 1945 cuando la United Fruit Company estableció una plantación en la zona bananera del departamento del Magdalena.

La expansión del cultivo en Colombia ha mantenido un crecimiento sostenido. A mediados de la década de 1960 existían 18.000 hectáreas en producción y hoy existen más de de 150.000 hectáreas en 54 municipios del país distribuidos en cuatro zonas productivas:

- **Norte** - Magdalena, norte del Cesar, Atlántico, Guajira
- **Central** - Santander, Norte de Santander, sur del Cesar, Bolívar
- **Oriental** - Meta, Cundinamarca, Casanare, Caquetá
- **Occidental** - Nariño

Colombia es el primer productor de palma de aceite en América Latina y el cuarto en el mundo. Tiene como fortaleza un gremio que cuenta con sólidas instituciones, ya que desde 1962 fue creada la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite (www.fedepalma.org).

1.1.2 Tipos de palma africana. Los tipos de palma africana más relevantes se establecen de acuerdo con el grosor del cuesco o endocarpio del fruto, característica íntimamente ligada con la producción de aceite. Se clasifican en tres tipos:

- **Pinífera.** Son palmas cuyos frutos prácticamente no tienen cuesco, sino un cartílago blando. Carecen de interés para cualquier cultivo comercial.
- **Dura.** Se cultivó comercialmente en todo el mundo hasta finales de los años sesenta. Su principal característica era la presencia de un gran cuesco, de dos a

ocho milímetros de espesor en los frutos, en detrimento del porcentaje de pulpa, y por tanto, del contenido de aceite. Este cultivo es poco rentable y competitivo.

- **Ténera.** Es un híbrido obtenido del cruzamiento de pisífera y dura, por lo tanto el cuesco del fruto es delgado y la proporción de pulpa bastante mayor; por ende el contenido de aceite es significativamente más abundante. Las palmas de este tipo son las más sembradas en plantaciones comerciales a escala mundial.

1.1.3 Producción. En cuanto al papel que el aceite de palma representa en el subsector Aceites y Grasas, su producción no solamente ha permitido compensar la caída de otras semillas oleaginosas, como la soya, el algodón y el ajonjolí y el estancamiento de la producción de sebos de bovino, sino que también se ha consolidado como la principal materia prima en la producción nacional de aceites y grasas animales y vegetales.

Los racimos de fruta fresca (RFF) oleaginosos emitidos pueden alcanzar producciones de 4.2 toneladas durante su vida productiva, lo que representa unas 600 toneladas acumuladas de fruta por hectárea, cuando el proceso productivo se desarrolla en condiciones óptimas de suelo, clima, nutrición, mantenimiento, sanidad y administración.

Cuando es posible aplicar un alto nivel de tecnología en el manejo de los suelos y la nutrición, del agua, de las plagas y enfermedades, de las malezas que compiten por agua y nutrientes, de la cosecha y demás labores del cultivo, se pueden llegar a tener producciones de alrededor de 10 toneladas de fruta por hectárea entre los 24 y 36 meses de edad de la palma.

1.1.4 Características del aceite de palma. El aceite de palma se compone de alrededor de 50% de ácidos saturados (esencialmente palmítico) y 50% de ácidos grasos insaturados (ácido oleico y linoléico). Difiere mucho de otros aceites

vegetales como el de girasol o de soya, que se componen principalmente de ácidos grasos insaturados, y de los aceites de palmiste y coco, que contienen esencialmente ácidos grasos saturados. El color rojizo característico del aceite crudo es debido a los carotenoides liposolubles (0.05 - 0.2 %), que también son responsables del contenido elevado en provitamina A del aceite de Palma. Sin embargo, en la mayor parte de los casos en que es utilizado dentro de productos comestibles, el aceite es decolorado y este proceso de refinado destruye la provitamina A.

Algunas propiedades físico-químicas del aceite de palma son mostradas en la tabla 1.

Tabla 1. Propiedades físico-químicas del aceite de Palma.

Densidad (50°C)	0,893 g/ml
Índice Refracción (60°C)	1,4510
Índice Yodo	196,4 - 206
Índice Saponificación	34,2 – 58,5

Fuente: Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

Tabla 2. Composición del aceite crudo de palma

40%	Ácido palmítico	Saturado
5%	Ácido esteárico	Saturado
42.5%	Ácido Oleico	Monoinsaturado
11%	Ácido Linoléico	Poliinsaturado
1%	Ácido Linolénico	Poliinsaturado

Fuente: Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

1.1.5 La Palma de aceite, un cultivo verde. Para evitar el uso de plaguicidas químicos, se han implementado diversas técnicas de control biológico.

Dentro de los cultivos de semillas oleaginosas, la palma de aceite es la más eficiente en la conversión de energía.

Los cultivos de palma de aceite son bosques protectores de los ecosistemas. La técnica de siembra de los cultivos de palma de aceite previene la erosión.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

Los procesos de producción comprenden dos grandes fases: la agrícola y en la planta de beneficio. Cada una de ellas consta de una serie de componentes que, para identificar sus elementos principales se describen en forma breve. Es importante tener en cuenta que no siempre se realizan en una misma empresa las dos fases.

1.2.1 Fase de procesos en la parte agrícola

- **Adecuación de tierras.** La palma de aceite, como cultivo de clima cálido húmedo y de carácter perenne, requiere de terrenos con buenas condiciones topográficas y agroecológicas para su normal crecimiento, desarrollo y productividad. En lo posible, no se deben afectar áreas de especial importancia ecológica, como relictos de bosques primarios, bosque de vegas, bosques de galería, zonas de recarga de acuíferos y humedales. Con base en las características geomorfológicas, los levantamientos topográficos y los planos, se desarrollan las actividades de preparación de tierras, que en términos generales, incluye: limpieza de lotes, preferiblemente con maquinaria liviana, mecanización, nivelación, adecuación de canales para el sistema de riego y drenaje, ahoyado, construcción de vías etc. El material vegetal de los lotes no debe ser quemado, porque aumenta los niveles de fragilidad de estos suelos tropicales, afecta la biota

del suelo y contribuye a los problemas de contaminación del aire, sino que se debe colocar paleras para que inicie su proceso de descomposición y en forma gradual se va incorporando la materia orgánica y los minerales al suelo. En caso de suelos compactos, se hace subsolado y arado con cincel para mejorar las condiciones estructurales del suelo y su aireación. Cuando es terreno no es plano, se puede construir terrazas para evitar pérdida de suelo por erosión.

- **Cobertura vegetal:** Después de las labores de preparación, el primer paso para la siembra del cultivo es el establecimiento de una cobertura vegetal, lo cual se realiza bajo el sistema de siembra al voleo. Los cultivos de cobertura mas empleados son el Kudzú., Puerraria phaseoloides, el maní forrajero, arachis pintoi l. y el pegapega, Desmodium. Las semillas deben ser escarificadas e inoculadas con bacterias nitrificantes, práctica que incrementa notablemente la fijación de nitrógeno atmosférico, debido a la simbiosis con bacterias del género Rhizobium y ayuda a reducir los costos de fertilización.

En general, las coberturas vegetales facilitan la incorporación de nutrientes, de materia orgánica, mantienen en mejores condiciones la humedad del suelo y evitan la erosión.

En algunas zonas del sur del Cesar y de la zona oriental, también usan Flemingia congesta, leguminosa arbustiva, cuyas raíces ayudan a romper el suelo compactado para mejorar la aireación y la conductividad hidráulica. En la siguiente figura se puede apreciar la cobertura con Kudzu.

Figura 2. Cobertura Kudzu



Fuente: Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

- **Previveros y siembra.** Según la programación de actividades en los sitios preseleccionados se adelantan los siguientes procesos:
 - **Previveros:** En esta primera etapa, en pequeñas bolsas que contienen suelo desinfectado y buena humedad, se siembra las semillas germinadas. Toda la zona del previvero generalmente se protege con un cobertizo a base de malla poli sombra o con hojas secas de palmas. Las labores de manipulación y control de tareas deben estar a cargo de personal capacitado y entrenado para garantizar la correcta manipulación de las semillas germinadas y el desarrollo normal de las plántulas. En su fase final se busca la aclimatación del material para comenzar el traslado a los viveros. La fase de previvero dura entre 2-3 meses.
 - **Viveros:** En esta segunda fase se tiene el área debidamente seleccionada y adecuada para adelantar todas las operaciones de llenado de bolsas, facilidades

para el riego y drenaje, fertilización, control de plagas y enfermedades. En su fase final se hace la selección cuidadosa de material en óptimas condiciones y se descarta el que presente rasgos anormales. La fase de vivero dura entre 6-7 meses.

Figura 3. Vivero de Palma africana



Fuente: Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

- **Siembra:** En esta tercera fase se deben tomar las mayores precauciones para el transplante a los lotes definitivos sin causar situaciones de estrés a las palmitas. Generalmente se siembran 143 palmas por hectárea al comenzar el periodo de lluvias, dado que las condiciones ambientales son más favorables. Es conveniente tener palmitas de reserva en los viveros para reemplazar las que por una u otra circunstancia se deben descartar.

- **Plateo.** Esta labor se lleva a cabo durante todo el tiempo del cultivo para permitir la manipulación, fertilización y recolección de frutos. El primer plateo ocurre en el momento de la siembra para permitir las tareas cotidianas alrededor de cada palma. El control de malezas se realiza en forma manual, principalmente en palmas jóvenes por su susceptibilidad a cualquier daño.

En caso de utilizar productos químicos, se deben usar equipos apropiados, como aspersores, y las dosis varían dependiendo del tipo y estado de la maleza. Para el control de malezas se debe definir un programa por ciclos trimestrales durante los primeros 36 meses del cultivo. Los plateos que se realizan posteriormente (no más de tres por año), se destinan principalmente a mantener el área de los platos limpia para disminuir problemas de competencia por agua y nutrientes y asegurar una adecuada recolección del fruto. Para evitar la sobremanipulación de las plantas y en general, del suelo, es recomendable que las prácticas culturales se hagan simultáneamente.

El resto de área de los lotes se deja sin alteraciones drásticas con el material de cobertura y se permite el crecimiento de otras especies herbáceas, conocidas como plantas arvenses y semiarbuscivas, que favorecen el desarrollo de la fauna benéfica, factor fundamental para incrementar el control biológico de plagas que permite mejorar la sanidad de los cultivos.

- **Podas.** Las podas se realizan de manera periódica durante toda la vida de la palma. Dependiendo de su fase de desarrollo, se cortan las hojas basales en la medida que pierden funcionalidad y con el objeto de mantener el número óptimo de hojas para su actividad fotosintética. La poda en las palmas jóvenes comienza generalmente a los tres años y después, en las palmas desarrolladas se puede hacer hasta tres veces al año, dejando en cada palma 36 hojas como mínimo.

Las hojas podadas se cortan en trozos pequeños y se colocan en las entrecalles de las plantaciones para que inicien su descomposición y la incorporación de nutrientes y materia orgánica al suelo, con beneficio directo para el cultivo. Además, con las podas se ven mejor los racimos maduros y se facilita su manipulación en el momento de corte, no hay retención de frutos desprendidos y se facilita la polinización.

Eventualmente, esta biomasa podría servir para otros usos, tales como papel, palillos, etc.

- **Riego y drenajes.** El agua es un elemento fundamental para el crecimiento, desarrollo y producción de la palma de aceite. La palma requiere en promedio de 5 mm de agua / día, lo cual puede variar dependiendo de su disponibilidad, del tipo de suelo y de la época del año.

En las zonas palmeras del país, la oferta hídrica cambia debido, en gran medida, a la posición geográfica y a la dinámica atmosférica regional que varía en el tiempo y en el espacio para presentar, en algunos casos, situaciones extremas de sequía o de inundaciones que pueden saturar los suelos, por lo cual deben estar en buenas condiciones de funcionamiento los sistemas de riego y drenajes. La zona de menor disponibilidad hídrica es la zona norte, con precipitaciones inferiores a los 1000 mm por año, situación que se agrava por los procesos de deforestación y mal uso del suelo en las partes alta y media de las cuencas hidrográficas en la Sierra Nevada de Santa Marta. En la zona oriental, a pesar de los altos índices de precipitación, se presentan momentos críticos en el periodo de verano que deben ser compensados con agua de riego, y el recurso comienza a ser escaso o deficitario por los mismos problemas de deforestación y mal uso de los suelos en las partes alta y media de las cuencas que drenan hacia el río Meta. La zona central y la zona occidental presentan una disponibilidad más regular y generalmente no requieren de riego.

No obstante, en todos los casos es importante tener y llevar información confiable, hacer balances hídricos para manejar racionalmente este recurso, empleando las alternativas más apropiadas para su disponibilidad, uso y regulación.

Los sistemas de riego y drenaje se diseñan y ejecutan en el momento de la adecuación de los lotes. En general, la infraestructura de canales es de 450 m/ha, en promedio, y puede servir para riego y drenaje. La frecuencia de riego oscila entre 10 y 30 días, dependiendo del tipo de suelo. El requerimiento hídrico se establece según balances que arroje los datos de monitoreo. En la siguiente figura se muestra el sistema de riego para los lotes cercanos al sistema de tratamiento de aguas residuales.

Figura 4. Sistema de riego con efluentes del sistema de tratamiento de aguas residuales.



Fuente: Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

- **Fertilización.** Mediante la fertilización se aseguran las necesidades nutricionales de la palma de aceite para garantizar un adecuado crecimiento, desarrollo y fructificación. La frecuencia de aplicación varía con la edad de las palmas. En el caso de las palmas jóvenes, es mayor que en las palmas adultas y esta definida, en buena medida, por el tipo de material sembrado, el suelo, el tipo de cobertura y los factores ambientales.

En términos generales, la palma de aceite requiere cantidades relativamente importantes de nitrógeno, fósforo y potasio. En menores cantidades calcio, azufre y boro y algunos microelementos.

Desde hace varios años se viene usando, en la mayoría de las plantaciones, el raquis o tusa proveniente de las plantas de beneficio y se distribuye uniformemente alrededor de cada palma y también en forma de paleras. En algunos casos, una proporción de la fibra se usa para los mismos propósitos. De otra parte, las hojas podadas ayudan a los procesos de fertilización orgánica y a reducir, en parte, el uso de fertilizantes químicos.

Para desarrollar los programas de nutrición, es importante que con cierta periodicidad se hagan los análisis de suelo y foliar con el objeto de corregir oportunamente sus deficiencias.

- **Control de plagas y enfermedades.** Desde las primeras fases de desarrollo, la palma de aceite es susceptible al ataque de plagas como la *Leptopharsa gibbicularina* Froeschner (Hemiptera: Tingidae), *Stenoma cecropia* Meyrik (Lepidoptera: Stenomidae), *Strategus aloeus* L. (Coleoptera: Scarabaeidae), *Retracus elaeis* Keifer (Acari: Eriophyidae), *Zagalaza valida* Walker (Lepidoptera: Glyphipteryidae) y enfermedades como pudrición de cogollo, marchitez sorpresiva y pudrición del estípote, entre otras.

Para su control se utilizan, en general, sistema de tratamientos físicos, mecánicos, químicos o biológicos. En un principio, los tratamientos químicos eran lo más comunes, pero los organismos problema fueron adquiriendo resistencias que obligaron a incrementar las dosis de los productos y la frecuencia de aplicación, con serias repercusiones en costos, en contaminación de suelos y aguas y en pérdida de la biodiversidad en las zonas cultivadas. En los últimos años, los métodos de control biológico han adquirido gran importancia y aplicación, con efectos positivos en lo económico, al reducir costos en los tratamientos químicos,

y en lo ambiental, al promover la recuperación de poblaciones naturales, principalmente de insectos que sirven para controlar los agentes causantes.

La tendencia actual es la de permitir franjas, bordes o reservorios de plantas arbóreas nectaríferas y en el interior del cultivo planas arvenses, que generalmente son herbáceas y sirven de albergue y fuente de alimento a los insectos y parasitoides benéficos.

Figura 5. Plagas del cultivo de palma africana



Fuente: Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

- **Corte de racimos y ciclos de cosecha.** La cosecha se realiza a lo largo de la vida productiva de la palma de aceite y está acoplada a los criterios de madurez del fruto que son fundamentales para la obtención y calidad del aceite. Una vez los racimos estén listos, por la caída de un fruto y por la experiencia del “cosechero”, se cortan mediante la utilización de la herramienta mas apropiada. Los racimos que caen en la zona del plato son recolectados y trasladados el mismo día a la planta de beneficio para evitar el deterioro en la calidad del aceite.

Para el traslado se utilizan diferentes medios, por ejemplo, en canastillas y carretas hasta determinados sitios para pasarlos a remolques tirados por bueyes o búfalos, volquetas o canastas especiales por un sistema de cable vías que disminuyen los costos ambientales y económicos, principalmente. De igual forma que para las otras actividades, desde un comienzo, se llevan los registros de los lotes para el control y el comportamiento productivo. En la siguiente figura se puede apreciar el racimo de fruta fresca listo para cortar.

Figura 6. Palma con racimo listo para cortar.



Fuente: Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

- **Erradicación y renovación de plantaciones.** Al completar su ciclo productivo, entre 25 – 30 años, y por las dificultades de cosecha por su altura, se realiza la renovación de las plantaciones, para lo cual es necesario erradicar las palmas viejas. En Colombia, la practica mas común es utilizando un producto químico de carácter sistémico que se inyecta para acelerar la muerte de las palmas.

Los estípites tumbados se agrupan y se hacen barreras de 3.8 m de ancho y distantes una de otras 11.8 m con el fin de que las nuevas palmas se beneficien

de la materia orgánica que aportan al descomponerse. No hay quema del material vegetal. Dado el volumen de biomasa, que puede ser de 75 t / ha en peso seco, se podría contemplar su uso como materia prima para otros procesos.

- **Vías.** Al diseñar las plantaciones se define toda la infraestructura vial. Las vías son importantes para garantizar la circulación y poder llevar hacia los cultivos los insumos, subproductos como la tusa o raquis y, desde aquí, los racimos cosechados a las plantas de beneficio. Es importante tener en cuenta las características topográficas para su trazado y construcción con el objeto de evitar problemas, como desestabilización de suelos, erosión, alteración de cauces y acuíferos, etc.

Las vías internas se deben mantener en las mejores condiciones para garantizar el normal desarrollo de todas las actividades de campo. En los cruces de corrientes de agua, en caso de presentarse, se hacen obras apropiadas para no afectar su dinámica y calidad.

Figura 7. Vías en plantaciones de palma africana



Fuente: Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

- **Áreas naturales especiales.** Cuando se presenten áreas especiales de importancia estratégica, como relictos de bosques primarios, bosques de vega, bosques de galería, morichales y humedades, deben ser objeto de protección para favorecer su flora y fauna, incrementar las poblaciones naturales y ayudar a mantener la conexión entre diferentes ecosistemas.

En casos particulares se pueden presentar situaciones críticas por alteraciones que repercuten en procesos de estabilidad y regulación con impactos en la oferta de bienes y servicios ambientales. En la medida de las posibilidades, es importante participar en las acciones de recuperación para el beneficio de todos.

Los principales procesos de las actividades agrícolas durante el establecimiento, el mantenimiento y la producción se destacan en la Figura 8.

Figura 8. Diagrama de flujo de las actividades en la fase agrícola.



Fuente: Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

1.2.2 Fase de procesos en la planta de beneficio

- **Recepción de fruto:** Los racimos que llegan a las instalaciones de la planta de beneficio son pesados y según los criterios de la empresa se establece el tipo de control para evaluar la calidad del fruto.

Los racimos generalmente se descargan en una plataforma de recibo y mediante un sistema de tolvas se alimentan las vagonetas. Una vez cargadas, éstas se trasladan por medio de rieles a la zona de esterilización.

En lo posible se deben mejorar los controles para eliminar las impurezas (arena, piedras) porque causan desgaste y daños en los equipos de extracción del aceite. En la siguiente foto podemos apreciar las zonas de recepción y almacenamiento de RFF.

Figura 9. Recepción y almacenamiento de RFF.



Fuente: Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

- **Esterilización.** La esterilización se realiza en autoclaves de diferente capacidad por medio de vapor de agua saturada a presiones relativamente bajas, durante más o menos 90 minutos, aumentando y disminuyendo la presión. Este proceso acelera el ablandamiento de la unión de los frutos, lo cual facilita la separación, la extracción del aceite y el desprendimiento de la almendra. Mediante este proceso de esterilización se inactiva la enzima lipasa para controlar los ácidos grasos libres.

Así como las autoclaves disponen de líneas de entrada de vapor, también tienen los dispositivos de salida para los condensados. Éstos son los primeros efluentes y contienen aceite, impurezas de diferentes formas y materia orgánica. Generalmente son conducidos por canales a los tanques florentinos, donde se hace una recuperación significativa del aceite. En algunas plantas, el proceso de esterilización es automático. En la siguiente figura podemos apreciar vagonetas con RFF que van a entrar a la autoclave.

Figura 10. Vagonetas con RFF.



Fuente: Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

- **Desfrutamiento.** Este proceso se realiza en el tambor desfrutador para separar, mediante un proceso mecánico, el fruto de la tusa o raquis. El fruto es transportado mediante sinfines o elevadores a los digestores. Las tusas o raquis son conducidos por medio de bandas transportadoras y se recolectan para disponerlas en los cultivos, donde se inicia su descomposición y la incorporación de sus elementos al suelo, para luego ser absorbidos como nutrientes por las palmas.
- **Digestión y prensado.** Los frutos son macerados hasta formar una masa homogénea blanda para extraer el aceite mediante prensas que separan la torta (compuesto de fibra, cuesco y nueces) y el aceite crudo. El compuesto aceitoso pasa por bombeo al proceso de decantación y clarificación. La torta o parte sólida pasa a Desfibración para separar las nueces que van a un proceso de secado en un silo y se lleva a palmistería. La fibra se usa como combustible de las calderas que generan el vapor de agua que necesita la planta. En la siguiente figura se aprecia la sección de digestión y prensado.

Figura 11. Sección de digestión y prensado.



Fuente: Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

- **Clarificación.** Se realiza mediante una separación estática o dinámica de fases por diferencia de densidades.

La clarificación puede hacerse por sistemas estáticos en tanques circulares verticales, en tanques cuadrangulares horizontales o también puede hacerse por sistemas dinámicos, tales como centrífugas o decanters. El aceite clarificado pasa a los tanques sedimentadores, donde las partículas pesadas se van decantando por reposo. Así se separa de la mezcla lodosa restante que pasa a las centrífugas deslodadoras.

- **Secado.** El aceite pasa a secado para disminuir la humedad, bien sea por calentamiento en un tanque o por sistema de secamiento atmosférico o al vacío.
- **Almacenamiento.** Una vez realizados los controles de calidad en el laboratorio, el aceite es llevado a los tanques de almacenamiento para ser despachado a las industrias procesadoras.
- **Deslodo.** Las aguas aceitosas se tamizan y pasan por centrífugas deslodadoras para recuperar el aceite y separar las aguas efluentes. Esta agua ya no tiene ningún contenido de aceite recuperable, por tanto, pasan a las piscinas de desaceitado para continuar con el sistema de tratamiento como aguas residuales.
- **Desfibración y trituración.** La mezcla compuesta por fibra y nueces, que se seca a una humedad requerida, es conducida mediante sinfines para la separación. La separación es un proceso neumático, donde se utiliza una columna vertical a través de la cual pasa un flujo de aire ascendente a una velocidad determinada que toda la fibra sube y las nueces caen al fondo de la columna de separación.

Las nueces pasan al tambor pulidor para el retiro de impurezas y de éste van al silo de almacenamiento, donde se secan para facilitar el rompimiento de la cáscara y poder recuperar la almendra contenida en ella.

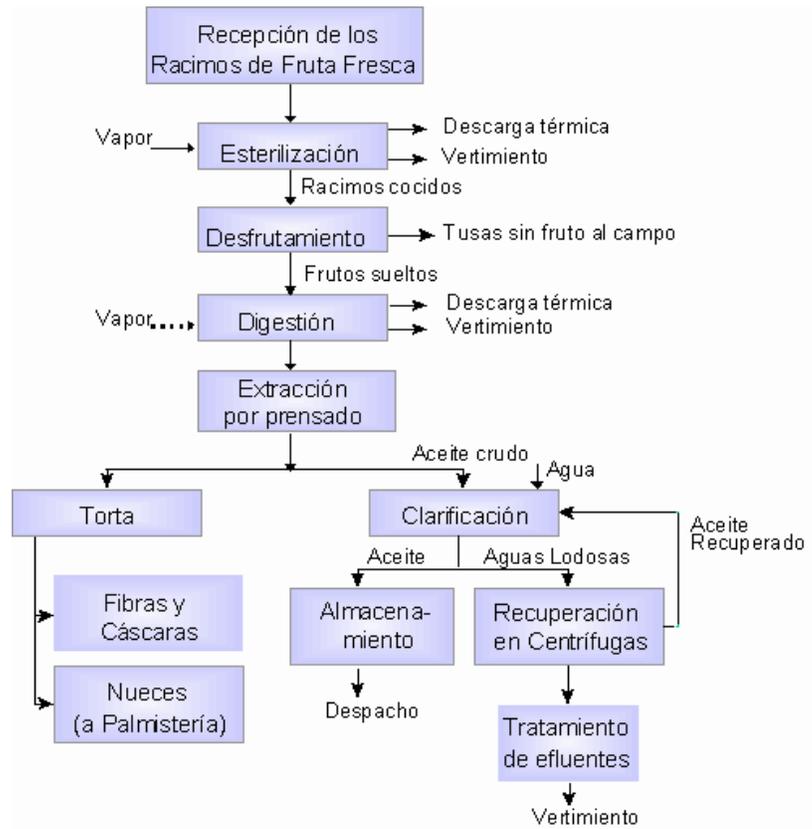
La fibra recogida sirve como combustible de las calderas y como abono natural en las plantaciones.

- **Palmisteria.** Las nueces secas provenientes de los silos de almacenamiento van a un tambor provisto de mallas, en donde se realiza su clasificación por tamaños antes de enviarlas a las rompedoras. Mediante un proceso de separación neumática y de fuerzas centrífugas se separa la almendra de la cáscara.

La almendra pasa al silo de secado y empaque. De esta se obtiene el aceite de palmiste que se utiliza para confitería, helados, jabones finos, cremas humectantes, etc. La torta que queda se usa para preparar concentrados para alimentos de ganado vacuno.

La cáscara ó cuesco se puede usar como combustible en las calderas o para adecuación y mantenimiento de las vías internas en las plantaciones principalmente.

Figura 12. Proceso de extracción de aceite.



Fuente: Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

1.3 CONTAMINANTES PROPIOS DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN

Se entiende como contaminantes propio del proceso, aquellos que se generan durante las etapas básicas del procesamiento sin las cuales no se podría obtener el producto requerido.

1.3.1 Vertimientos. La generación de vertimientos durante el proceso de extracción, provienen de las etapas de la esterilización, clarificación y de la palmistería. Otras provienen del mantenimiento y lavado de los equipos.

En el caso de los condensados de vapor, éstos contienen aceite, sólidos en diferentes formas y materia orgánica. Las aguas aceitosas provenientes de la clarificación pasan generalmente por centrifugas deslodadoras para recuperar el

aceite, y el efluente, junto con el de la esterilización, pasa a una serie de trampas de grasas o tanques florentinos. El efluente que sale de aquí se convierte en el principal vertimiento de la planta de beneficio.

Tabla 3. Efluentes líquidos en una extractora de aceite de palma.

Efluentes líquidos	m³/tonRFF
Aguas lodosas de clarificación	0.55
Condensados de esterilización	0.10
Aguas de palmistería (Hidrociclones)	0.05
Aguas de limpieza de pisos y de purgas.	0.10
Efluente Total (sin purgas* y fugas)	0.80

*Purgas de los tanques desarenadores y del sedimentador.

Fuente: Disponible en: www.tecnologiaslimpias.com

La cantidad de efluentes producidos en las plantas extractoras de aceite de palma en Colombia, oscila entre 0.55 y 1.20 m³ de agua / tonRFF, con un promedio de 0.80 m³ de agua / tonRFF. El rango de capacidad de procesamiento de las plantas extractoras de Colombia, es de 3 a 45 tonRFF/h. Para una jornada de trabajo de 8 horas, los efluentes por día oscilarían entre 20 y 295 m³, sin embargo, la producción de la palma de aceite presenta períodos de muy alta y muy baja producción, por lo cual, los diseños de sistemas de tratamiento deben ajustarse para el máximo caudal, así, para el ejemplo mostrado anteriormente, si la jornada es de 20 horas / día, los efluentes producidos serían 50 y 738 m³/día.

Debido a la alta carga orgánica que presentan los efluentes de las plantas extractoras por su contenido de aceite y por el arrastre de material celular (fibras, etc.), estos efluentes presentan un alto valor en la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) y en la Demanda Química de Oxígeno (DQO), además de su contenido de

arenillas, piedras y tierras lo que incrementa el nivel de Sólidos totales. En la tabla 3 se presenta un promedio de la caracterización de los efluentes antes de tratamiento para plantas extractoras en Colombia.

Tabla 4. Caracterización de efluentes de plantas extractoras en Colombia

PARÁMETRO	UNIDAD	RANGO	PROMEDIO
PH	unidad	3,87 - 5,25	4,55
Temperatura	°C	53 - 77	67,4
DBO ₅	mg / l	18700 - 175521	48873
DQO	mg / l	45256 - 232000	79730
Sólidos totales (ST)	mg / l	32482 - 111029	45670
Sólidos suspendidos (SS)	ml / h	19129 - 88258	35105
Sólidos sedimentables (S.SED)	mg / l	125 - 1000	677
Sólidos totales Volátiles (STV)	mg / l	26530 - 98445	48988
Fósforo total (P – total)	mg / l	15.7 - 113.6	66,1
Nitrógeno total (N - total)	mg / l	67.5 - 695	284,1
Grasas y aceites	mg / l	6480 - 80701	18747
Acidez total	mg / l	750 - 2548	1611

Fuente: Cenipalma.1996.

De donde se pueden apreciar los altos valores en DBO y DQO, las altas temperaturas y los bajos pH como característica principal de los efluentes en las plantas extractoras colombianas. A pesar de todo esto, existe la ventaja que una alta fracción del efluente es biodegradable, ya que la relación DBO₅ / DQO es de 0.61, la cual está por encima de 0.45 que es la mínima. La alta cantidad de aceite presente en los efluentes, también se considera un problema grave, pues generalmente este elemento es considerado de difícil degradación.

Los efluentes pasan por un sistema de tratamiento, conformado por: lagunas enfriamiento, lagunas anaerobias (ácido génica y metano génica), lagunas facultativas para remover cargas orgánicas y sólidos suspendidos. En otros casos se pueden instalar biodigestores o carpar las lagunas para producir biogás. Una vez cumpla su ciclo de tratamiento, los efluentes se pueden usar para riego en las plantaciones cumpliendo con los parámetros establecidos en el Decreto 1594 de 1984 o se descargan en los sistemas de drenaje natural y que por su reducida carga contaminante y por el hecho de ser fácilmente biodegradables, sus impactos son menores. De las lagunas se extraen los lodos, que también se utilizan como abono orgánico en las plantaciones por sus contenidos nutricionales. En la siguiente figura se aprecia una laguna anaerobia.

Figura 13. Laguna anaerobia



Fuente: Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

1.3.2 Subproductos Sólidos. Los subproductos sólidos generados por el proceso de extracción son de gran importancia por su composición para ser utilizados en su totalidad en los mismos cultivos de palma como bioabonos y como combustibles principalmente.

Figura 14. Equipo para distribución de fibra en los lotes.



Fuente: Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

- **Tusas.** Los racimos vacíos, raquis o tusas una vez se obtienen libres de los frutos, durante la etapa de desfrutamiento, se transportan a los lotes de cultivos, donde son extendidos por el suelo como abono, gracias a la cantidad de nutrientes que contienen y generan en su descomposición (potasio, nitrógeno, fósforo, etc.).
- **Cáscara y cascarilla.** Estos son otros subproductos que se generan durante la extracción, en la etapa de palmistería, durante el rompimiento de las nueces para obtener la almendra con la que se produce el aceite de palmiste. El porcentaje de cáscara en el racimo de fruta fresca es de 5 – 7% aproximadamente; ésta es usada para iniciar la combustión de la caldera gracias a su gran poder calorífico, para relleno de las bolsas de vivero, para dar permeabilidad a la tierra que contendrá las futuras palmas, adecuación de vías internas y para producir carbón vegetal en briquetas.

1.3.3 Emisiones Atmosféricas. Las emisiones atmosféricas en las plantas de beneficio son generadas por la combustión de productos naturales, fibras y cáscara o cuesco, no contienen gases tóxicos (SOx y NOx) y sólo están

compuestas por partículas sólidas y gases producidos por la oxidación del combustible.

Las calderas están provistas de chimeneas por encima de los 20 metros y para controlar la emisión de partículas sólidas (cenizas) generalmente se instalan ciclones colectores.

Figura 15. Recolección de hollín de las calderas



Fuente: Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

2. SISTEMAS DE MANEJO AMBIENTAL

Los sistemas de tratamientos para el manejo ambiental son:

- Disposición de los racimos vacíos o tusas.
- Sistema integrado de proceso decanter-secador.
- Sistema de tratamiento de efluentes anaerobio y aerobio.
- Vertimiento de efluentes tratados para aplicaciones

A continuación una breve descripción de los sistemas enunciados:

2.1 DISPOSICIÓN DE LOS RACIMOS VACÍOS O TUSAS

Los desechos sólidos ó subproductos del proceso de extracción de aceite de palma llamados racimos vacíos, tienen un alto contenido de humedad de aproximadamente 55 a 65%, así como un alto contenido de sílice que equivalen a un 25% del peso total del racimo de fruta fresca. Para tratarlos, los racimos vacíos son destrozados y prensados mecánicamente (para deshidratarlos y desaceitarlos) durante el proceso. No obstante, también son ricos en nutrientes mayores y contienen cantidades de trazas razonables de otros elementos. Ellos tienen un valor cuando se les regresa al campo como mulching para enriquecer la calidad de la tierra.

El uso de los racimos vacíos como material de mulching para aplicaciones en los suelos es preferido por los palmicultores y por tanto designamos este método de disposición de los racimos vacíos para las plantaciones de palma.

Con el sistema de mulching aplicado a los suelos en lugar de un suplemento fertilizante se dice que se puede ahorrar US \$65.80, en el costo de la hectárea por año.

Para hacer esto se requiere de una tolva adecuada y de un sistema transportador en el silo de la planta de extracción con el fin de almacenar los racimos vacíos tratados. Así mismo debe haber disponibilidad de un equipo de tractores y remolques con una capacidad cada uno de 5 a 10 TM para el transporte de los racimos vacíos (deshumidificados) para su disposición al campo.

A su llegada a la plantación el tren, de 2 o más remolques, es estacionado en un camino adyacente a la interlineas en donde se va a hacer la aplicación del mulching y con la ayuda de la barra extendida del tractor, los remolques son desenganchados el uno del otro.

Los remolques son tirados uno a la vez dentro de las interlineas y volcados mientras se mueven lentamente hacia adelante.

Los remolques vacíos se vuelven a enganchar de nuevo entre ellos con ayuda nuevamente de la barra del tractor y se colocan los pasadores en posición, luego de lo cual son regresados a la planta para repetir la operación.

El patrón de drenaje en la mayoría de los lotes de plantación esta conformado por cuatro hileras de palma por drenaje, para asegurar que todas las palmas se beneficien del mulching. Los racimos vacíos se aplican en las interlineas entre hileras 2 y 3 y entre las palmas en los dos drenajes de los costados externos. En últimas, los remolques de enganches laterales son particularmente útiles. Se utiliza mano de obra para hacer manualmente pequeños ajustes cuando requiera alguna nivelación. La tasa de aplicación varía entre 75 a 100 toneladas de racimos vacíos por hectárea.

En conclusión, se recomienda el mulching de racimos en plantaciones de palma de aceite a escala comercial como una propuesta viable allí donde el terreno y las condiciones del suelo permiten la mecanización de la operación.

2.2 SISTEMA INTEGRADO DE PROCESO DECANter – SECADOR

Para la producción de lodo sólido de desecho como alimento para animales o fertilizante.

El sistema integrado de decanter – secador reduce el volumen y la manipulación de la descarga de efluente de la planta en aproximadamente un 75% de la carga total de DBO.

El sistema también provee un medio de recolección del polvo de los gases de la caldera con la ventaja de que se puede producir un subproducto de lodo seco para la alimentación de animales o como fertilizante, con un valor adicional, resultando en un mejor retorno de la inversión del proyecto.

Las fuentes de los efluentes de desechos sólidos son básicamente:

- Sólidos del decanter
- Lodos de condensados de esterilización.
- Lodos de la sección de clarificación
- Cenizas de la caldera
- Lodos del sistema de tratamiento de efluentes
- Lodos provenientes de todos los tanques del proceso.

El uso del decanter, en la sección de clarificación para la remoción de la materia sólida, reduce la carga en el separador y en el tanque de clarificación estática en

aproximadamente 50 a 75%, mientras que en la carga del proceso de la otra maquinaria de la sección de clarificación no hay cambios.

El lodo seco del proceso tiene ciertas propiedades:

- Cede nutrientes lentamente
- Suministra elementos traza
- Mejora la retención del agua.

El sistema propuesto ha sido desarrollado y puesto en operación durante más de 20 años en plantaciones en Malasia e Indonesia.

Los detalles del sistema propuesto son los siguientes:

2.2.1 Separador de multiciclones. Remueve la arena gruesa y otras materias sólidas con un tamaño de mas de 50 micrones o alrededor del 50% de la materia sólida del aceite crudo.

2.2.2 Sistema de decanter. Remueve aproximadamente un 90% de todos los sólidos suspendidos en el aceite crudo.

2.2.3 Tambor secador rotatorio. El lodo sólido es conducido por un transportador de tornillo y alimenta el tambor secador rotatorio, ubicado junto a la sala de calderas, para el calentamiento con los gases de los ductos que salen de la caldera. En el tambor secador rotatorio los gases de la caldera entran en contacto directo con los sólidos húmedos que se descargan del decanter, multiciclones y los sólidos del sistema de recuperación de aceite. Los flujos de gases y de sólidos son concurrentes. Los gases son sacados de la chimenea luego del ventilador de la caldera. El tamaño del ducto debe ser cerrado con una compuerta para el

control de los gases. La dimensión del tambor secador rotatorio es de 2 metros de diámetro y de aproximadamente 15 metros de longitud.

2.2.4 Tamiz para lodos secos de la clarificación. El lodo seco, con un contenido de humedad del 10%, es descargado al final del tambor secador rotatorio y conducido por un transportador de tornillo. Este alimenta un tamiz vibratorio del tipo circular que separa el polvo y los gránulos del lodo antes del mezclado y empaque en bolsas plásticas para su almacenamiento como producto final y venta al comprador.

El producto POME (lodo seco efluente de la planta de extracción de palma) tiene las mejores perspectivas como alimento para animales por su capacidad para sustituir algunos de los costosos componentes importados que se usan en estas y como fertilizante. El producto POME es una buena fuente de nutrientes mayores y menores.

El valor comercial del fertilizante del POME es de US \$131.60 por tonelada y es vendido a plantaciones, jardines de flores, como aplicación para el césped de campos de golf, etc.

Un análisis amplio del lodo seco se encuentra en la tabla siguiente:

Tabla 5. Análisis de lodo seco

Variables	%	%	ppm
Humedad	5 -15	N 1.8 – 2.3	B 20
Cenizas	15 - 22	P 0.3 – 0.4	Cu 20 - 50
Sílice	7 -10	K 2.5 – 3.2	Fe 3000 - 5000
Extracto al éter	11 -13	Mg 0.6 – 0.8	Mn 50 - 70
Proteína cruda	11 -13	Ca 0.6 – 0.8	Zn 20 - 100
Fibra cruda	11 -14		

Fuente: Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

En conclusión, podemos decir que el lodo seco o POME mejora la disponibilidad de agua, carbón y el contenido en nitrógeno, es un proveedor de actividades microbiana en el suelo y es una fuente útil de nutrientes para los cultivos que crecen en tierras normales o degradadas. Un atractivo adicional del sistema que tiene una importancia creciente es la reducción en la contaminación del aire debido a la depuración de los gases de la caldera en el secador y finalmente su rendimiento en los ingresos como subproducto de desecho.

2.3 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES ANAEROBIO Y AEROBIO

Los efluentes no son tóxicos pero tienen una demanda bioquímica de oxígeno mayor a 25.000 ppm, lo cual los hace inaceptables para la vida de los peces cuando se introducen en cantidades grandes en las canales y ríos.

El sistema de tratamiento de efluentes que se describe a continuación es un sistema biológicamente moderno, caracterizado por las fases de los procesos anaerobios y aerobios.

El efluente total del proceso de la planta de extracción esta compuesto por: condensados de esterilización, descarga de efluentes de la sección de clarificación, aguas de desecho de los hidrociclones / baños de arcilla, purgas de la caldera, el agua para lavado general.

El sistema propuesto de tratamiento anaerobio y aerobio de efluentes debe ser ubicado dentro del complejo de la planta de extracción y requiere de un área de aproximadamente 100 X 100 m. Consiste de: Tanque de recuperación de lodos de la esterilización, trampas de grasas, unidad de aire comprimido para la flotación, tanques de enfriamiento y mezcla, tanque de digestión anaerobia, reactores de aireación, clarificador para remoción de sólidos, medidor de efluentes, lecho de secado, tanque final de almacenamiento de efluentes, sistema

de monitoreo y control, bombas y compresor de aire, tuberías de interconexión, válvulas y accesorios.

El sistema debe ser monitoreado en sitio sobre pH, ácidos grasos volátiles (AGV), alcalinidad total y contenido de sólidos, mientras que los análisis más complejos como DBO, DQO, nitrógeno amoniacal y nitrógeno orgánico total, deben ser enviados para su ejecución en un laboratorio externo.

Una gran ventaja se tendrá con un diseño incluyendo el decanter y el secador de los lodos del decanter para los lodos húmedos sólidos removidos del sistema. El agua lodosa de esta parte final del sistema puede ser utilizada para aplicarla en las prensas de tornillo, en lugar del agua de dilución normalmente usada, para ayudar en el transporte del aceite crudo hacia la sección de clarificación.

El sistema de tratamiento de efluentes incluirá dos partes principales. Primero, los procesos de estabilización anaerobia y aerobia antes de la descarga final del efluente tratado de la planta hacia la plantación por un árbol de irrigación de palma. Segundo, la descarga de condensados de la esterilización hacia el clarificador “pos estático”, que es un sistema de recuperación de aceite.

Una espumadera remueve el aceite altamente contaminado tanto del clarificador como del tanque del decanter de lodos, el cual se aísla en un tanque especial del tipo de tambor para almacenamiento.

El lodo pasa luego a través de una unidad para la remoción de los aceites disueltos, grasa por proceso de flotación, etc., antes de ser conducido a una piscina de enfriamiento.

Son necesarias todas las precauciones para asegurarse que este aceite no pueda y, en efecto no contamine el sistema de aceite crudo regular.

El objetivo es reducir la carga del sistema de tratamiento de efluentes por remoción del aceite y de la materia sólida de los condensados de esterilización en su etapa inicial. El condensado sin aceite es descargado luego en su propia fosa de recolección aislada y por desbordamiento llevado al sistema de tratamiento de efluentes.

El lodo que se drena del clarificador estático y del tanque decantador de aguas lodosas es descargado hacia un lecho de secado o conducido al secador rotatorio de lodos para el proceso de secado.

La fase anaerobia es favorecida por la temperatura más alta y por la ausencia de aire.

Los lodos provenientes de la fosa de esterilización y de la fosa de clarificación son bombeados a las piscinas de enfriamiento y luego a la piscina de mezclado.

El proceso anaerobio empieza a tomar lugar en la primera piscina y al final de los tanques de digestión. Allí, las sustancias orgánicas complejas son primero convertidas en solubles por enzimas extracelulares y luego transformadas en ácidos volátiles por las bacterias ácido formadoras. En la última fase de fermentación metanogénica, los ácidos volátiles son transformados en metano y en dióxido de carbono. El proceso es acelerado por circulación de los lodos ricos en bacterias, hacia la piscina de mezclado desde el último digestor.

El proceso de acidificación tiene un tiempo de retención hidráulica de 1 día. El efluente en la piscina de mezclado, desde el sumidero colector, es bombeado dentro de los digestores con una retención hidráulica total de más de 20 días. La descarga desde el rebose del tanque final anaerobio es conducida a una fosa abierta y bombeada a los tanques reactores aerobios para el proceso de aireación

prolongada, equipados con aireadores mecánicos impulsados por arriba. El rebose de los tanques reactores aerobios, que operan en cascada con una retención hidráulica de 4 días, será bombeado al tanque clarificador para remoción de los sólidos.

El residuo de los lodos deber ser retenido y removido desde el tanque clarificador de lodos, diseñado con un tamaño amplio. Los lodos acumulados en el fondo del clarificador y en el lecho de secado, son removidos por el sistema auto programable provisto para el proceso de remoción de lodos. La torta de lodos separada, puede ser secada en el secador rotatorio y utilizada como nutriente para plantas en forma de compuesto como in subproducto.

El efluente tratado es entonces bombeado al tanque final de almacenamiento de efluentes. El tanque de almacenamiento final mantendrá el agua efluente de desecho con un DBO de 20 ppm para colocación en los surcos del área de vertimiento en la plantación.

El sistema es estable y es capaz de soportar choques de cargas razonables. La eficiencia de sistema se facilita con el diseño de un monitoreo y un sistema de control programable, el cual requiere únicamente de un mantenimiento simple y alguna habilidad operacional.

2.4 VERTIMIENTO DE EFLUENTES TRATADOS PARA APLICACIONES EN TERRENOS

El reciclaje del POME para las plantaciones es actualmente aceptado de forma amplia como una técnica de manejo de los desechos económicamente viable y efectiva ambientalmente.

Los efluentes tratados son bombeados y descargados por gravedad a un área preseleccionada como una buena fuente de nutrientes de las plantas y con un costo de valor agregado efectivo como fertilizante orgánico US \$92.10/ha/año.

El vertimiento del efluente tratado para la aplicación en la tierra requiere de unas 69 hectáreas en plantación, habiendo sido asignadas en las vecindades del sitio de la planta de extracción, para recibir el efluente en los surcos montados.

Se prevén drenajes en los costados de las parcelas que actúan como zanjas o trincheras para prevenir la inundación.

2.4.1 Métodos de aplicación en la tierra. El método de precolación a través de los surcos o zanjas es usado para su aplicación al suelo por aproximadamente 560 m³/día/ha para el volumen dado con un ciclo de aplicación de más de 90 días, con base en la experiencia.

2.4.2 Factores a considerar. Los siguientes factores tienen efecto sobre la rata de aplicación:

- Características de los suelos como: porosidad, nivel freático, acidez.
- Características de los efluentes como: concentración de los sólidos de mayor tamaño.
- Edad de las palma
- Vegetación entre palmas.

Una sobre aplicación del efluente debe evitarse porque puede resultar en ciertas condiciones anaerobias del suelo por la formación de una cubierta impermeable de materia orgánica sobre la superficie del suelo.

2.4.3 El sistema de precolación por medio de surcos o zanjas. El agua efluente de desecho es bombeada a descargada por gravedad a los puntos altos del área seleccionada y se permite su drenaje por las pendientes hacia abajo por los surcos o zanjas. La velocidad de flujo esta dada como una rata de infiltración constante de 7 – 11 cm/H, suficiente baja para hacer posible la precolación en el suelo y también prevenir la erosión.

2.4.4 Efectos de la aplicación a la tierra. El rendimiento de la palma de aceite aumenta con el uso del efluente de la planta de extracción de aceite. La rata óptima de aplicación es de aproximadamente 40 cm³ de precipitación por año. El valor de nutrientes del suelo mejora también con la aplicación del POME a la tierra, especialmente el nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio. El efecto del agua subterránea y del drenaje superficial es despreciable.

2.5 CONTROL DE LAS EMISIONES AL AIRE

Las emisiones al aire de las plantas de extracción de aceite de palma ocurren desde las calderas e incineradores, siendo primordialmente gases con partículas tales como gólicas de alquitrán y hollín de 20 a 100 micrones. Una combustión incompleta tanto en la caldera como en el incinerador ocasiona humo oscuro, resultante de quemar deficientemente una mezcla de combustible de desecho sólido como cáscaras, fibras y algunas veces racimos vacíos. Un buen diseño y una caldera adecuadamente dimensionada, junto con un control estricto sobre la rata de alimentación de combustible y de suministro de aire aseguran un estado de combustión continua en consonancia con la demanda de vapor. La introducción del sistema propuesto alterara la situación, por lo cual la planta térmica de la fábrica o sea la caldera de combustible sólidos emitirá gases limpios de acuerdo con el requerimiento de las normas.

2.5.1 Sistema de limpieza de gases. Los gases que salen del hogar de la caldera, con una temperatura de aproximadamente 288 °C fluyen a través de los conductos hacia el limpiador. Hay una aspersión de agua por la parte superior del limpiador, hacia un colector múltiple que es mezclada con los gases y polvo que salen, teniendo lugar luego el proceso de separación de partículas y gotas de agua. La aspersión de agua de 10 m³/H utilizada en este sistema, proviene del sistema de enfriamiento de la turbina y el intercambiador de calor del agua de desecho de condensados. Los gases fríos son conducidos por el ventilador de tiro inducido hacia la chimenea. Los lodos del separador son recolectados en un tanque sellado hacia un sumidero trampa y bombeados a la planta de tratamiento de efluentes.

El limpiador consiste básicamente de:

- Unidad limpiadora
- Ventilador
- Separador de humedad
- Bomba
- Tubería de interconexión, válvulas, accesorios y conductos
- Instrumentación de control y cableado.

El sistema debe garantizar una emisión en la salida de la chimenea menor de 400 mh/Nm³.

3. MARCO LEGAL

El marco jurídico general sobre el cual se debe regir la gestión ambiental en la agroindustria de palma de aceite se encuentra en el marco de acción y alcance de las siguientes leyes y decretos.

3.1 LEYES

3.1.1 Decreto ley 2811 de 1974. Por el cual se aprueba el código nacional de los recursos naturales renovable y de protección del medio ambiente.

3.1.2 Ley 09 de 1979. Por la cual se aprueba en código sanitario nacional y se toman medidas para preservar, restaurar y mejorar las condiciones sanitarias en lo que se relaciona a la salud humana y para regular, legalizar y controlar las descargas de residuos y materiales que afecten o puedan afectar las condiciones sanitarias del ambiente.

3.1.3 Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio de Medio Ambiente, se reordena el sector publico encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el sistema nacional ambiental SINA, y se dictan otras disposiciones.

3.1.4 Ley 101 de 1993. Por la cual se definen los lineamientos generales del desarrollo agropecuario y pesquero.

3.1.5 Ley 139 de 1994. Por la cual se crea el certificado de incentivo forestal como un reconocimiento del estado a las externalidades de la reforestación.

3.1.6 Ley 164 de 1994. Por la cual se aprueba la convención marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático.

3.1.7 Ley 165 de 1994. Por la cual se aprueba la convención sobre la diversidad biológica.

3.1.8 Ley 357 de 1997. Por la cual aprueba la convención relativa a los humedales de importancia internacional.

3.1.9 Ley 373 de 1997. Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.

3.1.10 Ley 388 de 1997. Por la cual se definen los lineamientos generales del ordenamiento territorial y se establecen los determinantes ambientales en los planes de ordenamiento territorial de los municipios.

3.1.11 Ley 430 de 1998. Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.

3.1.12 Ley 491 de 1999. Por la cual se establece el seguro ecológico, se modifica el código penal y se dictan otras disposiciones.

3.1.13 Ley 629 de 2000. Por la cual Colombia se adhiere al protocolo de Kyoto.

3.2 DECRETOS

3.2.1 Sobre paisaje

- **Decreto 1715 de 1978.:** Por el cual se reglamentan los artículos 302-304 del decreto ley 2811 de 1974 sobre protección del paisaje.

3.2.2 Sobre aguas: usos y concesiones

- **Decreto 1541 de 1978.** Por el cual se establecen los permisos de aprovechamiento o concesiones de agua y se dictan normas específicas para los diferentes usos del agua.

- **Decreto 1594 de 1984.** Por la cual se reglamenta parcialmente el título I de la ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI – Parte III, libro II y el Título III del decreto ley 2811 de 1974 sobre criterios de calidad del agua para consumo humano, uso agrícola e industrial entre otros.

3.2.3 Sobre aire y emisiones

- **Decreto 02 de 1982.** Por el cual se fijan las normas para el control de las emisiones atmosféricas producidas por fuentes fijas como hornos, calderas, molinos, así como los parámetros de calidad del aire.

- **Decreto 948 de 1995.** Por el cual se reglamenta la ley 99 de 1993 y el decreto ley 2811 de 1974 en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.

- **Decreto 2107 de 1995.** Por el cual se modifican los artículos 25 y 30 del decreto 948 de 1995, en cuanto al uso de crudos pesados con contenidos de azufre superiores a 1.7% en peso, como combustibles en calderas u hornos establecidos de carácter comercial, industrial o de servicios, a partir de 1 de enero del 2001.

3.2.4 Sobre disposición de residuos sólidos y vertimientos líquidos

- **Decreto 605 de 1996.** Por el cual se reglamenta la ley 142 de 1994, en cuanto manejo, transporte y disposición de residuos sólidos.

- **Decreto 901 de 1997.** Por el cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se establecen las tarifas de estas.

3.2.5 Sobre bosques y aprovechamiento

- **Decreto 1791 de 1996.** Por el cual se dictan normas sobre el manejo, uso y aprovechamiento de bosques y se establece el régimen de aprovechamiento forestal.

- **Decreto 900 de 1997.** Por el cual se reglamenta el incentivo forestal con fines de conservación establecidos en la ley 139 de 1994 y el parágrafo del artículo 250 de la ley 223 de 1995.

- **Decreto 2340 de 1997.** Por el cual se reglamenta la gestión sobre la prevención de incendios forestales.

4. PALMAS OLEAGINOSAS BUCARELIA S.A.

Palmas Oleaginosas de Bucarelia S.A es una empresa agroindustrial que produce y compra Racimos de Fruta Fresca de palma de aceite, extrae y vende aceite crudo y almendra de palma. Esta ubicada en el corregimiento el Pedral municipio de Puerto Wilches. Cuenta con 4680 hectáreas de palma africana y una planta extractora de capacidad nominal de 27 Toneladas por hora. La planta extractora trabaja 22 horas diarias y 24 días al mes.

En el año 1999 se aprobó el plan de manejo ambiental donde se contempla el manejo de los residuos líquidos, la instalación de ciclones en las chimeneas para reducir las emisiones de material particulado a la atmósfera, la reducción de sustancias químicas para el control de plagas y enfermedades a través de los sistemas de manejo integrado de plagas y el control biológico, manejo de algunos subproductos del proceso de extracción de aceite de palma.

Actualmente existen diferentes inconvenientes con el manejo de los residuos sólidos en la planta extractora, ya que se ha incrementado la capacidad de procesamiento, no están claras las políticas de uso y disposición de cada uno de los estos.

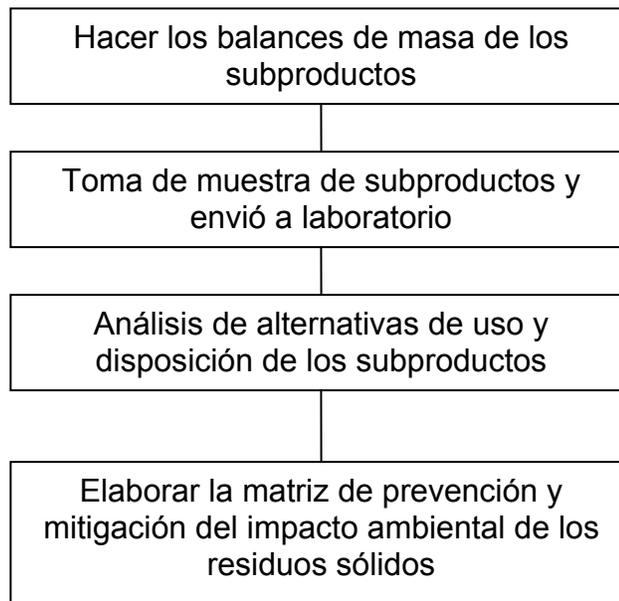
Palmas Bucarelia en búsqueda del mejoramiento continuo de cada uno de sus procesos del Sistema de Gestión de Calidad ha incorporado el proceso de Gestión Ambiental donde se trabajan los subproceso de Gestión de residuos líquidos, residuos sólidos y material particulado. En el primer semestre del 2006 se esta trabajando con la gestión de residuos sólidos, con el fin de minimizar los impactos negativos al medio ambiente, mejorar los índices de productividad con la utilización optima de los residuos sólidos, minimizar los costos de fertilización de

los cultivos, incorporar a la comunidad en proyectos productivos que se generen en el uso de los residuos sólidos, programas de capacitación y educación ambiental a todos sus trabajadores y mas adelante contar con el PGISR para toda la organización.

5. METODOLOGÍA

La metodología que se llevó acabo es la siguiente:

Figura 16. Metodología para el desarrollo del proyecto



Fuente: Autor.

5.1 HACER LOS BALANCES DE MASA DE LOS SUBPRODUCTOS

Los balances de masa se deben realizar cuando el proceso este estable, antes de iniciar con el monitoreo es importante identificar los puntos de toma de muestra, alistar los materiales y equipos, los formatos diseñados para tal fin. Los puntos donde se tomaron las mediciones fueron:

- Salida de fibra después del ciclón de fibras.
- Ciclón de cascarilla.

- Banda de tusa.
- Salida de hollín de los multiciclones.

Para la medición del flujo de fibras se dispone la carreta vacía en la salida de fibras del ciclón de la segunda línea y con el cronometro en cero se comienza a llenar la carreta en un tiempo aproximado de 15 minutos. Se registra el tiempo total y el peso neto de la fibra recolectada. Teniendo en cuenta la capacidad de prensado se determina el flujo másico en toneladas de fibras por 100 toneladas de racimos de fruto fresco procesado. Con la siguiente fórmula se calcula el flujo másico.

$$m = \frac{W_{\text{neto}}}{C_p * t}$$

Donde:

m = Flujo másico en % muestra / RFF

W_{neto} = Peso neto de muestra conocida

C_p = Capacidad de proceso Ton RFF / h

t = Tiempo total de recolección de muestra

Para la medición del flujo de cascarilla se dispone la carreta vacía en la salida de cascarilla del ciclón y con el cronometro en cero se comienza a llenar la carreta en un tiempo aproximado de 15 minutos. Se registra el tiempo total y el peso neto de la cascarilla recolectada. Teniendo en cuenta la capacidad de prensado se determina el flujo másico en toneladas de cascarilla por 100 toneladas de racimos de fruto fresco procesado. Con la anterior fórmula se calcula el flujo másico.

Para la medición del flujo de tusas se dispone un vehiculo vacío en la salida de tusas de la banda y con el cronometro en cero se comienza a llenar el vehiculo hasta que este completamente lleno. Se registra el tiempo total y el peso neto de

la tusa recolectada. Teniendo en cuenta la capacidad de prensado se determina el flujo másico en toneladas de tusas por 100 toneladas de racimos de fruto fresco procesado. Con la anterior fórmula se calcula el flujo másico.

Para la medición del flujo de hollín se dispone la carreta vacía en la salida de hollín de los mult ciclones y con el cronometro en cero se comienza a llenar la carreta hasta que este completamente llena. Se registra el tiempo total y el peso neto del hollín recolectado. Se determina el flujo másico en toneladas de hollín por hora.

5.2 TOMA DE MUESTRA DE SUBPRODUCTOS Y ENVÍO AL LABORATORIO

La toma de muestra se realizo de la siguiente forma: Cada hora se tomo una muestra de cada subproducto y se almaceno hasta completar cuatro horas de monitoreo. Luego se realizo la técnica de cuarteo con cada subproducto hasta obtener dos kilos de muestra. Se empaco en bolsas de polietileno debidamente rotuladas y se enviaron a los laboratorios de consultas industriales y cenipalma.

5.3 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE USO Y DISPOSICIÓN DE LOS SUBPRODUCTOS

Las alternativas de uso y disposición de subproductos se presentaron a la gerencia con el fin de que se apruebe la propuesta mas viable y así elaborar el proyecto con las políticas de manejo y disposición final de los subproductos y residuos sólidos que se generan en el proceso de extracción de aceite de acuerdo a las directrices de la gerencia.

Las propuestas planteadas fueron:

- Aplicar directamente al cultivo la tusa, fibra, hollín.

- Compostaje con la tusa, cascarilla, fibra, lodos de las lagunas de estabilización, hollín.
- Venta de cascarilla.
- Cultivo de hongos comestibles con la fibra y la tusa.
- Campañas de reciclaje.

A continuación se describe cada propuesta.

5.3.1 Aplicar directamente al cultivo la tusa, fibra, hollín. La aplicación de subproductos permite el uso sostenible del suelo en aspectos físicos, químicos y biológicos o la minimización de su degradación.

Las bondades de la aplicación de cada subproducto al suelo son:

- La aplicación de tusa al suelo aporta nutrientes y contribuye a aumentar el contenido de materia orgánica del suelo y con esto a mejorar sus propiedades físicas, incrementar su actividad biológica y la disponibilidad de nutrientes. Se garantiza mejor aprovechamiento de la lluvia caída y retención de la humedad en el suelo, menos fluctuaciones de temperatura en el suelo y mejora la micro fauna.
- La aplicación de fibra excedente que no se utiliza como combustible a las calderas tiene las ventajas de aumentar el contenido de materia orgánica del suelo con sus inherentes consecuencias positivas sobre la biología del mismo y retornar a los sistemas nutrientes, con lo que reducen las necesidades de fertilización.
- La aplicación de hollín al suelo permite la reutilización de nutrientes, ya que posee alta concentración de nutrientes como es el potasio y con esto se reducen las necesidades de fertilizantes químicos y los costos de producción.

5.3.2 Compostaje con la tusa, cascarilla, fibra, lodos de las lagunas de estabilización, hollín. El proceso de producción de abonos orgánicos presenta necesidades de maquinaria, herramientas y área de trabajo. A continuación se realiza un análisis de cada ítem de necesidades.

- **Maquinaria**

- **Trituradora:** La cascarilla, fibra, hollín y el lodo serán tratados por esta maquina, que tendrá una capacidad instalada de 6 toneladas por hora. La maquinaria estará justo en el área de degradación, lugar donde deben transportarse los subproductos.

- **Picadora:** Esta maquina se utilizara para picar la tusa o raquis, con el fin de obtener un producto de tamaño mucho menor para que inicie su degradación. Tendrá una capacidad instalada de 6 toneladas por hora. Estará ubicada debajo de la banda desfrutadota con el fin de que el raquis llegue a esta y pueda ser procesado y después transportar el producto procesado a la zona de degradación.

- **Mezcladora:** Para garantizar que el abono orgánico tenga una buena distribución de subproductos, se implementara una mezcladora mecánica, con el fin de optimizar procesos y disminuir el tiempo de empaque del producto terminado.

- **Reactor biológico:** Compuesto por 8 tanques de 55 galones, conectados por tubería de recirculación impulsado por un motor, que garantice un microclima estable para los microorganismos que componen el sustrato aditivo que disminuirá el tiempo de degradación de la materia orgánica comportada.

- **Infraestructura:** La planta de abono orgánico requiere de una zona de descomposición ó degradación donde se dispondrá la materia orgánica. Para tal efecto se requiere de un área aproximada de 4.800 m², que garantice una zona de trabajo apropiada para las especificaciones dispuestas en el diseño.

5.3.3 Venta de cascarilla. El mercado de la cascarilla se encuentra básicamente en la fabricación de carbón activado y combustible para la generación de vapor en otras industrias. La cascarilla reúne las propiedades indicadas para la producción de adsorbentes; como ventajas adicionales se tienen el mayor valor agregado que se obtiene con el carbón activado y la adecuada disposición ambiental de las cáscaras en un esquema de cero emisiones.

El precio de cascarilla en la zona de puerto Wilches oscila entre \$20 a \$25.

5.3.4 Cultivo de hongos comestibles con la fibra y la tusa. Utilización de la fibra mas la tusa como sustrato para la fabricación de hongos comestibles que se adapten a las condiciones climáticas de la región.

5.3.5 Campañas de reciclaje. Contar con políticas claras en el manejo de los residuos sólidos generados en las instalaciones de la planta extractora con el fin de promover el reciclaje, re-uso y recuperación de los residuos sólidos, fomentar la cultura de orden y aseo en cada uno de los puestos de trabajo.

5.4 ELABORAR LA MATRIZ DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN AMBIENTAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

En la elaboración de la matriz de prevención y mitigación ambiental del manejo de los subproductos y residuos sólidos generados en el proceso de extracción de aceite se elaboraron fichas con los siguientes componentes:

La ficha tipo consta de cinco componentes principales:

1. Objetivos: Indica la manera específica y precisa las actividades a desarrollar.

2. Impactos ambientales: Identifica los posibles impactos ambientales que se pueden generar.

3. Acciones a desarrollar: Describe las acciones encaminadas al manejo de los impactos ambientales y se plantean alternativas de solución.

4. Tipo de medida: Especifica por prioridades las medidas mas apropiada de solución.

5. Fase de aplicación: Establece por principio el momento más indicado para actuar y manejar de manera adecuada los procesos y las operaciones.

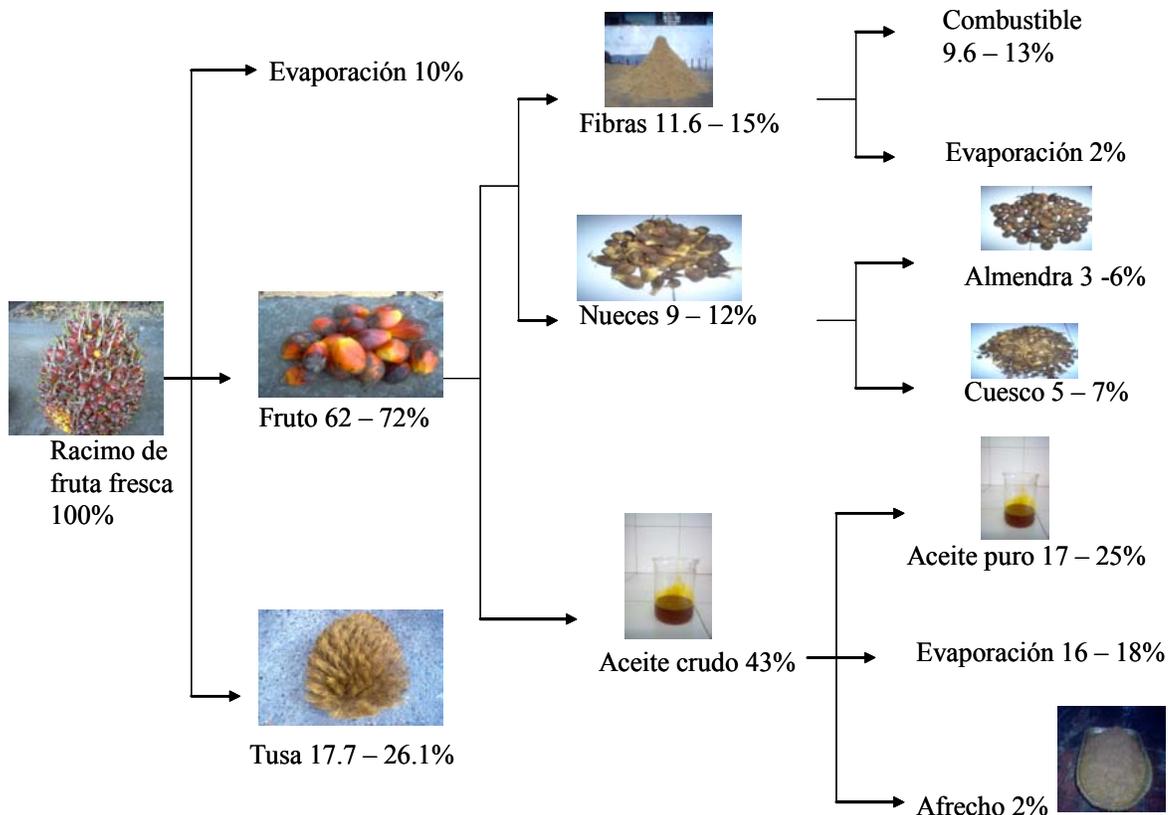
La ficha de medidas consta de los impactos ambientales, los recursos naturales más afectados, también se detallaran las principales medidas de prevención, mitigación y control a desarrollar.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 CUANTIFICAR LA CANTIDAD DE SUBPRODUCTOS (TUSA, FIBRA, CASCARILLA), GENERADOS EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE

En la figura 17 se presenta el balance de masa de los racimos de fruta fresca en la extracción, con su respectiva proporción equivalente en porcentajes, sus características y valores.

Figura 17. Balance de masa de RFF



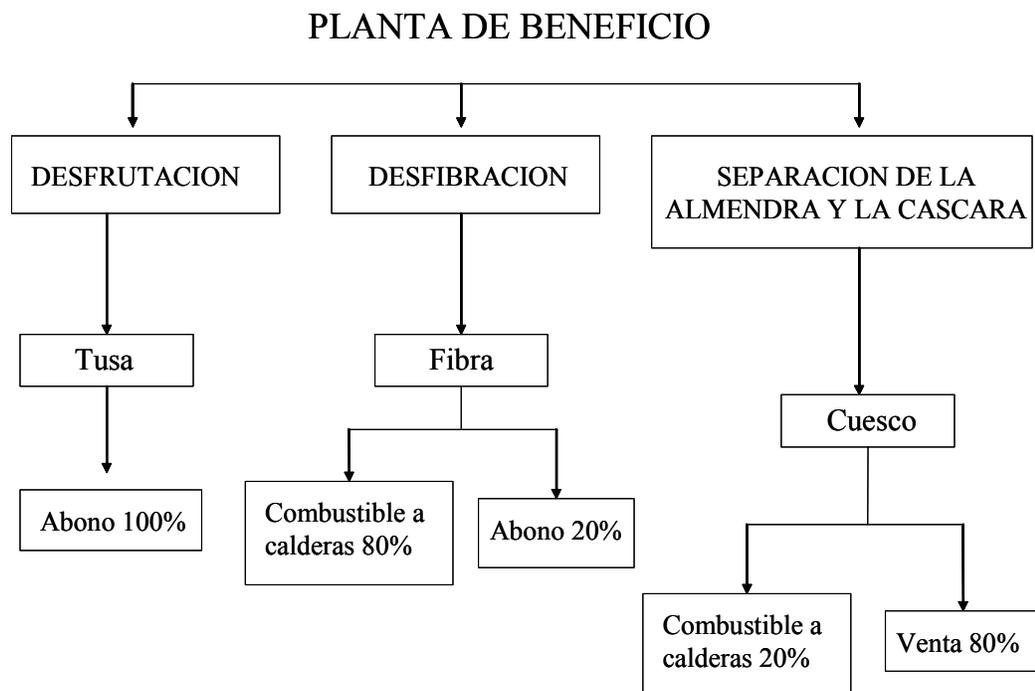
Fuente: Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

De acuerdo a los resultados del balance de masa del proceso de extracción, la proporción de tusa en el racimo de fruta fresca esta en un promedio de 22%, ya que la mayor participación de los racimos procesados son de edades mayores de 15 años. La proporción de fibra en el racimo de fruta fresca está en un promedio de 12%, de este se utiliza el 80% como combustible para las calderas y resto sale de la PBP como abono para el cultivo. La proporción de cuesco en el racimo de fruta fresca está en un promedio de 6%, de este se utiliza el 20% como combustible para las calderas y resto se destina para venta.

También se determinó la cantidad de hollín recuperado en los multiciclones de la caldera 3, el flujo promedio es de 42 kg/hora.

En la siguiente figura 18 se presenta el diagrama de flujo de los subproductos sólidos.

Figura 18. Diagrama de flujo de los subproductos sólidos.



Fuente: Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

6.2 EVALUAR LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS SUBPRODUCTOS

En la siguiente tabla 6 se presenta el análisis químico de los diferentes subproductos:

Tabla 6. Análisis químico físico de los subproductos

Subproducto	Humedad (%)	Sustancia seca (%)	Relación C/N	Poder calorífico inferior kcal/kg. ss
Tusa	23 – 65	35	13 -17	3.700
Fibra	12 – 42	60	25 - 30	4.420
Cascarilla	7 – 15	85	85 - 100	4.950 – 5.122

Fuente: Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

La relación carbono nitrógeno permite al cultivo abastecerse durante el proceso de degradación de nitrógeno disponible que es fijado al suelo y absorbido por la raíz de planta.

El poder calorífico inferior de la cascarilla y fibra confirman su utilización como combustible de calderas para la generación de vapor.

En la siguiente tabla 7 se presenta una caracterización de los subproductos en base seca:

Tabla 7. Composición de la sustancia seca de los subproductos

Subproducto	Proteína (%)	Lípidos (%)	Fibra (%)	Cenizas (%)	Extracto libre de N (%)
Tusa	17.4	---	16.2	5.0 – 7.3	57.9
Fibra	4 – 7	--	--	5.2 – 8.4	---
Cascarilla	--	--	--	3.2	---

Fuente: Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

La tusa presenta un porcentaje importante de proteína para ser tomado en cuenta como alternativa en la nutrición animal. Los resultados muestran que la fibra no posee un nivel importante de proteína como aporte en una dieta balanceada en los animales que exijan un alto nivel nutritivo.

En la siguiente tabla 8 se puede observar la concentración de N, P y K y los porcentajes de lignina y celulosa de los subproductos del proceso de extracción de aceite:

Tabla 8. Potencialidad de utilización a nivel agrícola y zootécnico de los subproductos.

Subproducto	N (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	Celulosa (%)	Lignina (%)
Tusa	0.8	0.2	2.9	35 - 42	30 – 37
Fibra	1.4	2.8	9.0	40	25 – 35
Cascarilla	0.6	3.3	12.7		

Fuente: Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

A nivel agrícola el contenido de potasio se fija al suelo y es absorbido por la planta en forma gradual a medida que se va incorporando.

A nivel zootécnico el porcentaje de lignina encontrado en los resultados indica cierto grado de dificultad para la asimilación de nutrientes por parte de animales rumiantes en especial el ganado bovino. También los minerales presentes en la tabla pueden significar un aporte positivo para la regulación de algunas funciones fisiológicas del organismo como es el equilibrio electrolítico.

En la tabla 9 se presentan los análisis fisicoquímicos donde se analizan otros componentes.

Tabla 9. Análisis fisicoquímicos

Subproducto	% Calcio	% Magnesio	% Sodio
Fibra	0.06	0.12	0.042
Cascarilla	0.03	0.06	0.004
Hollín	1.18	1.53	0.027

Fuente: Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

El magnesio disponible en el hollín permite ser liberado lentamente y absorbido por la planta.

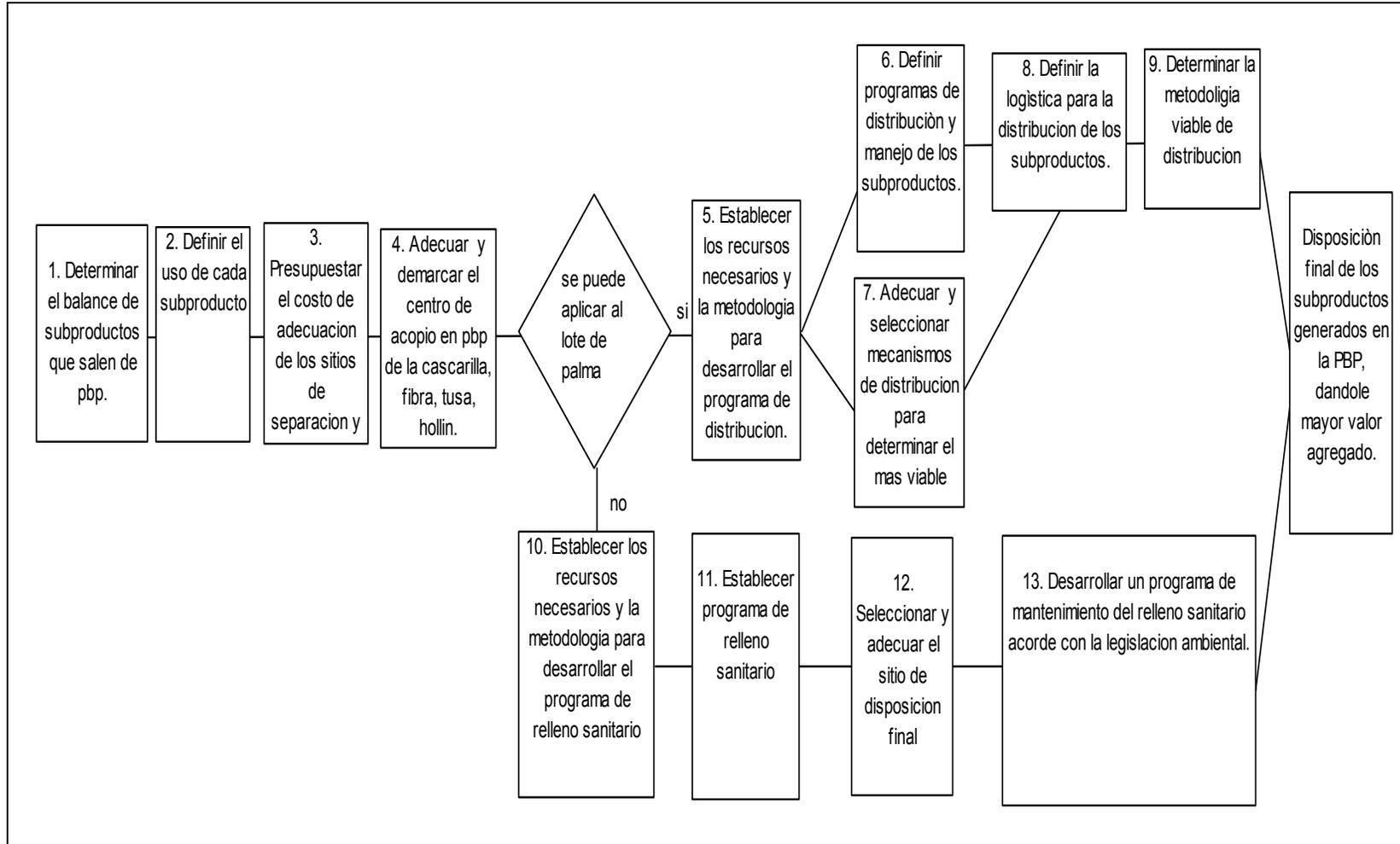
6.3 ALTERNATIVAS DE UTILIZACIÓN Y DISPOSICIÓN FINAL DE SUBPRODUCTOS

Las alternativas aprobadas por la gerencia fueron las siguientes: Aplicar directamente al cultivo los subproductos, venta de cascarilla y la campaña de reciclaje.

Para el caso de la propuesta aplicar directamente al cultivo los subproductos, se elaboro un proyecto basado en teoría de restricciones. El objetivo ambicioso es “Disposición final de los subproductos generados en la PBP, dándole mayor valor agregado”, siguiendo las pautas de la construcción de proyectos bajo la teoría de restricciones, la red del proyecto se construye de derecha a izquierda con el fin de asegurar que estén todos los objetivos intermedios necesarios para cumplir el objetivo ambicioso, luego se realiza una revisión leyendo la red de izquierda a derecha para asegurarnos que los objetivos intermedios sean suficientes para lograr el objetivo. También se reviso si entre objetivos intermedios había algún obstáculo para cumplir el objetivo, si se encuentra algún obstáculo se plantea la inyección para que no se presente esta situación.

A continuación se presenta la red del proyecto de disposición final de subproductos en la PBP, dándole mayor valor agregado que fue presentada a la gerencia y aprobada para su ejecución.

Figura 19. Red de subproductos



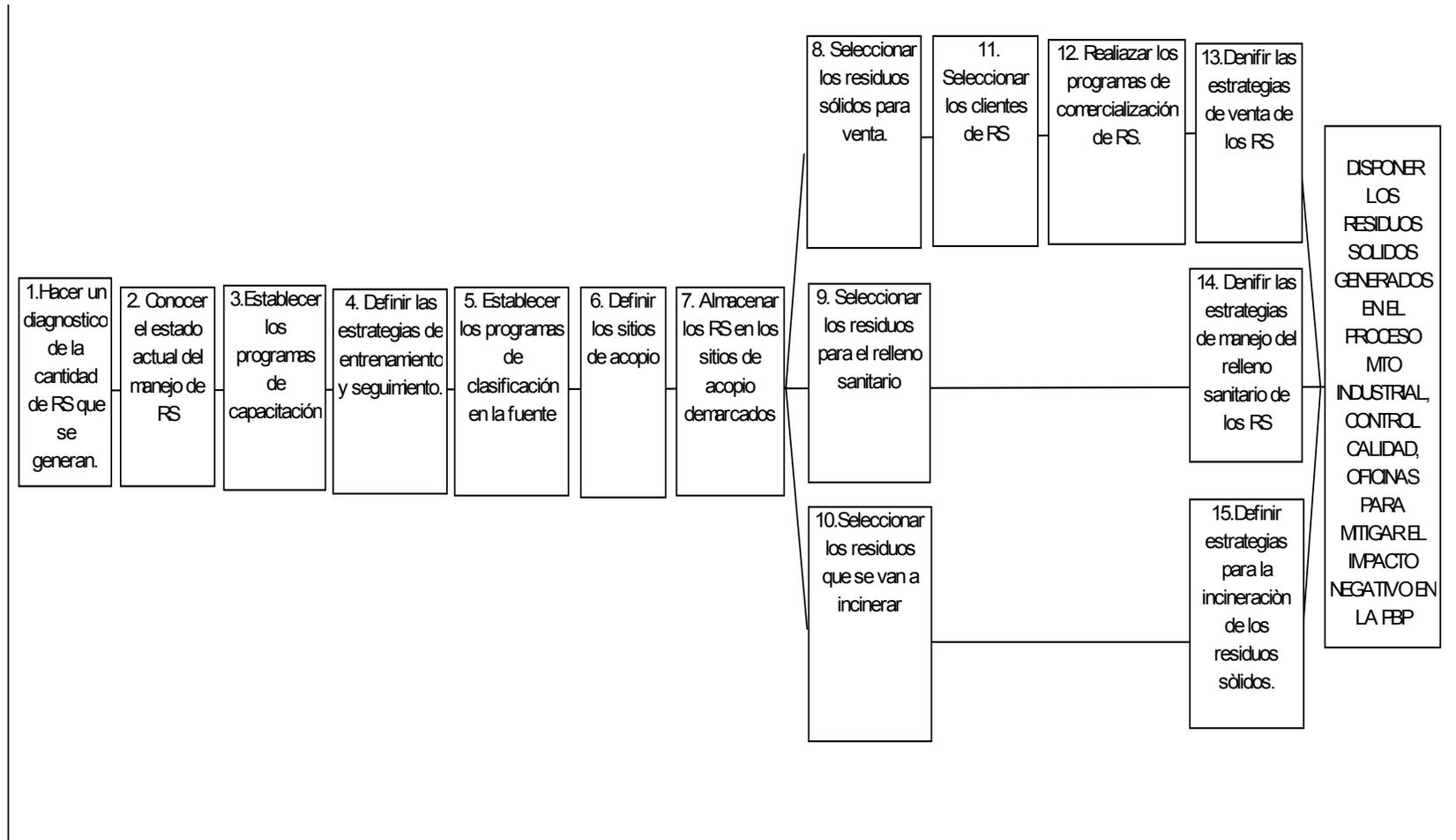
Fuente: Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

6.4 PROPUESTA DE MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE OTROS RESIDUOS SÓLIDOS QUE SE GENERAN EN LA PLANTA: LA CHATARRA, VIDRIO, PLÁSTICO, PAPEL, ALUMINIO, CARTÓN

Se elaboro un proyecto basado en teoría de restricciones. El objetivo ambicioso es “Disponer los residuos sólidos generados en el proceso de mantenimiento industrial, control de calidad, oficinas para mitigar el impacto negativo en la PBP”, siguiendo las pautas de la construcción de proyectos bajo la teoría de restricciones, la red del proyecto se construye de derecha a izquierda con el fin de asegurar que estén todos los objetivos intermedios necesarios para cumplir el objetivo ambicioso, luego se realiza una revisión leyendo la red de izquierda a derecha para asegurarnos que los objetivos intermedios sean suficientes para lograr el objetivo. También se reviso si entre objetivos intermedios había algún obstáculo para cumplir el objetivo, si se encuentra algún obstáculo se plantea la inyección para que no se presente esta situación.

A continuación se presenta la red del proyecto de Disposición final de los residuos sólidos generados en el proceso de mantenimiento industrial, control de calidad, oficinas para mitigar el impacto negativo en la PBP, la propuesta fue presentada a la gerencia y aprobada para su ejecución.

Figura 20. Red de residuos sólidos



Fuente: Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A.

6.5 IDENTIFICAR LAS MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Se construyeron fichas de manejo que permiten considerar por separado cada una de las actividades con sus elementos característicos, la cual ayuda a entender sus relaciones para orientar la gestión a desarrollar.

En cada caso, para cada actividad, la primera ficha corresponde a la llamada ficha tipo y la segunda corresponde a la llamada ficha de medidas.

Los recuadros en los numerales 4 y 5 de la ficha tipo se resaltan con color para indicar los pasos a tener en cuenta y diferenciarlos de los demás.

La ficha de medidas destaca los impactos ambientales, los recursos naturales más afectados y describe en forma adecuada las principales medidas de prevención, mitigación y control a desarrollar.

Ficha Tipo N° 1		Manejo de subproductos sólidos			
1. OBJETIVO	Disponer o usar los diferentes subproductos sólidos derivados del proceso de extracción de aceite en forma adecuada para reducir impactos mediante la aplicación de técnicas adecuadas de manejo.				
2. IMPACTOS AMBIENTALES	Alteración del paisaje por disposición inadecuada. Alteración de la calidad de las aguas por lixiviados Contribución a la proliferación de vectores u organismos que afecten la salud humana o de animales domésticos.				
3. ACCIONES A DESARROLLAR	Utilizar la tusa o raquis y la fibra como abono orgánico en las plantaciones. Evitar la proliferación de vectores u organismos mediante el control biológico y/o químico. Utilizar parte de la fibra y cuesco como combustible en las calderas, principalmente.				
4. TIPO DE MEDIDA	Prevenición	Mitigación	Correctiva	Compensación	Control
5. FASE DE APLICACIÓN	Planificación	Preliminar	Establecimiento	Operativa	Integral

Ficha de medida N° 1		Manejo de subproductos sólidos		
Impactos Ambientales	Recursos más afectados	Medidas de prevención	Medidas de mitigación	Medidas de control
Contaminación de áreas y recursos por disposición inadecuada. Establecimiento y desarrollo de agentes vectores y enfermedades	Suelo	Evitar, por la mala disposición de la tusa o raquis, la proliferación de plagas.	Disponer en forma adecuada el material de las podas y la tusa o raquis para su descomposición. Disponer los subproductos dejando una capa fina sobre la superficie para rápida degradación.	Seleccionar el sitio y prever la adecuación de áreas para la disposición final. En caso de presentarse el desarrollo de plagas, hacer los controles por métodos biológicos y/o químicos
Alteración de la calidad por posibles lixiviados	Agua	Evitar la descarga de subproductos sólidos en los cuerpos de agua	Evitar la generación de lixiviados para no alterar los cuerpos de agua y mantener su calidad, aplicando los subproductos en sectores altos y arenosos para la degradación sea rápida.	Hacer la evaluación, monitoreo y seguimiento sobre la calidad de las aguas.
Alteración de la calidad del aire por eventuales quemaduras	Aire	No realizar quemaduras a cielo abierto	Tomar precauciones para evitar que se presenten o se repitan.	Desarrollar actividades de educación ambiental sobre calidad del aire.

Ficha Tipo N° 2		Manejo de residuos sólidos			
1. OBJETIVO	Establecer un sistema integral de manejo de residuos sólidos que se generen en el cultivo, en la planta de beneficio, en áreas administrativas y talleres para evitar problemas ambientales indeseables.				
2. IMPACTOS AMBIENTALES	<p>Contaminación de áreas por su disposición inadecuada.</p> <p>Alteración de la calidad de las aguas por vertimientos y lixiviados.</p> <p>Alteración de la calidad de los suelos.</p> <p>Generación de malos olores y por tanto contaminación del aire.</p> <p>Sobre la salud por la generación de vectores, por ejemplo, insectos, roedores.</p>				
3. ACCIONES A DESARROLLAR	<p>Seleccionar y clasificar los residuos sólidos en la fuente para determinar usos y disposición final.</p> <p>Construir y montar la infraestructura necesaria para su manejo.</p> <p>Promover el reciclaje, reuso y recuperación.</p> <p>Fortalecer las tecnologías que conduzcan a su minimización en el origen.</p> <p>Adelantar campañas educativas.</p>				
4. TIPO DE MEDIDA	Prevenición	Mitigación	Correctiva	Compensación	Control
5. FASE DE APLICACIÓN	Planificación	Preliminar	Establecimiento	Operativa	Integral

Ficha de medida N° 2				
Manejo de residuos sólidos				
Impactos Ambientales	Recursos más afectados	Medidas de prevención	Medidas de mitigación	Medidas de control
Contaminación de áreas y recursos por disposición inadecuada. Establecimiento y desarrollo de agentes vectores de enfermedades	Suelo	Reducir la generación de residuos sólidos en la fuente. Hacer selección y clasificación en la fuente para su posible re-uso y disposición final. Dar instrucciones sobre manejo y disposición de residuos sólidos. Adelantar campañas educativas sobre manejo integral de residuos sólidos.	Promover el reciclaje en la fuente. Fortalecer el uso de tecnologías limpias para minimizar la producción de residuos sólidos. Montar puntos de acopio para disposición de residuos sólidos.	Seleccionar el sitio y prever la adecuación de áreas para la disposición final. Vender material reciclable. Supervisar el cumplimiento de los lineamientos de política sobre la gestión integral de residuos. Cuantificar periódicamente las cantidades y tipos de residuos generados.
Alteración de la calidad por vertimientos y lixiviados	Agua	Construir el relleno sanitario compactándolo y diseñar canales perimetrales para recolectar los posibles lixiviados que se generen.	Evitar la descarga de lixiviados a los cuerpos de agua para mantener su calidad. Neutralizar los lixiviados generados.	Hacer la evaluación, monitoreo y seguimiento sobre la calidad de las aguas.
Generación de malos olores	Aire	Disponer adecuadamente los residuos sólidos para evitar malos olores.	Encalar, y compactar para evitar las emisiones. En caso de presentarse, tomar medidas adecuadas para que no se repitan estos casos	Hacer la evaluación, monitoreo y seguimiento sobre la calidad del aire.

7. CONCLUSIONES

- Palmas Bucarelia tiene como reto futuro en materia de gestión ambiental alcanzar “cero emisiones”. Este concepto implica el reciclaje y uso de todos los subproductos generados en el proceso de extracción de aceite. De esta manera se logra una gran armonía con el medio ambiente y se aprovecha al máximo el rendimiento económico de la palma, con lo cual se hace más competitiva la actividad agroindustrial.
- El proyecto del manejo y disposición final de subproductos cuenta con políticas claras en el aprovechamiento del valor nutricional de cada uno de estos en el cultivo, demostrado ampliamente por investigación del sector palmero.
- La propuesta de manejo y disposición final de otros residuos sólidos en la planta de beneficio primario, ayuda a fomentar la cultura del reciclaje y a mantener en orden y aseo cada uno de los puestos de trabajo, garantizando un ambiente de trabajo sano, seguro y amigo con el medio ambiente.
- El balance de masa de los subproductos nos dio herramientas claras en la cantidad de fibra y cascarilla que se utiliza como combustible para las calderas y comparar con los manuales de operación de estas.
- El análisis fisicoquímico del hollín permitió la incorporación de este subproducto no usado antes al suelo, ya que se observaron las bondades en aportes de nutrientes como potasio y magnesio.
- La mezcla del hollín con la fibra permite potencializar la fibra, que es muy pobre en nutrientes usada en el campo solo por sus beneficios a la calidad de suelo

(humedad, control de malezas)

- La fibra, cascarilla, tusa y hollín son aportes apetecidos y funcionales para mejorar aspectos del suelo y nutrición de la palma
- Los resultados con mayores beneficios como alternativa en la nutrición animal fueron los observados en la tusa y por el contrario los resultados encontrados en la cascarilla presentan un menor aporte nutricional.
- En Palmas Bucarelia no existía una política clara en la disposición final de los subproductos y residuos sólidos, el relleno actual no cumple con los requisitos de manejo.

8. RECOMENDACIONES

- Se debe establecer un programa de distribución muy estricto y controlado para garantizar que los subproductos se apliquen en forma adecuada (forma plana con capas muy delgadas y sin perjudicar el área de trabajo del cultivo (platos y calles de cosecha))
- Ejecutar los proyectos de manejo y disposición final de subproductos y otros residuos sólidos, controlando el avance mensual a través del consumo del amortiguador con el fin de asegurar el cumplimiento del objetivo ambicioso de cada uno de ellos.
- Al terminar el proyecto de manejo y disposición final de otros residuos sólidos es importante crear estrategias para asegurar la cultura del reciclaje en todos los trabajadores de la planta de beneficio primario.
- Documentar el subproceso de gestión de residuos sólidos teniendo en cuenta los dos proyectos planteados.
- La tusa se debe manejar en conjunto con un programa de control de mosca de tusa, ya que su proliferación se favorece y también perjudica personas y animales en la vecindad.

BIBLIOGRAFÍA

DEL VAL, M. A. "El libro del reciclaje (Manual para la recuperación y aprovechamiento de basura)". Ed. Integral. Madrid. 1991.

ELIAS, X. "Reciclaje de residuos industriales". 1° Ed. Editorial Díaz de Santos. Madrid.2000.

FEDEPALMA. Guía ambiental para el subsector de la agroindustria de la palma de aceite. Mayo 2002.

Jornadas sobre la estrategia Europea para la gestión de residuos industriales "Plásticos y medio ambientes". Valencia. 1997.

LEROY, Jean. Los desechos y su tratamiento. Breviarios del fondo de Cultura económica 355 México. 1987.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Informe preliminar sobre la situación ambiental de la cadena oleaginosa en Colombia. 1998.

PAULIS, G. GRAVITIS, J. Environmental management of plantations: through zero emission approach. MPOB 1997.

PEAVY S. Howard; ROWE R., Donal y TCHOBANOGLIOUS T. Enviromental engineering. McGraw Hill, 1985.

POLPRASERT, Ch. "Organic Waste Recycling". 2° Ed. John Wiley & Sons. New York.1995.

RELEA, F. Et al. "Reducció de residus. Guia pràctica per a l'avaluació d'oportunitats als processos industrials". Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient. Barcelona.1991.

RODRÍGUEZ, Manuel. HOOF, Bart Van. Desempeño ambiental del sector palmero en Colombia. 2003.

VARIOS AUTORES. "Guía de compostatge". Ajuntament de Barcelona. Barcelona. 1998.

WEE. Víctor, TAN. Tony. KENG. Peter. Closed loop zero waste management system for palm oil mill. MPOB. 2002.

WENG, Chan. Mejores prácticas y desarrollo sostenible de la industria de palma de aceite. Revista Palmas.2003

www.fedepalma.org/palma.html

www.sic.gov.co

www.cenipalma.org

www.cnpml.org