

**PROGRAMA DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA PARA LA  
EXTRACCIÓN DE ACEITE CRUDO EN EL SECTOR PALMICULTOR**

**ÁNGELA PATRICIA ANAYA  
DOLLYS CALDERÓN ROJAS**

**ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
FLORIDABLANCA  
2011**

**PROGRAMA DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA PARA LA  
EXTRACCIÓN DE ACEITE CRUDO EN EL SECTOR PALMICULTOR**

**ÁNGELA PATRICIA ANAYA  
DOLLYS CALDERÓN ROJAS**

**Monografía para optar el título de Especialista en  
GERENCIA E INTERVENTORÍA DE OBRAS CIVILES**

**ASESOR:  
Ing. NELSON ENRIQUE GONZÁLEZ GONZÁLEZ**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
FLORIDABLANCA  
2011**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Floridablanca, Noviembre 2 de 2011**

A nuestras familias, por el amor, la comprensión que siempre nos han brindado, a lo largo de la formación profesional.

Angela Patricia, Dollys Oriana

## **AGRADECIMIENTOS**

Damos nuestros sinceros agradecimientos:

A la **UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA**, a su cuerpo administrativo y docente especializado por brindarnos los conocimientos necesarios para el desarrollo intelectual y moral como parte fundamental de la formación académica.

A **TODAS AQUELLAS PERSONAS** que nos dedicaron asesorías académicas durante el transcurso de la especialización y la realización de este trabajo para optar como especialista.

## CONTENIDO

	Pág
1. INTRODUCCIÓN	12
2. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	14
2.1 ALCANCE	15
2.2 METODOLOGÍA	16
2.3 OBJETIVOS	16
2.3.1 Objetivo General	16
2.3.1 Objetivos Específicos	17
3. ESTADO DEL ARTE	18
3.1 ASPECTOS GENERALES DEL AGUA	18
3.2 USO DEL AGUA EN DIFERENTES SECTORES	19
3.3 CONTAMINACIÓN DEL AGUA	21
3.4 MARCO LEGAL Y NORMATIVO PARA EL AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA	23
4. PALMA DE ACEITE	25
4.1 ORIGEN Y EXPANSIÓN DE LA PALMA DE ACEITE	25
4.2 LA PALMA DE ACEITE COMO ENTE VEGETAL	25
4.3 CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE	25
4.4 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS CULTIVOS EN COLOMBIA	26
4.5 ETAPAS DEL PROCESO INDUSTRIAL	29
4.5.1 Fase 1.	29
4.5.2 Fase 2.	37
4.6 USO EFICIENTE DEL AGUA EN EL SECTOR PALMICULTOR	42
5. ESTRATEGIA PARA EL AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA	47
5.1 PRIMERA ETAPA	47
5.1.1 Tratamiento físico	47
5.1.2 Tratamiento químico	49

5.1.3 Tratamiento de sulfatos.	50
5.2 SEGUNDA ETAPA	51
5.2.1 Designar un Equipo de trabajo para producción más limpia	52
5.2.2 Instalación de medidores	53
5.3 TERCERA ETAPA	59
5.3.1 Generación de Programas de manejo y uso eficiente del agua	59
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES	66
BIBLIOGRAFÍA	67

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág</b>
Figura 1. Zonas productoras de Palma de Aceite	26
Figura 2. Principales Departamentos productores	28
Figura 3. Proceso de Extracción de Aceite crudo y Almendra de Palma Africana	36
Figura 4. Plano Hidráulico: Proceso de extracción de aceite crudo	39
Figura 5. Resumen Consumo del proceso de extracción de aceite y almendra	40
Figura 6. Características de las zonas de producción de palma africana	43
Figura 7. Diagrama de macromedidores dentro del proceso	56
Figura 8. Diagrama de micromedidores dentro del proceso	57
Figura 9. Flujo de masa de proceso y pérdidas durante la producción	58

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág</b>
Tabla 1. Condiciones del proceso de esterilización	30
Tabla 2. Residuos generados por la desfrutación	31
Tabla 3. Condiciones de la extracción	31
Tabla 4. Productos y residuos generados por el tamizado	32
Tabla 5. Productos y residuos generados por el proceso de clarificación	33
Tabla 6. Productos y residuos generados por el proceso de secado	34
Tabla 7. Residuos generados por la limpieza del desarenador	35
Tabla 8. Productos y residuos generados por el proceso de centrifugación	35
Tabla 9. Consumo del agua del proceso de extracción de aceite crudo	38
Tabla 10. Medidores requeridos para el proceso de producción más limpia	54
Tabla 11. Macromedidores del proceso a instalar	54
Tabla 12. Especificaciones técnicas de los micro y macromedidores a instalar	55

## **RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO**

**TITULO:** PROGRAMA DE AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE CRUDO EN EL SECTOR PALMICULTOR

**AUTOR(ES):** ANGELA PATRICIA ANAYA RODRIGUEZ  
DOLLYS ORIANA CALDERON ROJAS

**FACULTAD:** ESPECIALIZACION EN GERENCIA E INTERVENTORIA DE OBRAS CIVILES

**DIRECTOR(A):** NELSON ENRIQUE GONZÁLEZ GONZÁLEZ

Proponemos el desarrollo de un ahorro y uso eficiente del agua se define como una estrategia ambiental preventiva aplicada a los procesos de producción y servicios para mejorar la eco-eficiencia y la conservación de la materia prima (agua). En una primera etapa, se realizó un tratamiento físico el cual involucra operaciones gravitacionales manuales ó mecánicas que permiten remover básicamente sólidos de distinta granulometría y densidad del efluente. Además, un proceso de tratamiento químico que involucra la separación de la materia suspendida del efluente, relacionada con aceites y grasas evacuados desde la planta procesadora lo cual implica el tratamiento de sulfatos en la fase final de esta primera etapa. Los sulfatos son algunos de los sólidos que tiene una mayor solubilidad en agua. Es importante realizar este proceso con el fin de evitar dificultades de remoción en etapas posteriores.

La segunda etapa está relacionada con un proceso de producción más limpia para lo cual se debe tener en cuenta el equipo de trabajo y la instalación de macro y micro medidores para la medición del balance hídrico. La tercera etapa debe incluir los diversos componentes del Programa de Uso Eficiente del Agua: un programa de educación (motivación, sensibilización, orientación), la instalación y las actividades de seguimiento basadas en: las metas de ahorro de agua, el presupuesto disponible para el año actual y proyectado para los próximos años y el personal disponible para las actividades de educación y evaluación.

Los indicadores de desempeño para determinar la conservación y el uso eficiente del agua son: Consumo total de agua (l / hr), Consumo de agua subterránea total (l / hr), Consumo total de agua en el proceso de (l / hr).

**Palabras claves:** AYUEDA (Ahorro y Uso Eficiente del Agua), impacto ambiental, programas.

## **ABSTRACT**

**TITLE:** SAVINGS PROGRAM AND EFFICIENT USE OF WATER IN THE EXTRACTION OF CRUDE OIL ON THE PLANTATIONS OF AFRICAN PALM.

**AUTHOR(S):** ANGELA PATRICIA ANAYA RODRIGUEZ  
DOLLYS ORIANA CALDERON ROJAS

**FACULTY:** SPECIALIZATION IN MANAGEMENT AND AUDITING OF CIVIL WORKS.

**DIRECTOR:** NELSON ENRIQUE GONZÁLEZ GONZALEZ

We propose the development of a savings and efficient use of water defined as a preventive environmental strategy applied to processes of production and services to improve eco-efficiency and conservation of raw materials (water). In a first step, we conducted a physical treatment involving gravitational operations manual or mechanical removal of solids that allow different size and density of the effluent. Also, a chemical treatment process was conducted. Is the separation of suspended matter from the effluent that is related to oils and fats evacuated from the processing plant, which involve treatment of sulfate as the final phase of this first stage. Sulfates are some of the solid which has greater solubility in water. It is important to this process, as it will prevent future difficulties in later removal.

The second stage is related to a cleaner production process. For this process should take into account the team and the installation of macro and micro gauges for measuring the water balance. The third stage should include the various components of the Program for the Efficient Use of Water: an educational program (motivation, awareness, education), installation and monitoring activities are based on: water-saving goals, budget available for the current year and projected for future years and the staff available for education and evaluation activities.

The performance indicators to determine the conservation and efficient use of water are: Total water consumption (l / hr), Total groundwater consumption (l / hr), Total water consumption in process (l / hr).

**Key Words:** environmental impact, programs, (AYUEDA) Saving and efficient use of water.

**V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

## 1 INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el consumo humano de agua se ha incrementado al igual que el consumo para uso industrial. La disminución de las reservas de agua se verá agravada con el aumento de la población mundial, estimada en un 40% sobre la actual.<sup>1</sup>

En los próximos 25 años, según las Naciones Unidas, de los 6.000 millones de habitantes actuales, se pasará a 8.300 millones en el año 2025. El problema es aún más grave si se considera la contaminación de los ríos y lagos mundiales, pues aunque la escasez se deba a ciclos climáticos extremos, la actividad humana e industrial está jugando un papel importante en el aumento de la escasez y en lo que se ha llamado “stress del agua” o indicación de que no hay suficiente agua en calidad y cantidad para satisfacer las necesidades humanas, industriales y medioambientales.

Este panorama requiere la urgente necesidad de un freno en el uso indiscriminado del agua y en la contaminación que la afecta.

La gestión del ahorro y uso eficiente del agua es un tema prioritario para lo cual se vienen implementando acciones encaminadas a lograr los efectos positivos en el manejo adecuado del agua y en el tratamiento del agua usado en el proceso, con el fin de mitigar el impacto sobre las fuentes de aguas. El agua es un recurso imprescindible para el desarrollo de la vida, por lo tanto es un recurso que cuidar y ahorrar.

Lo anterior, sumado a la ausencia de una política de estado definida y clara en relación al agua, a la dispersión y colisión de competencias entre numerosas

---

<sup>1</sup> MARTÍN RETORTILLO, Sebastián. Reflexiones sobre la problemática actual de la gestión de aguas. 2006, p. 3

entidades nacionales y territoriales, la ausencia en la definición de estrategias económicas y financieras que regulen su distribución, la definición de prioridades en su uso, el manejo de la contaminación y la desregulación, demuestran la necesidad de generar estrategias de preservación del recurso hídrico, desde donde se pueda proyectar un eficiente uso y manejo tanto en el ámbito de consumo doméstico, como industrial, caso particular de las empresas palmicultoras en Colombia.

## 2 PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

**En el planeta tierra el 97%** aproximadamente es de agua pero de esta el 90% es agua de mar y tiene sal, el 2% es hielo y el 1% es agua dulce encontrándose en ríos, lagos y mantos subterráneos. Es importante señalar que en el año 2025 la escasez del agua se convierta en unos de los conflictos mundiales y sus costos serán elevados en periodos de verano se agudizará la sostenibilidad del recurso se verá seriamente amenazada. <sup>2</sup>

El consumo se ha triplicado desde mediados del siglo XX con la tecnificación de la agricultura y la implementación de modernos sistemas de riego que hacen mal uso de ella combinada con el uso indiscriminado de productos químicos, procesos agrícolas inapropiados y otras prácticas inadecuadas que contaminan constantemente el recurso hídrico de manera que la extracción del agua se ha visto sobreexplotada, además a medida que la población mundial se incrementa, aumenta la demanda de agua dulce para la producción de alimentos, usos industriales entre otros.

El desarrollo de actividades agrícolas industriales ha traído como consecuencia la deforestación, cambios importantes en la hidrología de las aguas superficiales y subterráneas, erosión en la tierra y sedimentación, pérdida de fertilidad de los suelos, polución con agroquímicos, residuos sólidos, pérdida y fraccionamiento de hábitats y vida silvestre y desechos líquidos y contaminación a través de la escorrentía por actividades ganaderas y pecuarias.

Todo esto trae como consecuencia la degradación de los ecosistemas acuáticos. Esto se presenta como resultado de la falta de un desarrollo tecnológico que permita el desarrollo positivo de actividades como la agroindustria, brindando

---

<sup>2</sup> Ibid. p. 2

todos los elementos necesarios para su desarrollo y demuestra a su vez la inexistencia de programas de cultura del agua que fomenten en los habitantes de estas regiones la necesidad de adoptar las mínimas medidas posibles para proteger los ecosistemas que los rodean.

Lo anterior lleva a la necesidad de diseñar un adecuado sistema para el manejo del agua, estableciendo una administración que tenga funciones precisas, que cuente con medios adecuados para la gestión, que sea coherente, decisoria y no dispersa y que al mismo tiempo involucre el diálogo y la concertación como elementos fundamentales de sus actuaciones las cuales deben regirse por los principios de participación y concentración.

## **2.1 ALCANCE**

De acuerdo con lo establecido en los artículos 1, 2 y 3 de la Ley 373 de 1997 el programa de Ahorro y Uso Eficiente de Agua – AYUEDA, se entiende como el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar los demás usuarios del recurso hídrico, así mismo será quincenal y deberá estar basado en los aspectos que definen las Corporaciones Autónomas Regionales, en especial los que competen a las empresas Palmicultoras de Colombia.

Si bien el marco institucional colombiano para el manejo de recursos hídricos está bien desarrollado, enfrenta algunos retos, como: <sup>3</sup>

- El agua se considera comúnmente como un recurso abundante, lo que afecta a la implementación de determinadas políticas
- Las responsabilidades de manejo de los recursos hídricos están fragmentadas y no existe una estrategia nacional coherente

---

<sup>3</sup> Orlando Ojeda, Eduardo and Arias Uribe, Raúl (2000). «[Informe Nacional sobre la Gestión del Agua en Colombia: Recursos Hídricos, Agua Potable y Saneamiento.](#)» (PDF) págs. pp. 102-104. cepis.org. Consultado el 31-05-2011

- La coordinación entre el Ministerio de Ambiente y las CAR es insuficiente
- Las capacidades a nivel regional son insuficientes
- La deforestación, los cultivos ilegales y la expansión urbana hacen que las leyes existentes sean difíciles de cumplir.

A nivel nacional el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial se encarga de las políticas de recursos hídricos, a nivel regional, las 33 Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) son las responsables del manejo de recursos hídricos, aunque es el mismo ministerio el que está a cargo de las políticas de abastecimiento de agua potable y saneamiento.

## **2.2 METODOLOGÍA**

La presente investigación tiene como objetivo la elaboración de un programa de ahorro y uso eficiente del agua definiéndose como una estrategia ambiental preventiva aplicada a procesos de producción y servicios para mejorar la eco-eficiencia y conservación de la materia prima (agua).

El mismo permite concientizar y sensibilizar a los palmicultores del país sobre el uso racional del agua, la adopción de hábitos de mejoramiento continuo dentro del esquema: hacer, verificar y actuar esto según las expectativas y necesidades de conservación del medio ambiente.

## **2.3 OBJETIVOS**

### **2.3.1 Objetivo General**

Elaborar un Programa de ahorro y uso eficiente del agua para el proceso de extracción de aceite crudo en el sector palmicultor.

### **2.3.1 Objetivos Específicos**

- Determinar las características del proceso de producción de aceite de palma para implementar procesos de protección y conservación de fuentes hídricas.
- Identificar las normas que regulan el uso racional del agua en Colombia aplicables al proceso industrial de producción de aceite de palma
- Enunciar programas de capacitación y motivación especial dirigidos al sector palmicultor colombiano para el aprovechamiento de aguas subterráneas y aguas lluvias, programa de protección y conservación de fuentes hídricas, programa de manejo de aguas residuales industriales para promoción del uso eficiente y ahorro del agua.

### 3 ESTADO DEL ARTE

#### 3.1 ASPECTOS GENERALES DEL AGUA

El agua es un componente de nuestra naturaleza que ha estado presente en la Tierra desde hace más de 3.000 millones de años. Su naturaleza se compone de tres átomos, dos de oxígeno que unidos entre sí forman una molécula de agua, H<sub>2</sub>O, la unidad mínima en que ésta se puede encontrar. La forma en que estas moléculas se unen entre sí determinará la forma en que encontramos el agua en nuestro entorno; como líquidos, en lluvias, ríos, océanos, camanchaca, etc., como sólidos en témpanos y nieves o como gas en las nubes.

No es posible realizar ningún proceso biológico, agrícola, industrial, comercial, social, cultural, minero o de cualquier índole humana que no implique uso de agua. Se podría decir a lo largo de la historia de todas las civilizaciones, que no hay economía sin agua.

Colombia aparece en los registros estadísticos, como un país con abundancia en agua, al punto que se encuentra ubicada por encima de los estándares internacionales, que según datos de la Universidad Nacional, <sup>4</sup> para enero de 2002, “Colombia disponía de 33.630 metros cúbicos de agua al año por persona, lo cual la ubica en una situación promedio para América Latina y cinco veces mayor según el consumo medio mundial (7.700 metros cúbicos), de acuerdo con recientes informes del Instituto de Recursos de las Naciones Unidas.”

A pesar de esto la presencia y distribución de este recurso en el territorio nacional no es equitativa, en razón de factores de geología, demografía, topografía y clima.

---

<sup>4</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. El agua en Colombia. Bogotá, Colombia, Agosto de 2002, p. 31-32

En medio de la difícil situación por la que atraviesa el agua en Colombia la recuperación de los recursos hídricos aparece como una de las grandes prioridades de la política ambiental.

En este sentido la política debe encaminarse a avanzar en el ordenamiento y la recuperación tanto de los ecosistemas continentales como marítimos. En los primeros, aumentando la capacidad de regulación de agua en las cuencas hidrográficas, y en ambos, promoviendo la eficiencia y sostenibilidad en su uso, al igual que reduciendo los niveles de contaminación.

### **3.2 USO DEL AGUA EN DIFERENTES SECTORES**

El Estado tiene la obligación de garantizar a la sociedad la preservación y el uso racional y sostenible del recurso hídrico regido por los conceptos de calidad, cantidad, eficiencia y equilibrio de los ecosistemas.

La Ley 373 de 1997 estableció como uno de sus principios rectores el uso eficiente y el ahorro del agua. En la mencionada ley se establece que todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar un programa destinado al uso eficiente y al ahorro del agua.

De la misma forma el artículo 5 de esta misma ley estableció que

*“las aguas utilizadas, sean éstas de origen superficial, subterráneo o lluvias, en cualquier actividad que genere afluentes líquidos, deberán ser utilizadas en actividades primarias y secundarias cuando el proceso técnico y económico así lo ameriten y aconsejen según el análisis socio económico y las normas de calidad ambiental.”<sup>5</sup>*

En el pasado, la mayoría de los efluentes tratados se depositaban en el lecho de la corriente más cercana causando graves problemas para el medio ambiente y los recursos hídricos. Por ello la promoción de las prácticas empresariales de

---

<sup>5</sup> LEY 373 DE 1997. Artículo 5.. Uso del Agua,

autogestión y auto regulación en el uso de los recursos naturales (agua, energía y suelos), en la Política Nacional de Producción más Limpia se establecieron los convenios de concertación para una producción más limpia, como marco de trabajo entre el sector público y privado, aspecto que implicaba estructurar los mecanismos apropiados y unificados para el seguimiento de sus compromisos, establecer lineamientos y metodologías diferenciadas para los convenios regionales y sectoriales y finalmente ampliar en los convenios, la participación tanto de las autoridades ambientales regionales como de otros elementos de la sociedad civil.

El Informe IFPRI de las Naciones Unidas denominado “Panorama global del agua hasta el año 2025”<sup>6</sup> hace un llamado a implementar políticas de uso eficiente del agua, dado que las proyecciones indican que para el año 2025, la escasez de agua causará anualmente pérdidas globales de 350 millones de toneladas cúbicas del potencial de producción ligera de alimentos, de lo que se deduce que uno de los principales factores de la limitación de la alimentación para el futuro será el agua.

Si bien es cierto que el agua es un recurso escaso, el ser humano ha desarrollado muchas formas de usar este recurso de manera más eficiente. Pero de nada sirve tener políticas, técnicas y tecnologías para ahorrar agua si las mismas no se llevan a la práctica. La Naturaleza ha ofrecido los medios, que hay que saber utilizar racionalmente y todo como en la vida, las cosas son circunstanciales, lo que obliga a no satanizar gente o inculpar a alguien del agotamiento del recurso agua. Hay que, con tolerancia, encontrar soluciones y resolver los problemas que se avecinan, en forma conjunta.

---

<sup>6</sup> MARQUEZ GERMÁN. De la abundancia a la escasez. La transformación de los ecosistemas en Colombia. En, Naturaleza en Disputa. Ensayos de historia ambiental de Colombia. Universidad Nacional. 2009

En Colombia, de acuerdo con el marco regulador, los usuarios no deben pagar por la ineficiencia y mala gestión de los entes operadores de los sistemas de abastecimiento de agua. Sin embargo, por promedio, en el país el índice de agua no contabilizada es del 43%, de acuerdo con un estudio realizado en 20 ciudades por la Comisión de Regulación en Agua Potable y Saneamiento (CRA) en el año 2000.<sup>7</sup>

Se estima que en una ciudad, por promedio el 71% de la producción total de agua se consume en las casas de habitación, el 12% en la industria, el 15% en el comercio y el 2% en el sector de servicios. Pero esto es claramente un promedio y el porcentaje de consumo doméstico sería más alto donde hay poca industria. Tradicionalmente las acciones de uso eficiente en las ciudades se han orientado hacia: la comunicación y educación, la detección y reparación de fugas, la medición, los sistemas tarifarios y la reglamentación.<sup>8</sup>

### **3.3 CONTAMINACIÓN DEL AGUA**

El agua, origen y base de la vida, se ha consolidado como medio indispensable para cualquier alternativa de futuro. No existe actividad humana: económica, industrial, social o política que pueda prescindir de este vital recurso.

Sin embargo, las inundaciones, las sequías, la pobreza, la contaminación, el tratamiento inadecuado de los desechos y la insuficiencia de infraestructuras para la desinfección del agua plantean serias amenazas a la salud pública, así como la falta de políticas públicas de seguimiento y control.

---

<sup>7</sup> COMISIÓN DE REGULACIÓN EN AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO (CRA) en el año 2000. CRA, 2002.

<sup>8</sup> [www.irc.nl/redir/content/download/.../TOP12\\_UsoEficiente.pdf](http://www.irc.nl/redir/content/download/.../TOP12_UsoEficiente.pdf). IRC International Water and Sanitation Centre

Existen diversas fuentes contaminantes que alteran la calidad del agua de los cuerpos superficiales como son los lagos y ríos, los cuales acarrean sustancias y organismos hacia las lagunas y zonas costeras. Pero, aun cuando no los vemos, también estamos contaminando los sistemas de agua subterránea con una gran variedad de compuestos y de organismos que son liberados en la superficie y migran o se desplazan hacia abajo hasta llegar a los acuíferos.<sup>9</sup>

Se deben diferenciar dos tipos de contaminación del agua:

- **Contaminación natural:** Es la que existe siempre, originada por restos animales y vegetales y por minerales y sustancias que se disuelven cuando los cuerpos de agua atraviesan diferentes terrenos.
- **Contaminación artificial:** Va apareciendo a medida que el hombre comienza a interactuar con el medio ambiente y surge con la inadecuada aglomeración de las poblaciones, y como consecuencia del aumento desmesurado y sin control alguno, de industrias, desarrollo y progreso. Puede decirse que es preocupante el uso del agua para fines tales como lavado de automóviles, higiene, limpieza, refrigeración, y procesos industriales en general, ya que si no son debidamente tratados retornan al ciclo con distintos niveles de contaminación.<sup>10</sup>

Por eso se hace indispensable el cuidado y protección de los recursos hídricos a gran escala, primero, con políticas gubernamentales rápidas y eficientes; de modo individual después, manteniendo una conducta de valoración del recurso, donde prevalezca la acción cautelosa del hombre frente a las fuentes de agua.

---

<sup>9</sup> [http://www.comoves.unam.mx/articulos/agua\\_recurso/agua1.html](http://www.comoves.unam.mx/articulos/agua_recurso/agua1.html)

<sup>10</sup> Cristian Frers. Técnico Superior en Gestión Ambiental y Técnico Superior en Comunicación Social. Tte. Gral Juan D. Perón 2049 7mo. "55". (C1040AAE) Ciudad Autónoma de Buenos Aires. República Argentina.

### **3.4 MARCO LEGAL Y NORMATIVO PARA EL AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA.**

La Constitución de 1991 redefine las responsabilidades del Estado, exigiéndole garantizar la Sostenibilidad de los sistemas y los recursos naturales. La Ley 99 de 1993 reorganiza la estructura institucional para adecuarla a las nuevas necesidades.

Antes de 1991 la gestión del agua se contemplaba en:

- Código de los Recursos Naturales Renovables.
- Decreto – Ley 2811 de 1974.
- Código Sanitario y sus decretos reglamentarios.

En los últimos años y a partir de la promulgación de la ley 99, Colombia ha venido afianzando su posición en Latino América como país líder en gestión ambiental, en particular ante la estructuración de un modelo de gestión ambiental basado en lo que se conoce como el Sistema Nacional Ambiental (SINA), que en su estructura de base, está conformado por:<sup>11</sup>

Como base legal para el desarrollo del programa de AYUEDA, se tomaron en cuenta las consideraciones establecidas en las siguientes Leyes, Decretos y Resoluciones:

- 1. Decreto 1594 del 26 junio del 1984:** Expedida por el Presidente de la República, “por el 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 de la parte III – Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos”

---

<sup>11</sup> MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. Sistema Nacional Ambiental. Bogotá, Colombia, 2011.

2. **Resolución 273 del 01 abril de 1997:** Expedido por el Ministerio del Medio Ambiente, “por la cual se fijan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos para los parámetros Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y sólidos suspendidos totales (SST)”
  
3. **Ley 373 del 06 de junio de 1997:** Expedido por el congreso de las República, “por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua”
  
4. **Resolución 372 del 06 de mayo de 1998:** Expedida por el Ministerio del Medio Ambiente, “por la cual se actualizan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos y se dictan disposiciones”
  
5. **Decreto 3100 de 2003:** Expedido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

“Por medio del cual se reglamentan la tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones”

## 4. PALMA DE ACEITE

### 4.1 ORIGEN Y EXPANSIÓN DE LA PALMA DE ACEITE

El origen de la palma de aceite se ubica en las costas del Golfo de Guinea en el África occidental. Se introdujo a la América Tropical por los colonizadores y comerciantes de esclavos portugueses, en los viajes transatlánticos del siglo XVI. Se estableció en San Salvador Brasil.

En el año 1848, la palma de aceite entra a Asia por Java, y se dio comienzo a la más grande expansión por el mundo. En el Año 1932, Florentino Claes, Introdujo la palma africana de aceite a Colombia y fueron sembradas con fines ornamentales. En el año 1945, se establece el primer cultivo comercial en Colombia, por la United Fruit Company, en la zona bananera del departamento del Magdalena.<sup>12</sup>

### 4.2 LA PALMA DE ACEITE COMO ENTE VEGETAL

Botánicamente la palma de aceite se conoce con el nombre de *Elaeisguineensis*. Nombre dado por Jacquin en 1763, con base en la palabra griega *elaoin*, que significa aceite y guineensis, hace honor a la región de Guinea de donde se considera originaria. Palma Africana de Aceite (*Elaeisguineensis*Jacq.) Palma Americana de Aceite (*Elaeioleifera*HBK.)

### 4.3 CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

Tiene 16 pares de cromosomas. Es una planta monocotiledónea (Su semilla tiene un solo Cotiledón o almendra), pertenece al orden de las *Palmales* familia

---

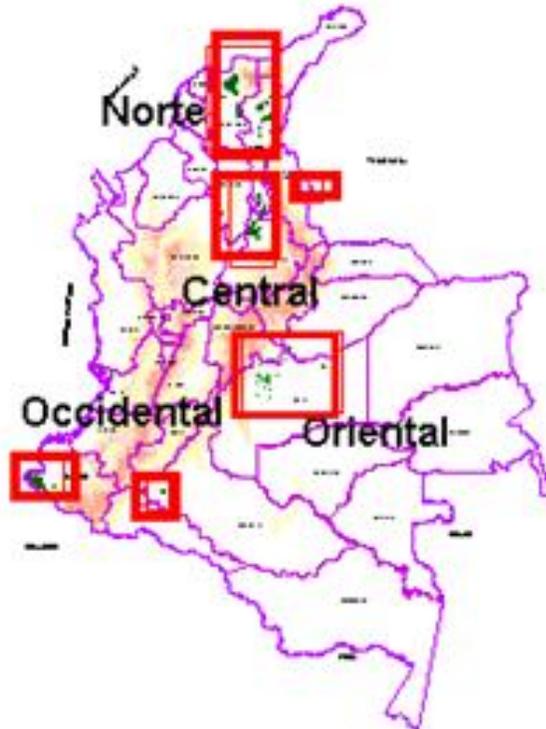
<sup>12</sup> EL CULTIVO DE LA PALMA DE ACEITE Y SU BENEFICIO. Guía general para el nuevo palmicultor. Fernando Bernal Niño. Fedepalma. Cenipalma. Bogotá, D.C. Colombia. Junio de 2005.

*Palmaceae*. Es una planta Monoica (las flores femeninas y masculinas, se producen independientes, en una misma planta). Es Alogama, pues su polinización es cruzada. Es una planta perenne.<sup>13</sup>

#### 4.4 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS CULTIVOS EN COLOMBIA

En Colombia, los cultivos de palma de aceite se han ubicado predominantemente en tierras que antes se dedicaban a la ganadería o a los cultivos agrícolas, como se tipifica en las zonas norte, central y oriental (ver figura 1).

Figura 1. Zonas productoras de Palma de Aceite



Fuente: Fedepalma, 2010

Algunas de las tierras actualmente dedicadas a la palma aceitera corresponden a áreas en donde tiempo atrás se ubicaban bosques naturales, pero ellas, como lo

---

<sup>13</sup> Ibid. p. 11

sugieren los resultados arrojados por la encuesta, habrían sido transformadas en una primera etapa para la actividad agropecuaria.

En efecto, sobre la utilización anterior de las áreas de las fincas hoy plantadas en palma las empresas respondieron que el 82.5% estaban dedicadas a la ganadería o la agricultura y el 17.5% eran ecosistemas naturales. Sin embargo, existe una controversia sobre la magnitud de la destrucción de bosques naturales que, como consecuencia del establecimiento de plantaciones comerciales, ha tenido lugar en el municipio de Tumaco y sus alrededores.<sup>14</sup>

Esta zona del cultivo de palma –que representa el % 13,7 del total nacional- está ubicada en el denominado Chocó Biogeográfico, considerado como un “hotspot” de la biodiversidad a nivel global.<sup>15</sup>

Para algunos, la mayor parte de los cultivos se habrían establecido a partir de la destrucción de los bosques naturales. Sin embargo, de conformidad a los datos de nuestro estudio, una parte de ellos se establecieron en tierras antes dedicadas a la ganadería, y no resulta claro qué proporción del área hoy cultivada con palma correspondía a esta última actividad o estaba ocupada por ecosistemas boscosos.

La palma de aceite es un cultivo tropical, tanto en su origen como en su expansión y desarrollo a lo largo de siglos, su mejor adaptación se encuentra en la franja ecuatorial, entre 15 grados de latitud norte y sur, donde las condiciones ambientales son más estables.

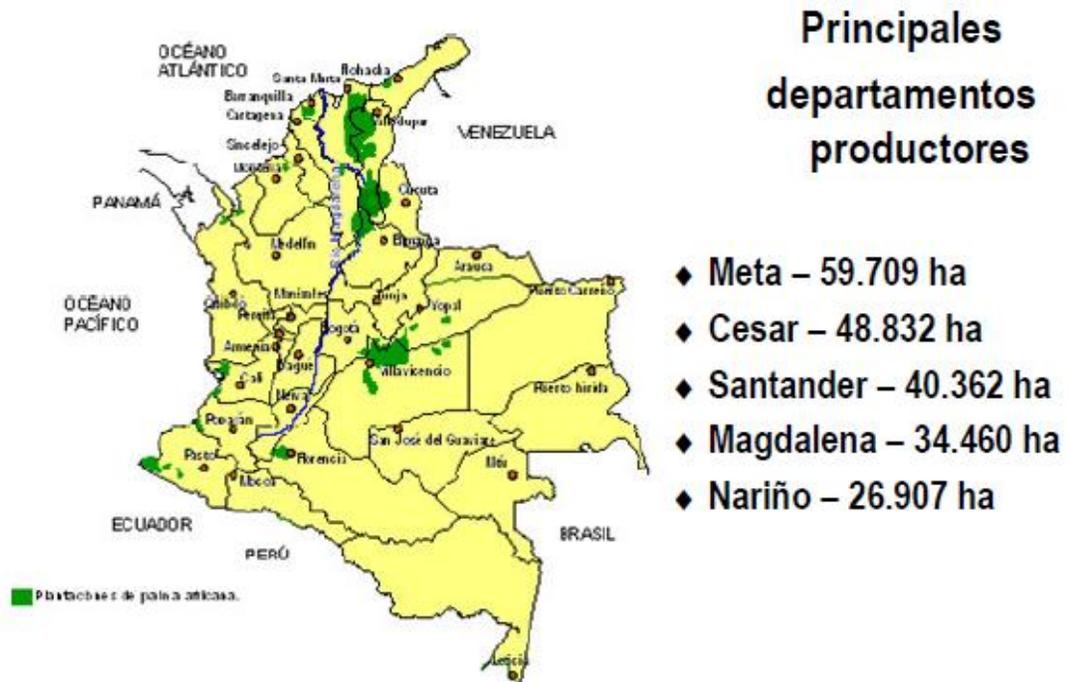
La posición geográfica de Colombia se considera privilegiada para el cultivo.<sup>16</sup>(Ver figura 2.)

---

<sup>14</sup> Ibid. 16-18

<sup>15</sup> CORPOICA – CENIPALMA. *Evaluación Edafoclimática de las tierras del trópico bajo colombiano para el cultivo de la palma de aceite*. Bogotá: Fondo de Fomento Palmero, 2010.

Figura 2. Principales Departamentos productores.



Fuente: [http://borrerocesar.wikispaces.com/file/view/PALMA+DE+ACEITE+\(RESUMEN\).pdf](http://borrerocesar.wikispaces.com/file/view/PALMA+DE+ACEITE+(RESUMEN).pdf) 2009

Las plantaciones de palma causan numerosos impactos ambientales, sobre la biodiversidad, y sobre las poblaciones locales o la economía nacional, por la tala indiscriminada de bosques para la expansión de las plantaciones de palma, además de la contaminación de fuentes hídricas por la emisión de residuos y el uso de químicos para la protección de cultivos contra los efectos de las plagas.

En tal virtud se hace necesario establecer un sistema de información sobre el desempeño ambiental del sector como parte integral de la estrategia para lograr un posicionamiento de la agroindustria como una actividad amigable con el ambiente.

---

<sup>16</sup>. cultivo de la palma de aceite. Cesar Augusto Borrero. 22 de noviembre de 2006. [http://borrerocesar.wikispaces.com/file/view/PALMA+DE+ACEITE+\(RESUMEN\).pdf](http://borrerocesar.wikispaces.com/file/view/PALMA+DE+ACEITE+(RESUMEN).pdf)

Ello incluye, la construcción de un sistema de indicadores ambientales tanto para las plantaciones como para las plantas extractoras. Este debe constituirse en uno de los ejes de la gestión ambiental de las empresas tomadas tanto individualmente como en conjunto, y en la base para suministrar información pública.

## **4.5 ETAPAS DEL PROCESO INDUSTRIAL**

### **4.5.1 Fase 1.**

#### **a. Esterilización**

Proceso clave pues garantiza la efectividad de las operaciones siguientes. Detener el proceso de acidificación del aceite. Esto se consigue inactivando la enzima lipaza (presente en el fruto), a 55 °C, la cual es el catalizador de tal proceso. Facilitar el desfrutado (desgranado) al tener acción sobre la unión de los frutos al raquis (mediante hidrólisis localizada en los puntos fruto-espiga). Preparar la pulpa para la digestión (etapa posterior).

Hidrolizar material mucilaginoso y algunas pectinas que actúan como agente emulsificantes en la etapa de clarificación. Deshidratar parcialmente las almendras y preparar el cuesco para su rompimiento. La esterilización se realiza en AUTOCLAVES, que son tubos horizontales en los cuales los frutos se someten a presión, alcanzando temperaturas superiores a 140 °C y presiones de hasta 3 Bares.

Esta operación se efectúa en una serie de picos de presión y expansión. Se usa tres picos de Presión el último de ellos se mantiene por un tiempo de aproximadamente 45 minutos, en promedio esta operación puede tomar 80 minutos totales. Como las autoclaves trabajan con vapor saturado, este vapor es evacuado del autoclave en cada pico de presión por desaireación y por

condensación; generando de esta forma el primer efluente que contiene aceite, sólidos en diferentes formas y materia orgánica, entre otros.

Tabla 1. Condiciones del proceso de esterilización

CONDICIONES DEL PROCESO	
Temperatura:	20 - 130 °C
Presión:	2-3 bar
Tiempo total esterilización por bache:	Cerca de 2 horas
Tiempo de sostenimiento:	45 a 60 minutos
Consumo total de vapor:	250kg/t RFF
Pérdida de vapor a la atmósfera:	50kg/ t RFF
Condensados:	Cerca de 200kg/t RFF
Pérdida de aceite:	Cerca de 0,5kg/t RFF

### **b. Desfrutación**

Los racimos de frutos vacíos (RFV) son conducidos por medio de bandas Transportadoras y se recolectan para su utilización en este momento muchas veces como fertilizante y elemento retenedor de humedad, aplicado directamente en campo. En las plantas modernas ha desaparecido casi totalmente la incineración de los RFV, debido a la contaminación ambiental y a los nuevos usos de este desecho del proceso.

Dada la naturaleza de los RFV y su alto contenido de humedad (50 - 65%), se deben tratar para reducir su volumen y llevar su humedad por debajo de 40%. En la actualidad, en algunas plantas se prensan los racimos vacíos en prensas especiales monotornillo para retirar parte del aceite que quedó impregnado y disminuir la humedad. El aceite recuperado puede ser devuelto al proceso. El raquis prensado pasa por una picadora de cuchillas, donde se producen fibras que pueden ser enviadas para compostaje o secadas para ser utilizadas como combustible en las calderas.

Tabla 2. Residuos generados por la desfrutación

<b>RESIDUOS GENERADOS POR LA DESFRUTACION</b>	
RFV (residuos sólidos):	200 a 230 kg/t RFF
Contenido de humedad:	150 kg/t RFF
Pérdida de aceite:	4,5 kg/t RFF
Vapor de agua:	30 kg/t RFF
Residuos líquidos:	Ninguno

### **c. Digestión**

En la digestión el fruto suelto es macerado logrando de esta manera el ablandamiento de la pulpa, es decir prepararla para el prensado. Se cuenta con tres digestores uno para cada prensa. El DIGESTOR es un cilindro vertical, tiene en el fondo una válvula de salida, en el centro del digestor se encuentra un eje vertical, unidos a él varios brazos, llamados agitadores, que realizan el macerado del fruto, también, en el fondo cuenta con un par adicional de brazos llamados barredores que arrastran la masa hasta la prensa; al interior del digestor se inyecta vapor a una presión de 3 o 4 bares, esto para facilitar la operación de macerado.

Tabla 3. Condiciones de la extracción

<b>CONDICIONES DE LA EXTRACCION</b>	
Consumo de vapor:	40-50kg/t RFF
Consumo de agua caliente:	65 kg/t RFF
Vapor de agua:	30 kg/t RFF
Residuos sólidos/líquidos:	Ninguno

### **d. Clarificación**

El objetivo es mejorar el aspecto general del aceite crudo extraído por las prensas, eliminándole agua, lodo y material vegetal.

La clarificación se realiza por etapas; el aceite crudo de las prensas es pasado por un tanque llamado PRECLARIFICADOR en él se adiciona agua caliente a 90 °C, se obtienen dos caudales. Un lodo rico (aceite bruto) en aceite pasa por un tamiz vibrador dotado de una malla de acero inoxidable de 30 y 20 mesh, en el cual se procura retirar del aceite todas las impurezas de gran tamaño como son fibras, arena, material vegetal, el aceite crudo es almacenado en un tanque (TANQUE DE ACEITE BRUTO).

El otro caudal, aceite con impurezas, se pasa al tanque de SEDIMENTACION, donde por decantación se continúa con el proceso de limpieza de impurezas, el aceite limpio se pasa al secador de vacío y de este al tanque de aceite crudo terminado disponible para despacho.

El aceite bruto es bombeado al SEPARADOR PRIMARIO de donde se obtienen dos caudales, aceite crudo, el cual es enviado al tanque de SEDIMENTACION, este es sometido al proceso antes descrito, en donde se clarifica un poco más el aceite en caso de que se hubiesen pasado algunas impurezas las cuales son evacuadas por medio de las válvulas de purga del tanque, se elimina el exceso de agua y se envía a tanques para almacenamiento.

Tabla 4. Productos y residuos generados por el tamizado

<b>PRODUCTOS Y RESIDUOS GENERADOS POR EL PROCESO DE TAMIZADO</b>	
Aceite crudo primario:	400 kg/t RFF
Residuos sólidos:	14 kg/t RFF*
Residuos líquidos:	Ninguno

### e. Clarificación – tratamiento de lodos

La corriente de lodo aceitoso proveniente del separador primario es dirigida a un tanque de lodos que tiene dos (2) secciones y del cual lo succionan unas bombas desarenadoras cuya descarga es dirigida a la parte superior del tanque de lodos de donde se alimentan unas centrifugas las cuales hacen la recuperación de aceite atrapado en el lodo. La descarga de las centrifugas es conducida a una batería pequeña de florentinos; los condensados de esterilización y las purgas de proceso son conducidos a otra batería de florentinos pero de mayor capacidad.

Es de mencionar que la clarificación es “la principal fuente de efluentes de una planta extractora de aceite de palma”.

El aceite separado que flota en la parte superior del clarificador es recogido por un sistema de embudo y enviado al sistema de purificación. La descarga de lodos del clarificador es recogida en un tanque de lodos y tratada posteriormente para la recuperación del aceite, por lo general, por centrifugación.

Tabla 5. Productos y residuos generados por el proceso de clarificación

<b>PRODUCTOS Y RESIDUOS GENERADOS POR EL PROCESO DE CLARIFICADOR</b>	
Consumo de agua caliente:	220 kg/t RFF
Aceite crudo primario:	120 kg/t RFF
Residuos líquidos acuosos (descarga inferior):	500 kg/t RFF
Temperatura de proceso:	≥95°
Tiempo de retención:	1 a 5 horas

El aceite crudo del clarificador (aceite superior) se combina con el aceite recuperado del tratamiento de la descarga del mismo. Esto resulta en una producción de aceite crudo alrededor de 163 kg por tonelada de RFF procesada.

Dado el bajo contenido de sólidos suspendidos en el aceite crudo, esta etapa del proceso no genera grandes volúmenes de residuos sólidos y por tanto tiene un impacto bajo sobre el medio ambiente. Los residuos de esta etapa del proceso de producción son despreciables.

El aceite recuperado contiene aún algo de agua, que es removida en el sistema de evaporación por vacío. Posteriormente, el aceite crudo seco es almacenado en tanques de almacenamiento y enviado a la refinería.

Esta etapa del proceso, secado del aceite crudo, tiene un impacto ambiental muy bajo.

Tabla 6. Productos y residuos generados por el proceso de secado

<b>PRODUCTOS Y RESIDUOS GENERADOS POR EL PROCESO DE SECADO</b>	
Consumo de vapor (vapor indirecto):	Cerca de 10 kg/t RFF
Consumo de agua de enfriamiento:	300 kg/t RFF
Aceite crudo puro:	115 g/t RFF
Temperatura de proceso:	95°C
Temperatura final del aceite:	40°C
Agua de enfriamiento (efluentes):	300 kg/t RFF
Temperatura agua enfriamiento:	80°C
Vapores (del secado):	10 kg/t RFF

El lodo de la descarga del clarificador se caracteriza por un alto contenido de aceite (alrededor de 14%), alta concentración de sustancias orgánicas (tanto en forma de sólidos disueltos como suspendidos) y sustancias solubles en agua. Adicionalmente, la fase acuosa contiene fibras finas y arena. Con el fin de recuperar el aceite y disminuir la carga orgánica del líquido residual, el lodo de la descarga del clarificador se trata como se describe a continuación. Con el fin de proteger los equipos en los pasos posteriores del proceso (en particular las centrífugas) de taponamiento, el lodo del fondo es prelimpiado por medio de hidrociclones/ microfiltros. Estos desarenadores en general son limpiados

descargando los sólidos acumulados al drenaje, seguido de una inyección de agua fresca. El consumo de agua de limpieza en el desarenador es normalmente cerca de 5 litros por tonelada de RFF.

Tabla 7. Residuos generados por la limpieza del desarenador

<b>DE ESTE PASO SE GENERA LOS SIGUIENTES RESIDUOS</b>	
Residuos del microfiltro:	Despreciables
Mezcla agua/arena:	10 kg/t RFF
Consumo agua de lavado:	5 kg/t RFF

El lodo de fondo del clarificador prelimpiado es recogido en el tanque buffer (tanque de lodos) y luego bombeado a las centrifugas de dos fases (separadores) para la recuperación del aceite. Es una práctica común, para mejorar la separación del aceite, añadir agua al lodo de fondo para alcanzar una eficiencia de separación, que por lo normal es alrededor de 92%. El consumo de agua es de 200 kg/t RFF procesado. Este incluye el agua de lavado del equipo de limpieza.

Tabla 8. Productos y residuos generados por el proceso de centrifugación

<b>PRODUCTOS Y RESIDUOS GENERADOS POR EL PROCESO DE CENTRIFUGADO</b>	
Recuperación de aceite crudo:	78 kg/t RFF
Residuo líquido:	600-700 kg/t RFF
Pérdida aceite:	5-6kg/t RFF
Residuo sólido:	Ninguno

#### **f. Almacenamiento**

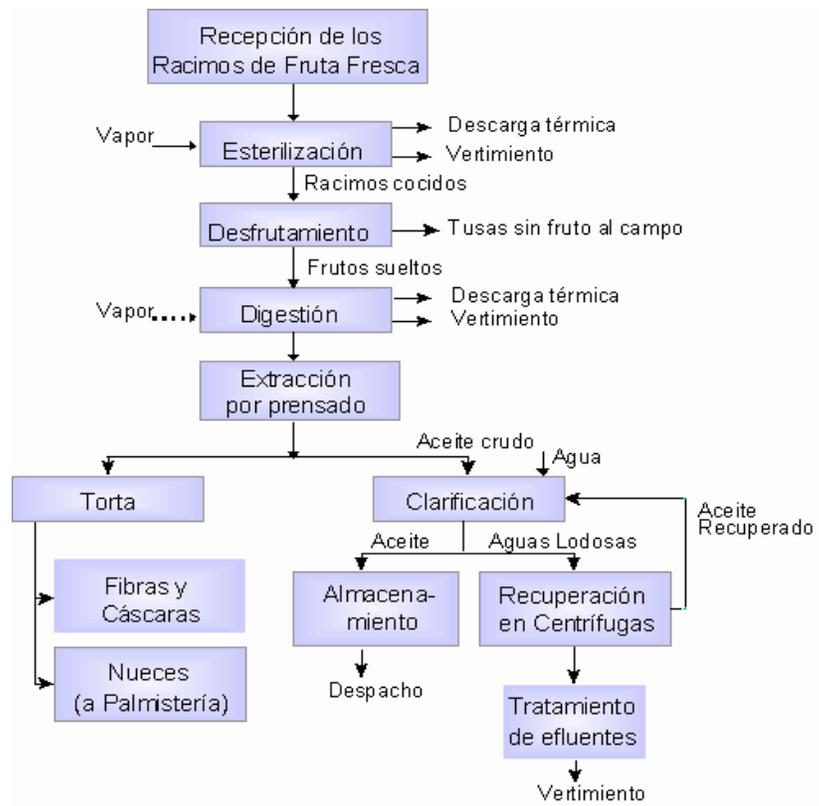
La etapa comienza en la salida del aceite del secador de vacío y termina con el aceite almacenado en los tanques. Los tanques de almacenamiento deben estar debidamente identificados en la parte exterior (numero de tanque, capacidad y acidez del producto almacenado).

Cada tanque debe tener un accesorio para el sistema de recirculación y durante la operación en la planta el aceite en los tanques debe tener una temperatura mínima de 45°C

### g. Palmistería

Es una sección de la planta extractora donde se realiza una parte del beneficio de la almendra, que ha pasado por las operaciones del proceso de extracción. A continuación se presenta el proceso de extracción de aceite crudo y almendra de palma africana. (Ver Figura 3).

Figura 3. Proceso de extracción de aceite crudo y almendra de palma africana.



Fuente: Palmas Oleaginosas Bucarelia S.A

En palmisteria llega la nuez entera que ingresa por el tambor pulidor, este se encarga de limpiar la nuez de los restos de fibra, luego la nuez es sometida a secado en silos a una temperatura inferior a los 60° C, una vez seca las nueces pasan por un Rompenueces, donde se realiza una especie de clasificación de la nuez de acuerdo con su tamaño para que todas la nueces sean trituradas liberando la almendra que se encuentra albergada en su interior luego de esto la mezcla de cáscara y palmiste se separa utilizando métodos neumáticos y húmedos; una vez terminada las operaciones de obtención y limpieza del palmiste, se procede a secarse en silos mediante la aplicación de aire caliente, una vez seca es enviada a silo de almacenamiento para su despacho.

#### **4.5.2 Fase 2.**

##### **a. Identificación del sistema**

El objetivo es identificar cada componente del sistema de distribución del agua y así definir el sistema como un todo donde se reconozca cada una de las entradas y salidas del agua. (Ver tabla 9)

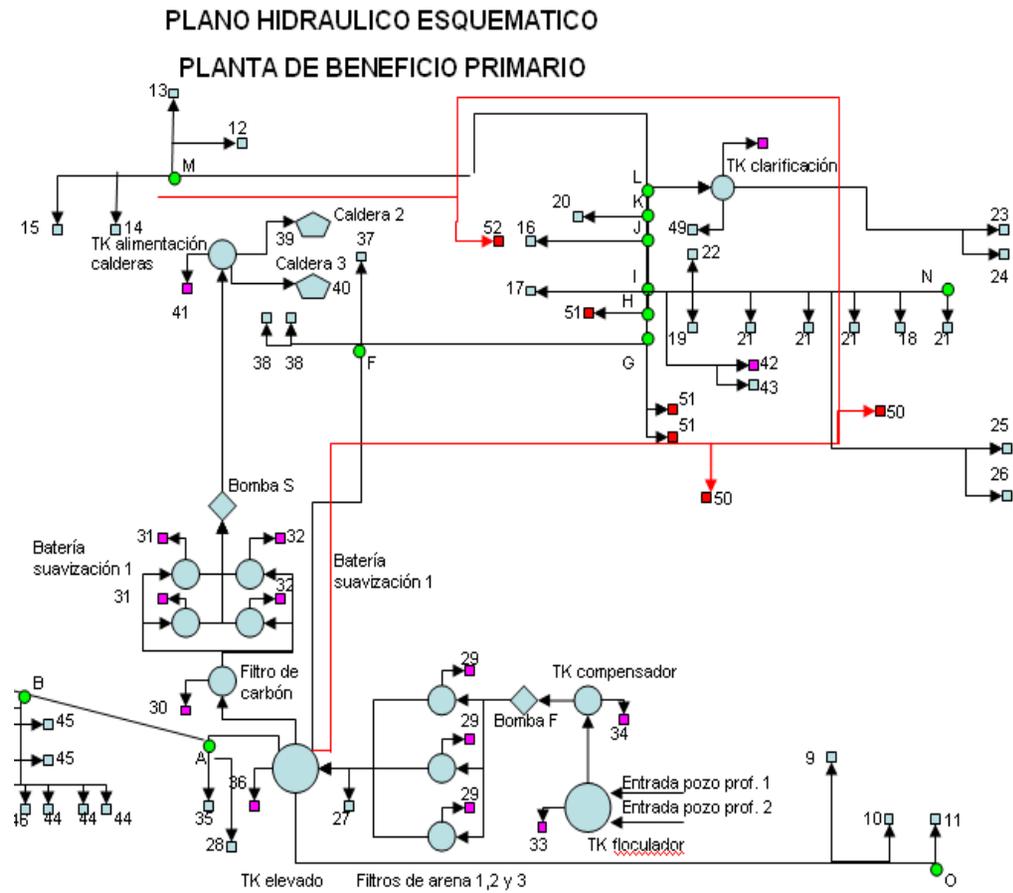
##### **b. Definir el sistema**

Se elabora un plano que muestra todos los medidores de uso y donde el agua puede ser extraída en el proceso. (Ver figura 4.)

Tabla 9. Consumo del agua del proceso de extracción de aceite crudo.

Ubicación	Tipo 1	Tipo	# de puntos idénticos	Diá. Válvula	m3/h	# uso/día	h/uso	m3/día
Esterilización	Fuente de agua fría	Fuente de agua fría	1	1/2"	0,12	100	0,01	0,10
Esterilización	Vál.proceso	Vál.proceso (Lavado)	1	1"	2	0,167	7,00	2,33
Esterilización	Vál.proceso	Vál.proceso (B. condensados)	1	3/4"	2	1	0,02	0,03
Extracción	Vál.proceso	Vál.proceso (Lavado prensas)	1	1"	0,3	1	0,17	0,05
Extracción	Vál.proceso	Vál.proceso (lavado digestores)	1	1"	1,8	1	0,17	0,30
Clarificación	Vál.proceso	Vál.proceso (Lavado centrifugas)	1	1"	5	6	0,08	2,50
Clarificación	Vál.proceso	Vál.proceso (Lavado aliche9)	1	1"	4,88	6	0,08	2,44
Clarificación	Vál.proceso	Vál.proceso (Ciclón desarenador)	1	3/4"	2	96	0,006	1,07
Clarificación	Consumo equipo	Prensaestopa centrifugas	4	N.A	0,06	1	15	3,60
Clarificación	Consumo equipo	Bomba de vacío	1	1/2"	1,5	1	15,00	22,50
Trampas de grasa	Vál.proceso	Vál.proceso (Recuperación 1)	1	1"	2	8	0,33	5,33
Trampas de grasa	Vál.proceso	Vál.proceso (Recuperación 2)	1	1"	2,58	1	0,17	0,43
Tanques de almacenamiento	Vál.proceso	Vál.proceso (Lavado)	1	3/4"	5,87	0,067	1,00	0,39
Tanques de almacenamiento	Vál.proceso	Vál.proceso (Lavado)	1	3/4"	6	0,133	8,00	6,40
Tratamiento de agua	Vál.proceso	Vál.proceso (Lavado)	1	3/4"	3,62	2	0,03	0,24
Tratamiento de agua	Vál.proceso	Vál.proceso (Llenado tk's)	1	2"	12,02	0,067	2,00	1,60
Tratamiento de agua	Purga tanques	Purga Filtros de arena	3	4"	95	2	0,08	47,50
Tratamiento de agua	Purga tanques	Purga Filtro de carbón activado	1	4"	75	2	0,08	12,50
Tratamiento de agua	Purga tanques	Purga Suavizadores B1	2	3"	32,4	0,2	0,08	1,08
Tratamiento de agua	Purga tanques	Purga Suavizadores B2	2	2"	21,6	0,2	0,08	0,72
Tratamiento de agua	Purga tanques	Purga TK floculador	1	3"	1,47	0,033	0,08	0,004
Tratamiento de agua	Purga tanques	Purga TK compensador	1	4"	1,2	0,033	0,08	0,003
Tratamiento de agua	Agua viviendas	Vál. De agua viviendas	1	3"	3,214	1	14,00	45,00
Tratamiento de agua	Purga tanques	Purga TK elevado	1	4"	30	0,005	0,25	0,04
Calderas	Vál.proceso	Vál.proceso (Lavado)	1	3/4"	3,75	4	0,83	12,50
Calderas	Vál.proceso	Vál.proceso (Ceniza)	2	1/2"	1,31	1	15,00	39,30
Calderas	Calderas	Consumo caldera 2	1	N.A	10	1	15,00	150,00
Calderas	Calderas	Consumo caldera 3	1	N.A	13	1	15,00	195,00
Calderas	Purga tanques	Purga TK calderas	1	4"	10	0,005	0,25	0,01
Palmistería	Purga tanques	Purga hidroclay	1	N.A	2,24	0,5	1,00	1,12
Palmistería	Purga tanques	Purga continua hidroclay	1	N.A	1,32	1	15,00	19,80
							<b>TOTAL DIA</b>	<b>573,90</b>

Figura 4. Plano Hidráulico: Proceso de extracción de aceite crudo.



Teniendo en cuenta la tabla No 9. Consumo de agua en la planta de beneficio primario, se puede evidenciar que las actividades dentro del proceso que consumen mayor cantidad de agua, son las calderas las cuales consumen el 67% de agua, el tratamiento de agua que consume el 10,73% y clarificación que consume el 5,41%. A continuación se presenta un resumen de la figura No 5 por actividades de los consumos de agua dentro del proceso.

Figura 5. Resumen consumo del proceso de extracción de aceite y almendra



### c. Balance de Aguas del Sistema

A continuación se presentan un ejemplo de cálculos de consumo de agua en horas y día teniendo en cuenta los frutos procesados y el tiempo programado, a continuación ver ecuación No 1.

#### Ecuación 1. Calculo para determinar los consumos de agua en horas y día.

$$\text{Consumo agua (m}^3 \text{ / hora)} = \frac{\text{fruto procesado (ton)}}{\text{tiempo programado (horas)}}$$

$$\text{Consumo agua (m}^3 \text{ / hora)} = \frac{15.536 \text{ ton}}{486,24 \text{ hora}} \cong \frac{15.536 \text{ m}^3}{486,24 \text{ hora}}$$

$$\text{Consumo agua (m}^3 \text{ / hora)} = 31,95$$

$$\text{Consumo agua (m}^3 \text{ / dia)} = \text{consumo agua (m}^3 \text{ / hora)} \times \text{horas diaria promedio}$$

$$\text{Consumo agua (m}^3 \text{ / dia)} = 31,95 \times 17,37$$

$$\text{Consumo agua (m}^3 \text{ / dia)} = 554,97$$

Con el balance de agua se busca definir el porcentaje de perdidas en el sistema de distribución en donde se obtiene el volumen de agua empleada menos el volumen de agua suministrada.

Balance global de agua = Entra (oferta hídrica) – Sale (demanda hídrica)

- **OFERTA:** El agua mensual de agua que sale del pozo de acuerdo a la lectura del medidor.
- **DEMANDA:** Sumatoria de los volúmenes registrados mensualmente.

#### **d. Porcentaje de Pérdidas**

El porcentaje de pérdidas tiene en cuenta la oferta y demanda de la planta de beneficio primario.

$$\% \text{ pérdidas} = \frac{\text{Oferta} - \text{Demanda}}{\text{Oferta}}$$

Se realiza balance entre la entrada y salida del agua dentro del sistema estableciendo dentro del proceso de extracción de aceite y almendra.

#### **4.6 USO EFICIENTE DEL AGUA EN EL SECTOR PALMICULTOR**

La incorporación del tema ambiental, en especial el relacionado con el agua como parte integrante del corazón del negocio de la agroindustria de palma de aceite, debe constituirse en uno de los principales retos del sector para las dos próximas décadas.

El sector palmicultor Colombiano se caracteriza por una variedad en la distribución y la oferta interregional de este recurso. Mientras en unas zonas se presentan condiciones severas de escasez temporal, en otras se presentan excesos.

Esas diferencias en la oferta de agua tienen consecuencias en cuanto a las prácticas de manejo de los suelos, las coberturas vegetales, las plagas y las enfermedades.

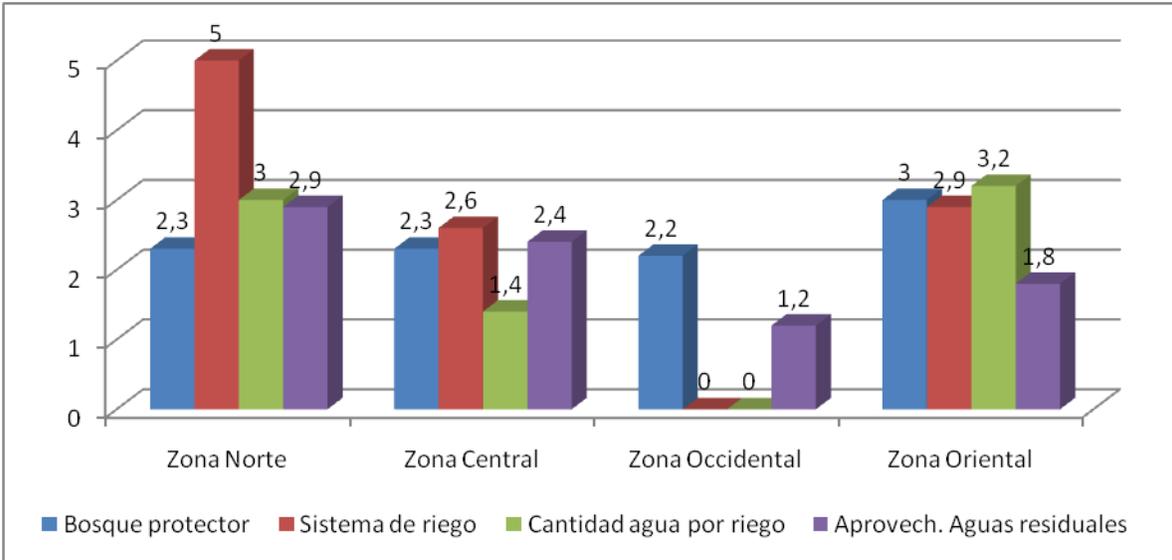
La oferta hídrica y su distribución temporal condicionan el conjunto de las prácticas agrícolas y sus interrelaciones.

Mientras que en la zona norte el manejo del agua se enfoca hacia la solución del déficit hídrico que temporalmente se presenta durante las épocas de “verano”, en

la zona occidental su manejo se dirige hacia la evacuación de la sobreoferta mediante prácticas de drenaje.

Algunos datos importantes sobre uso eficiente del agua se reflejan en encuesta realizada por Fedepalma/ODES durante el 2010 entre los principales productores a nivel país, agrupados en cuatro regiones: Norte, Centro, Occidente y Oriente. Las diferencias regionales frente algunos temas relacionados con el agua se sintetizan en la figura 5.

Figura 6. Características de las zonas de producción de palma africana



Convenciones:  
 Existencia de Bosque protector alrededor de cuerpos de agua  
 Presencia de sistemas de riego  
 Conocimiento de cantidad de agua por riego  
 Aprovechamiento de aguas residuales  
 Fuente: Fedepalma/ODES, 2010

Como primera variable, la figura muestra los resultados normalizados de la franja en metros de bosque protector de los ríos, quebradas y caños que atraviesan las plantaciones. La existencia de esta franja, además de su significado para la regulación hídrica, es importante para el mantenimiento de corredores biológicos y

de la estabilidad de las márgenes a lo largo de los cuerpos de agua. En la figura, el intervalo de 0 – 10 metros se valora como 1, el intervalo de 10 – 20 metros como 2, el intervalo de 20- 30 como 3, el intervalo 30-40 mts como 4 y mayor a 40 metros como 5.

Tomando en cuenta esta normalización, se puede ver que en la zona oriental el ancho de esta franja tiende a ser mayor que en las demás zonas. Con respecto a la existencia de sistemas de riego, se muestran también grandes diferencias regionales.

Los valores en la figura se basan en la normalización de un valor de 5 en caso de la existencia de un sistema, y del valor 1 en caso de su no-existencia. De esta manera se observa que la mayoría de las empresas de la zona norte cuentan con ellos, mientras que en la zona central las plantaciones no cuentan con este tipo de sistemas.

Como se observa en la figura 6 y de acuerdo con los resultados de la encuesta, la mayor parte de los encargados de la plantación no conoce la cantidad de agua que utilizan por hectárea. Sin embargo, los mismos evidenciaron el interés por el tema.

La casi totalidad de encuestados quisieran tener mejor información sobre las políticas del gobierno en relación con los sistemas de concesión y con las medidas de conservación. Adicionalmente, el 30% quisiera tener información sobre la cantidad óptima de agua que necesita un cultivo para obtener niveles máximos de producción.

Lo anterior indica, por una parte, la necesidad de lograr un mayor acercamiento y coordinación con el gobierno en torno a temas relativos a la política y la regulación del agua; por otra parte, indica la necesidad de desarrollar proyectos de investigación que respondan preguntas relativas a su uso eficiente. La

normalización que muestra la figura 6 con respecto a la utilización de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales sobre la fertilidad del suelo, asignan un valor de 5 para el aprovechamiento y de un valor 1 para su no aprovechamiento.

La práctica del aprovechamiento es mayor en la zona norte, así como en las zonas oriental y central, mientras en la zona occidental no es utilizada, como consecuencia de la gran oferta en la región. Se reitera que las aguas residuales tratadas contienen nutrientes con beneficios para los cultivos y que su no vertimiento a los cuerpos de agua es una práctica altamente deseable desde el punto de vista ambiental.

La comparación de las regiones muestra claramente los avances en la gestión del agua por parte de las empresas de la zona norte, pero no es suficiente. La escasez del recurso en esta región obliga a las empresas a asumir su gestión como uno de los principales elementos de su negocio.

Dentro de este contexto vale la pena mencionar que FEDEPALMA, conjunto con los bananeros y Metro Agua S.A., está liderando un proyecto para la recuperación y protección de 15 cuencas en la Sierra de Santa Marta, una iniciativa del sector privado en concertación con el sector público que tiene una importancia estratégica para el futuro.

La importancia del manejo del agua para las empresas palmicultoras se muestra igualmente en la disponibilidad del 90% de las encuestadas, a hacer aportes económicos dirigidos a desarrollar iniciativas privadas para la protección de las cuencas hidrográficas vinculadas a su actividad.

Ello implica la necesidad de establecer una política de expansión que impida el declive de la biodiversidad, en particular mediante la intervención de ecosistemas naturales, así como el imperativo de consolidar prácticas de cultivo y riego que,

además de mejorar la productividad, contribuyan al fortalecimiento de los agroecosistemas. Así mismo, se subraya la necesidad de avanzar en los sistemas de extracción del aceite con miras a optimizar la utilización de los subproductos, y, por consiguiente minimizar la producción de residuos. Afrontar estos retos implica que la totalidad de las empresas palmeras colombianas adopten un enfoque proactivo, más allá del cumplimiento de la normatividad, así como adelantar diversos desarrollos en múltiples campos tanto por parte de las empresas.

## 5. ESTRATEGIA PARA EL AHORRO Y USO EFICIENTE DEL AGUA

Teniendo en cuenta que en el efluente líquido de la industria aceitera se generan varios tipos de contaminantes, entre los que se destacan DBO5, DQO, Aceites y Grasas, Sólidos Suspendidos, además de corregir el pH del efluente en cuestión los cuales pueden ser removidos hasta en un 95% con plantas de pretratamiento.

El pretratamiento consiste en equipos separadores de sólidos para remoción de sólidos gruesos y molestos del efluente a tratar, así como la instalación de cámaras desgrasadoras.

Para desarrollar el programa de ahorro y uso eficiente del agua en el sector industrial específicamente el palmicultor se deben seguir tres etapas las cuales se describen a continuación:

### 5.1 PRIMERA ETAPA

La primera etapa conlleva tres tipos de tratamiento:

#### 5.1.1 Tratamiento físico

Los procesos físicos involucran operaciones gravitacionales, manuales o mecánicas que permiten remover básicamente sólidos de distinta granulometría y densidad del efluente, las cuales se relaciona con:

- **Separación de Sólidos Gruesos:** Para la eliminación de aquellos sólidos de gran tamaño (>15 mm) que interfieren con las posteriores etapas del tratamiento, conlleva la instalación de cámaras de reja de limpieza manual o autolimpiantes, los cuales son dispuestos como basura doméstica en vertederos, o reciclados hacia otro sector si son posibles de clasificar.

- **Separación de sólidos molestos:** Para removerlos se utiliza normalmente tamices tipo filtros rotatorios autolimpiantes con agua caliente o vapor. El ideal es utilizarlos inmediatamente antes o después del estanque de homogenización.
- **Separación de Sólidos No Putrescibles:** Se entiende por tales sólidos a las arenas, gravas, cenizas, etc., que hacen necesario la ubicación de desarenadores, los que pueden ser gravitacionales o aireados. Otra alternativa es utilizar hidrocentrífugas o hidrociclones, en cuyo caso se requiere necesariamente un bombeo previo del efluente.
- **Cámara Desgrasadora:** La cámara desgrasadora tiene por objetivo remover físicamente aquellas grasas y aceites libres sin necesidad de incorporar producto químico alguno. Su implementación permite reducir los costos de tratamiento asociados a etapas posteriores, dado que las grasas removidas pueden ser recicladas al proceso de desdoblamiento de ácidos grasos.
- **Estanque de Ecuilización:** El estanque de ecualización tiene por objeto proporcionar tanto un caudal como características fisicoquímicas del RIL (lodos físico-químicos salen del proceso de tratamiento) con el objeto de permitir que el sistema de tratamiento no sufra pérdidas de eficiencia y/o no requiera de continuos, costosos y desfavorables cambios en el programa químico aplicado. El tiempo de retención con el cual se diseña dependerá de la disponibilidad de espacio que tenga la planta. Sin embargo es conveniente que los tiempos no sean superiores a 6 horas.

### 5.1.2 Tratamiento químico

La etapa de tratamiento químico involucra la separación de la materia suspendida del efluente, relacionado con aceites y grasas evacuados desde la planta procesadora, los cuales involucran:

- **Ajuste de pH:** Aquí se realiza la dosificación de agente neutralizante (soda cáustica o ácido sulfúrico) con el objeto de ajustar el pH al nivel óptimo para la posterior etapa de coagulación. Es recomendable efectuar la neutralización en reactor, con al menos 10 minutos de tiempo de retención, ya que de esa forma se optimizará el consumo de reactivos.
- **Desdoblamiento con vapor:** Permite que a pH ácido ( $< 2.0$ ) y alta temperatura se logra desdoblar los ácidos grasos, provocando la inmediata creación de dos fases, una fase líquida clarificada y una fase oleosa que será procesada. La ventaja de este sistema es que no se utilizan productos químicos como coagulantes, y se pueden reciclar los aceites y grasas en el proceso productivo. Su principal desventaja es el alto costo de inversión y la complejidad de su control. Por ello, no es una alternativa comúnmente utilizada.
- **Coagulación:** Esta etapa se aplica cuando no se utiliza el proceso de desdoblamiento. El objetivo de esta etapa es neutralizar el potencial Z del efluente, de forma tal de permitir la formación de coloides, los que darán paso a coágulos. Para efectuar la coagulación existen dos tecnologías, la primera (más común) es la dosificación de una sal química coagulante, mientras que la segunda es electrocoagulación.

Las grandes ventajas de la electrocoagulación son la menor generación de lodos, y el menor costo de operación. Adicionalmente los lodos presentan concentraciones de aluminio del orden de 3 mg/lit, lo cual permite analizar

usos alternativos que la coagulación química no tolera. La desventaja es la alta inversión en capital.

- **Floculación y preparación de polímero:** La dosificación del floculante (polielectrolito) permite la formación de coágulos de gran tamaño (flóculos), los que son removidos en la etapa posterior de flotación.
- **Flotación:** La tendencia natural de los sólidos en el efluente aceitero es a flotar no a sedimentar. Por esta razón se utilizan unidades de flotación para efectuar la separación física de los flóculos. En el proceso de flotación se incorporan microburbujas de aire al efluente en la entrada a la unidad. Estas microburbujas se adsorben a los flóculos bajando su densidad y provocando la flotación natural.

### 5.1.3 Tratamiento de sulfatos.

La etapa final de esta primera fase lleva al tratamiento de sulfatos, que son uno de los sólidos que presenta mayor solubilidad en el agua, que si no se realiza provocará mayor dificultad de remoción en etapas posteriores. Para ello existen tres tipos de alternativas: método Viravki, concentración con osmosis inversa y evaporación del rechazo o cristalización por lecho fluidizado

El primero es un método biológico que utiliza la capacidad de las bacterias sulforeductoras (SRB) de degradar el sulfato a ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S). Este proceso se efectúa en un acuífero artificial construido a nivel de terreno, el cual simula las condiciones de la napa subterránea.

La reducción de los sulfatos es un proceso de una etapa, en que se transforman estos compuestos a sulfuro de hidrógeno respectivamente, para lo que se requiere de dos anillos satelitales de pozos. El anillo exterior se utiliza para dosificar la fuente de carbono que permitirá

reducir los sulfatos. El anillo interior permitirá desgasificar el sulfuro de hidrógeno, y por oxidación evitará la formación de biomasa en la vecindad del pozo de alimentación principal, desde donde se evacuará el agua hacia el punto final de disposición.

La segunda alternativa, consiste en el pasaje de una parte del residuo por un banco de membranas de osmosis inversa, de tal forma que se obtiene agua libre de sulfatos por una parte (permeado) y agua con alta concentración de sulfatos por la otra (rechazo). El permeado se mezcla con el bypass de forma tal que la mezcla quede dentro de norma para ser evacuada a la red de alcantarillado.

Y la tercera, los sulfatos pueden ser transformados a residuo sólido en forma de cristales de gypsum ( $\text{CaSO}_4$ ), que se consigue en reactores de lecho fluidizado con una tasa de recirculación que lleva el medio líquido a un punto de sobresaturación del sulfato, permitiendo su cristalización selectiva. La cristalización se produce en granos de cuarzo que han sido previamente sembrados en el reactor.

Estos cristales actúan como cristal madre para acelerar el crecimiento. En la medida que crece va quedando en el fondo del reactor, donde son removidos periódicamente.

## **5.2 SEGUNDA ETAPA**

La segunda etapa está relacionada con el proceso de producción más limpia, para lo cual se debe tener en cuenta el equipo de trabajo y la instalación de macro y micromedidores para medición del balance del agua.

### **5.2.1 Designar un Equipo de trabajo para producción más limpia**

- El equipo de ahorro y uso eficiente del agua debe contar con todo el apoyo de la gerencia.
- Debe contar con recursos financieros y con la suficiente autoridad para implementar cambios.
- Debe ser un grupo totalmente heterogéneo.
- Debe contar con un asesor o consultor experto en producción más limpia (PML) y en ahorro y uso eficiente del agua, quien ayudara a capacitar y dar las pautas iniciales.
- Deben ser debidamente entrenados en producción más limpia, uso del agua y técnicas administrativas, de manejos de proyectos y trabajos en equipos.
- Deben ser capaces de identificar oportunidades, desarrolladas, implementadas y difundir sus resultados.
- Tiene la responsabilidad de obtener las metas establecidas.

Con ello se logra reducir considerablemente los riesgos ambientales, se ahorra materia prima, agua y energía, aumentar la productividad y la calidad de los productos, ahorrar en gestión y tratamiento de residuos y emisiones, y satisfacer los requerimientos ambientales.

### 5.2.2 Instalación de medidores

La instalación de medidores macro y micro tiene como objetivo identificar cada faceta y etapa del proceso productivo tanto de entrada como de salida de agua.

- **Balance de agua:** El objetivo del balance de agua es acumular todos los volúmenes de agua manejados y compararlos contra el volumen de agua suministrada al lugar tal como lo registra el medidor principal. Ver figura No. 6, flujo de masas de proceso y pérdidas durante la producción.
- **Sistema de rehusó y reciclaje:** El sistema de rehusó y reciclaje son aquellos que emplean agua que ya fue antes usada por otra operación y /o proceso. Estas operaciones permiten reducir los consumos de agua si afectar el rendimiento de la empresa.
- **Cambios del proceso:** Un cambio de proceso equivale a remplazar la forma en que se usa el agua, con alguna otra que hace la misma función de manera distinta. El cambio de proceso se puede referir también a eliminar por completo cierta práctica de uso de agua. Los enfoques básicos para ahorrar cantidades significantes de agua incluyen el tratamiento regular al equipo, la conversión a procesos químicos o secos y la eliminación de unidades de aire acondicionado que usa agua

Teniendo en cuenta que la planta de producción conlleva una serie de procesos que han sido descritos anteriormente, y que corresponden a:

Tabla 10. Medidores requeridos para el proceso de producción más limpia:

Tipo de medidor	Ubicación	Cantidad
Macromedidor	Proceso de extracción por prensado	1
	Proceso de clarificación	1
	Planta de tratamiento de agua para proceso industrial	1
	Planta de tratamiento de agua potable	1
Subtotal		4

Tipo de medidor	Ubicación	Cantidad
Micromedidor	Palmistería	1
	Alcantarillado doméstico	1
	Entrada a la planta de tratamiento de aguas residuales	1
Subtotal		3
<b>Total medidores</b>		<b>7</b>

Fuente: RAS 2000

- **Instalación de macromedidores:** Independiente del tamaño de la planta o de su capacidad de producción, es indispensable instalar cuatro macromedidores Ver. (Tabla No. 11) macromedidores, los cuales se ubican de acuerdo al diagrama que se relaciona en la figura No. 7

Tabla 11. Macromedidores del proceso a instalar

MACROMEDIDORES A INSTALAR	
UBICACIÓN	UNIDAD
Pozo profundo de captacion No. 1	1
Pozo profundo de captacion No. 2	1
Tanque de almacenamiento y Distribucion a la Planta	1
Salida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	1
<b>TOTAL MACROMEDIDORES</b>	<b>4</b>

Fuente: RAS 2000

- **Instalación de micromedidores:** En el proceso de extracción de Aceite, se utiliza agua en las diferentes etapas, consumiendo a su vez grandes

cantidades sin control, sin determinación alguna de pérdidas o verdadero consumo, así mismo, también se abastece agua para el uso y consumo humano que labora en la empresa, sin control de perdidas alguno.

Para llevar un mayor control en la distribución del agua dentro es necesario ayudar a los macromedidores con micromedidores, con el fin de determinar consumos específicos dentro de las fases de Extracción de Aceite de Palma.

Tal y como sucede con los macromedidores, el proceso de producción requiere la instalación de 3 micromedidores, los cuales se ubican de acuerdo a lo establecido en la figura 8, Ver Diagrama de micromedidores del proceso.

Unos y otros tienen unas características técnicas que se relacionan a continuación:

Tabla 12. Especificaciones técnicas de los micro y macromedidores a instalar.

Medidor	Norma NTC	Norma Técnica ISO	Otras normas técnicas
Tipo Turbina	NTC 1063-1	ISO 4064	AWWA C701-88
Tipo Compuesto			AWWA C702-92
Tipo Desplazamiento (Bronce)			AWWA C700-95
Tipo Multichorro			AWWA C708-96
Tipo Desplazamiento (Plástico)			AWWA C710-95
Tipo Hélice			AWWA C704-92

Fuente: RAS 2000

Las pruebas de los micromedidores y macromedidores deben llevarse a cabo con los caudales establecidos en la normas técnica NTC-1063-3 y 1063-2 Con el caudal de sobrecarga no debe obtenerse una pérdida de cabeza superior a los 98.1 kPa (10 m.c.a.). Los micromedidores y macromedidores deben instalarse de tal forma que se garantice su fácil montaje y desmontaje, al igual que debe ser colocado sin obstáculos para su lectura.

Figura 7. Diagrama de macromedidores dentro del proceso

# Diagrama de Macromedidores dentro del Proceso

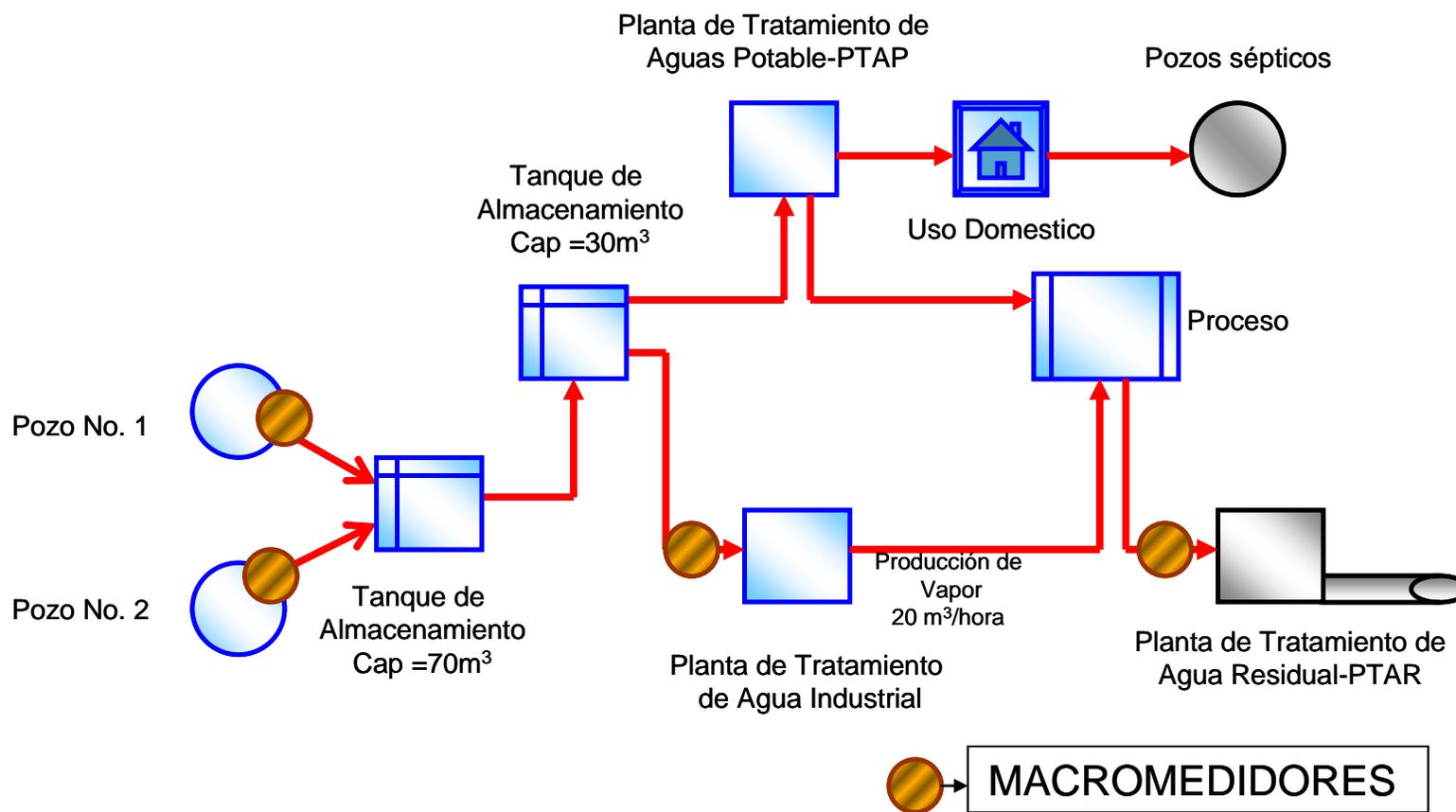


Figura 8. Diagrama de micromedidores dentro del proceso

## Diagrama de Micromedidores dentro del Proceso

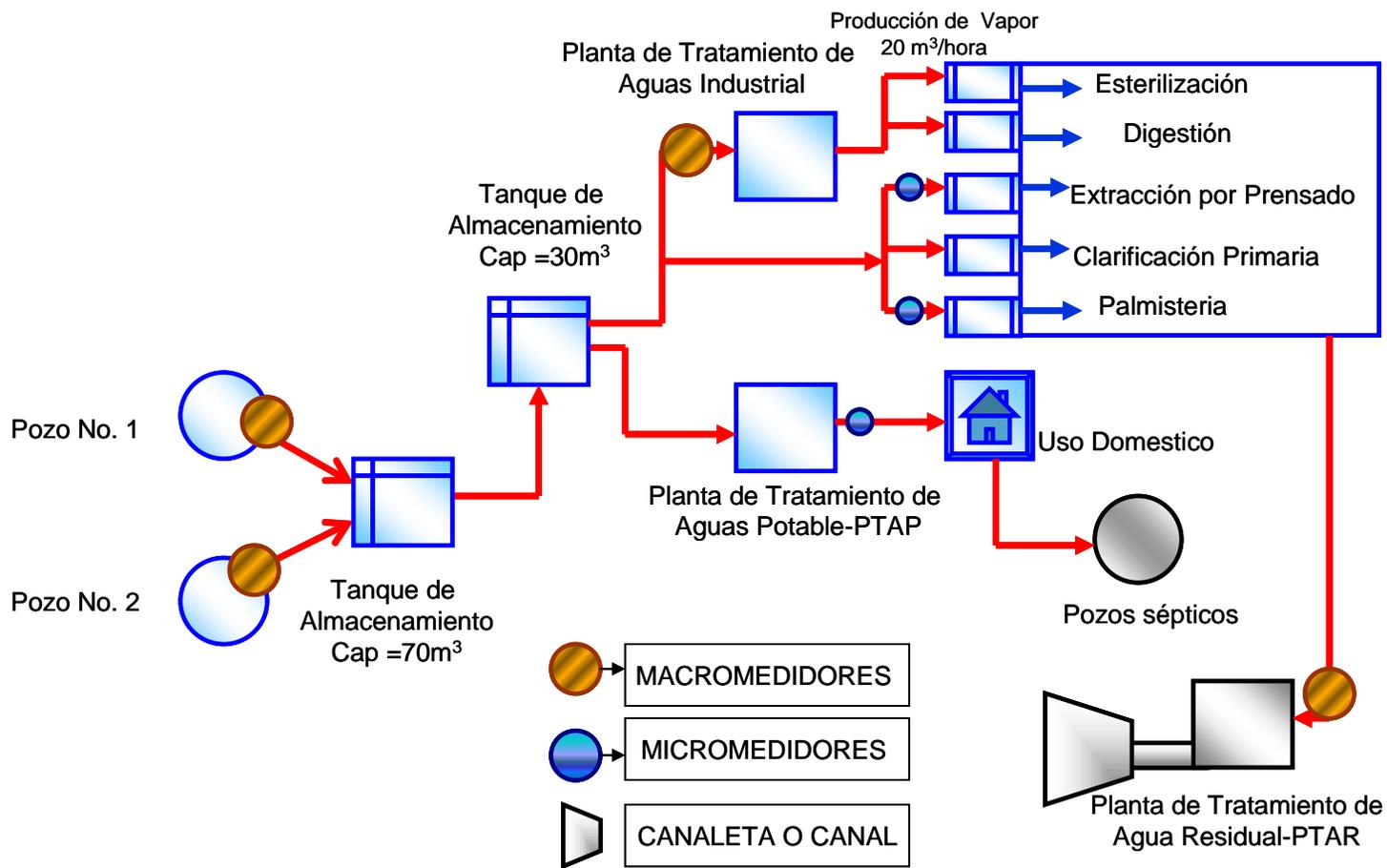
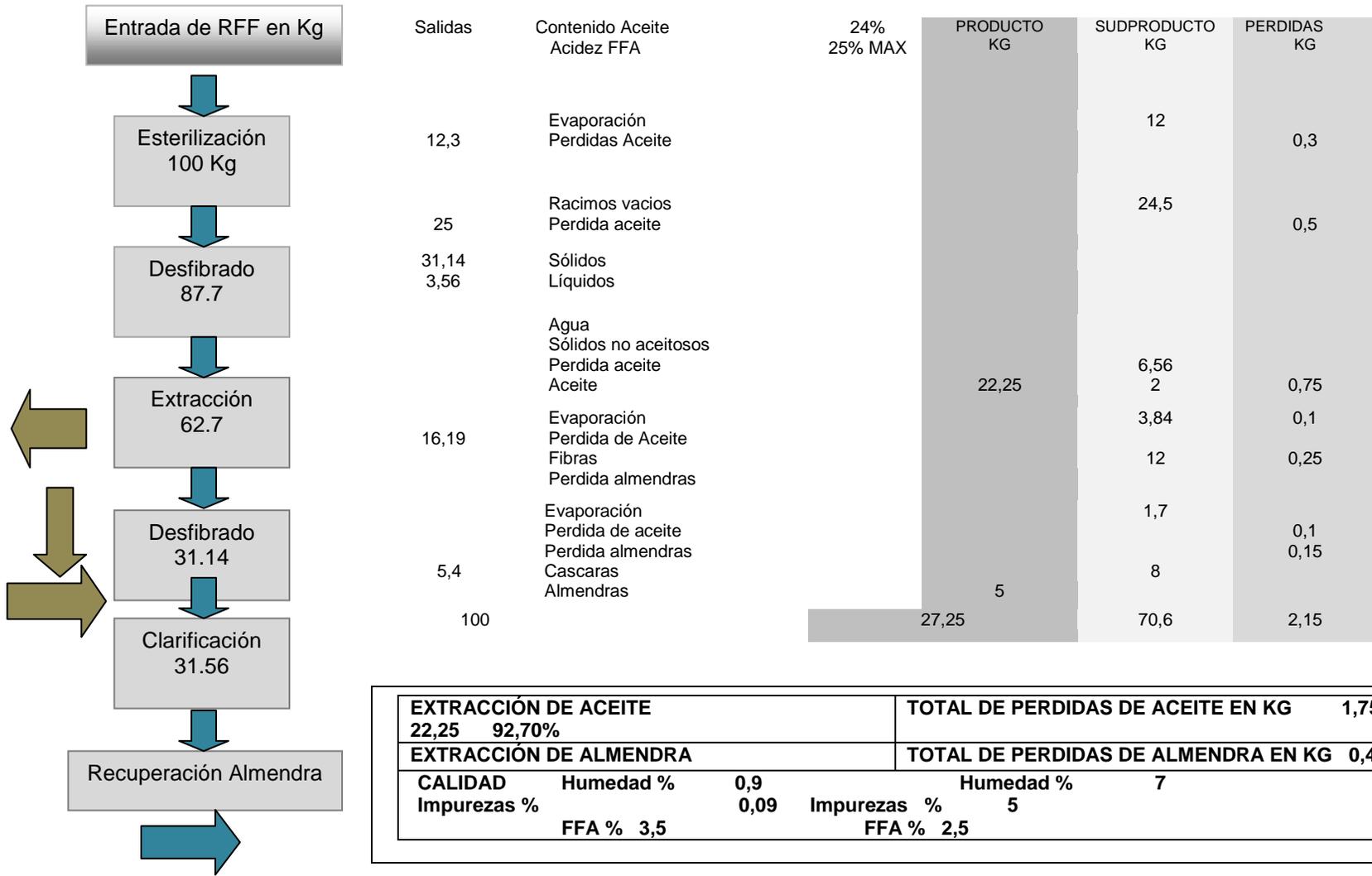


Figura 9. Flujo de masa de proceso y pérdidas durante la producción.



## 5.3 TERCERA ETAPA

### 5.3.1 Generación de Programas de manejo y uso eficiente del agua

PROGRAMA DE MANEJO Y USO EFICIENTE DEL AGUA		FICHA No 1
<b>OBJETIVO</b> Desarrollar prácticas y hábitos de uso eficiente y ahorro del agua.	<b>META</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducir el volumen de agua consumida por los usuarios. Por medio de actividades planteadas.</li> <li>• Llevar registros del consumo de agua.</li> </ul>	
<b>INDICADORES</b>		
<p>✓ <b>Porcentaje de disminución del consumo de agua semestral</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <math display="block">IDCA = (CATr - CATa) / CATr * 100</math> </div> <p>IDCA = Indicador – porcentaje de disminución de agua en un semestre</p> <p>CATr = Consumo de agua en el semestre de referencia (puede ser el primer semestre del año o el primero a partir del establecimiento de este programa). Una vez establecido permanece como valor fijo, hasta que se desee una meta más estricta y se coloque un nuevo promedio semestral de consumo.</p> <p>CATa = Consumo de agua en el semestre actual</p>		
<p>✓ <b>Registro del consumo de agua</b></p> <p>Se deben llevar registros del consumo de agua para facilitar la evaluación de metas de ahorro.</p>		
<b>ELEMENTO AFECTADO</b> Recurso hídrico	<b>CAUSA DEL IMPACTO</b> Uso excesivo del recurso hídrico	<b>IMPACTOS</b> Disminución y/o agotamiento del recurso hídrico
<b>DESCRIPCIÓN</b> Para el funcionamiento de la empresa la demanda del recurso hídrico está dada por la planta de beneficio primario. Con el fin de promover el programa de manejo de uso eficiente y ahorro del agua se describen las medidas más aptas para la empresa, en el ítem medidas a implementar.		
<b>MEDIDAS A IMPLEMENTAR</b>		
<p><b>De prevención</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Aplicar las prácticas de ahorro dentro de la plantación de beneficio primario.</li> </ul> <p><b>De mitigación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Racionalizar el consumo de agua en la planta de beneficio primario.</li> <li>❖ Ubicar señales de ahorro del agua en los sitios.</li> <li>❖ Es importante llevar registros del agua consumida para determinar indicadores de ahorro.</li> </ul>		
<b>TIEMPO DE EJECUCIÓN</b> Durante la realización de las actividades productivas	<b>RESPONSABLES</b> Técnicos planta de beneficio primario. Gestión humana	

<b>PROGRAMA DE CAPACITACIÓN Y MOTIVACIÓN ESPECIAL E</b>		<b>FICHA No 2</b>
<b>INCENTIVOS</b>		
<b>OBJETIVO</b> Sensibilizar, concientizar, educar y crear la cultura responsable a los trabajadores sobre el ahorro y el buen uso del agua.	<b>META</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Llevar registro de las capacitaciones realizadas a los trabajadores de la empresa.</li> <li>Desarrollar espacios donde los trabajadores puedan desplegar actividades sobre el buen uso del recurso hídrico</li> </ul>	
<b>INDICADORES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Porcentaje de trabajadores capacitados en el año.</li> <li>Numero de talleres y jornadas educativas desarrolladas anualmente.</li> <li>Porcentaje de recursos asignados para programas educativos.</li> </ul>		
<b>ELEMENTO AFECTADO</b> Recurso hídrico	<b>CAUSA DEL IMPACTO</b> Uso excesivo del recurso hídrico	<b>IMPACTOS</b> Disminución y/o agotamiento del recurso hídrico
<b>DESCRIPCIÓN</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Basados en estos temas se pueden crear afiches, plegables y otros dispositivos visuales.</li> <li>proponer lograr el interés manifiesto o implícito de los usuarios del recurso hídrico.</li> <li>participación del empleado como individuo activo de un proceso importante para el beneficio de una colectividad.</li> </ul>		
<b>MEDIDAS A IMPLEMENTAR</b> <p><b>De prevención</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Como primera medida se deben aplicar las prácticas de ahorro dentro de la plantación de los procesos.</li> </ul> <p><b>De mitigación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Racionalizar el consumo de agua en oficinas, viviendas, planta de beneficio primario y en las operaciones de aseo general.</li> <li>❖ Ubicar señales de ahorro del agua en los sitios claves como baños, duchas etc.</li> <li>❖ Es importante llevar registros del agua consumida para determinar indicadores de ahorro.</li> </ul>		
<b>TIEMPO DE EJECUCIÓN</b> Durante la realización de las actividades productivas.		<b>RESPONSABLES</b> Departamento Ambiental Departamento de Mantenimiento

Es de suponer que el personal capacitado asume la responsabilidad tanto individual como colectivo (sentido de pertenencia) en el cumplimiento de las metas establecidas en el programa de producción más limpia

<b>PROGRAMA DE MANEJO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES</b>		<b>FICHA No 3</b>
<b>OBJETIVO</b>	<b>META</b>	
Cumplir con los lineamientos sobre vertimientos, establecidos por el Decreto 1594 de 1984.	Mantener en óptimas condiciones de funcionamiento el sistema de tratamiento de aguas residuales industriales.	
<b>INDICADORES</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Frecuencia del mantenimiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales industriales provenientes del proceso de la planta de beneficio primario.</li> <li>❖ Cumplimiento de los lineamientos sobre vertimientos, establecidos por el Decreto 1594 de 1984</li> <li>❖ Número de monitoreos anuales de aguas, para verificar los porcentajes de remoción del sistema y compararlos con el Decreto 1594 de 1984.</li> </ul>		
<b>ELEMENTO AFECTADO</b>	<b>CAUSA DEL IMPACTO</b>	<b>IMPACTOS</b>
Aguas superficiales  Suelo	Efluentes de las aguas residuales industriales provenientes de las actividades de la Planta de Beneficio Primario.	Aporte de aguas contaminadas al Caño Chipés.
<b>DESCRIPCIÓN</b>		
Identificar la situación para la realización del mantenimiento de los sistemas de aguas residuales con los <b>tratamientos primarios</b> : eliminación de arenillas, la filtración, el molido, la floculación y la sedimentación, <b>tratamiento secundario</b> : la oxidación de la materia orgánica, <b>tratamiento terciaria</b> : eliminación del nitrógeno, métodos físicos y químicos.		
<b>MEDIDAS A IMPLEMENTAR</b>		
<b>De prevención</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Las medidas de prevención están íntimamente relacionadas con el mantenimiento periódico de las estructuras del sistema de tratamiento. Por lo tanto el mantenimiento de las estructuras se harán diariamente.</li> <li>❖ El consumo de agua están estrechamente relacionadas con este programa. Por tanto se evitara tener desperdicios de agua y así usar estrictamente el agua que se requiere conforme se establece en el programa de manejo y uso eficiente del agua. Esta medida evitara que se produzcan mayores caudales de aguas residuales.</li> </ul>		
<b>MEDIDAS DE CONTROL</b>		
Anualmente se debe realizar estudio de caracterización de vertimientos a las aguas residuales industriales para conocer el porcentaje de remoción del sistema		
<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Ubicar señales de ahorro del agua en los sitios claves como baños, duchas etc.</li> <li>❖ Es importante llevar registros del agua consumida para determinar indicadores de ahorro.</li> </ul>		
<b>TIEMPO DE EJECUCIÓN</b>	<b>RESPONSABLES</b>	
Durante la realización de las actividades productivas.	Departamento Ambiental Departamento de Mantenimiento	

<b>PROGRAMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS Y LLUVIAS</b>		<b>FICHA No 4</b>
<b>OBJETIVO</b> Crear prácticas de aprovechamiento del agua lluvia y subterránea como fuente de suministro y abastecimiento de la planta.		<b>META</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Satisfacer las necesidades de los procesos</li> <li>• beneficiar los sistemas autosuficientes.</li> </ul>
<b>INDICADORES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de Instalaciones de cubiertas de recolección y/o captación de aguas lluvias llevándola a un tanque para su distribución.</li> <li>• Relación Costo – beneficio del proceso para la empresa</li> </ul>		
<b>ELEMENTO AFECTADO</b> Recurso hídrico	<b>CAUSA DEL IMPACTO</b> Uso excesivo del recurso hídrico	<b>IMPACTOS</b> Disminución y/o agotamiento del recurso hídrico
<b>DESCRIPCIÓN</b> Utilizar el agua lluvia como fuente de abastecimiento para el riego de cultivos, para las baterías sanitarias y si la calidad lo permite se podría utilizar en el proceso.		
<b>MEDIDAS A IMPLEMENTAR</b>  <b>De prevención</b>  Minimizar el consumo en la actividades a través de recolección y almacenamiento del agua lluvia y subterránea.  <b>De mitigación</b>  ❖ El agua recolectada se usara para la descarga de inodoros, llenado de tanques, aseo etc. ❖ Buscar racionalizar el consumo de agua potable del acueducto contribuyendo a la economía de aporte al desarrollo de la región.		
<b>TIEMPO DE EJECUCIÓN</b> Durante la realización de las actividades productivas.		<b>RESPONSABLES</b> Departamento Ambiental Departamento de Mantenimiento

<b>PROGRAMA DE PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE FUENTES HÍDRICAS</b>		<b>FICHA No 5</b>
<b>OBJETIVO</b> Desarrollar una metodología para la recuperación y conservación de las fuentes hídricas que colindan en el área.	<b>META</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Considerar las condiciones de amenazas, vulnerabilidad y riesgos ambientales que puedan afectar las fuentes hídricas</li> </ul>	
<b>INDICADORES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>De acuerdo con el Decreto 1729 de 2002, todo manejo especial de cuencas se debe aplicar con la formulación, diagnóstico, prospectiva, ejecución, seguimiento y evaluación.</li> </ul>		
<b>ELEMENTO AFECTADO</b> Recurso hídrico	<b>CAUSA DEL IMPACTO</b> Uso excesivo del recurso hídrico	<b>IMPACTOS</b> Disminución y/o agotamiento del recurso hídrico
<b>DESCRIPCIÓN</b> Fundamentalmente se debe identificar la situación ambiental de las fuentes hídricas, con el fin de establecer las potencialidades, conflictos y restricciones de los recursos naturales renovables.		
<b>MEDIDAS A IMPLEMENTAR</b> <p><b>De prevención</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cuando existan desequilibrios físicos, químicos y ecológicos del medio natural que pongan en peligro la integridad del recurso hídrico.</li> </ul> <p><b>De mitigación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Acciones de conservación y recuperación de las mismas para asegurar su desarrollo sostenible.</li> <li>Mantener o restablecer la estructura físico-biótica de las fuentes hídricas.</li> </ul>		
<b>TIEMPO DE EJECUCIÓN</b> Durante la realización de las actividades.	<b>RESPONSABLES</b> Departamento Ambiental Departamento de Mantenimiento	

<b>CAMPAÑAS EDUCATIVAS PARA LA PROMOCIÓN DEL USO EFICIENTE Y AHORRO DEL AGUA</b>		<b>FICHA No 6</b>
<b>OBJETIVO:</b> Elaboración de una guía para el desarrollo de actividades pedagógicas sobre el Ahorro y Uso Eficiente del Agua.	<b>META</b> Las campañas son actividades de motivación y de sensibilización, que toman como eje aspectos determinados de una situación ambiental local.	
<b>INDICADORES</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Campañas pedagógicas sobre temas puntuales y específicos que se viven a diario como son las necesidades fisiológicas, lavado de manos, baño diario, lavado de sacos o artefactos.</li> <li>• Mantenimiento periódico de los sistemas: grifería en mal estado, fugas en la tubería u otros elementos.</li> </ul>		
<b>ELEMENTO AFECTADO</b> Recurso hídrico	<b>CAUSA DEL IMPACTO</b> Uso excesivo del recurso hídrico	<b>IMPACTOS</b> Disminución y/o agotamiento del recurso hídrico
<b>DESCRIPCIÓN</b> Educación Especial en el Uso Eficiente y Ahorro del Agua dirigida a los empleados, contratistas y demás usuarios del recurso hídrico		
<b>MEDIDAS A IMPLEMENTAR</b>		
<p><b>De prevención</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Previniendo prácticas y hábitos de desperdicio, o mejorando la eficiencia del uso que se le dé al agua utilizando instalaciones y accesorios más eficientes.</li> </ul> <p><b>De mitigación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vigilar donde se presenta un consumo de agua representativo en toda la empresa, ya sea por mal uso, fugas en la tubería u otros elementos que ayudan a la pérdida indiscriminada de agua.</li> </ul>		
<b>TIEMPO DE EJECUCIÓN</b> Durante la realización de las actividades.	<b>RESPONSABLES</b> Departamento Ambiental Departamento de Mantenimiento	

## CONCLUSIONES

El consumo de agua en la planta de beneficio primario, evidencio que las actividades dentro del proceso que consumen mayor cantidad de agua, son las calderas las cuales consumen el 67% de agua, el tratamiento de agua que consume el 10,73% y clarificación que consume el 5,41%.

En el consumo industrial se comprendió que el agua suministrada a la planta para el procesamiento del fruto, producción de vapor y limpieza de equipos e instalaciones consumen 573.90 m<sup>3</sup>/día en promedio.

Hay que tener en cuenta los picos de cosecha que se maneja anualmente ya que la temporada de Enero a Mayo es el pico alto de cosecha por lo cual se consumiría mayor cantidad de agua que es directamente proporcional a las toneladas procesadas y las horas laboradas.

Según las consideraciones legales para el desarrollo del programa de AYUEDA, se tomaron en cuenta las Leyes, Decretos y Resoluciones que lideran en gestión ambiental, en particular la Ley de 1991, Código de los Recursos Naturales Renovables, Decreto 2811 de 1974, Código Sanitario y sus decretos reglamentarios.

Las medidas para lograr un uso eficiente del agua deben visualizarse de una forma precisa dentro de la planeación estratégica de la empresa. Un programa exitoso debe priorizar las necesidades, establecer metas, responsable y proyectar el plan con aplicabilidad técnica, económica y social.

## RECOMENDACIONES

Se subraya la necesidad de avanzar en los sistemas de extracción del aceite con miras a optimizar la utilización de los subproductos, y, por consiguiente minimizar la producción de residuos. Afrontar estos retos implica que la totalidad de las empresas palmeras colombianas adopten un enfoque proactivo, más allá del cumplimiento de la normatividad, así como adelantar diversos desarrollos en múltiples campos tanto por parte de las empresas.

Teniendo en cuenta que Colombia es el tercer productor mundial de aceite de palma, y que en la zona central del país se está incrementando de manera significativa el cultivo de palma africana se hace necesario generar estrategias de para el ahorro y uso eficiente del agua, que conlleva tres etapas, la primera de las cuales corresponde a la adecuación de la planta de producción, el proceso de producción más limpia y la generación de programas de manejo y uso eficiente del agua para minimizar sus efectos contaminantes.

El tratamiento de las aguas en plantas productoras de aceite de palma involucra tratamientos físicos (o pretratamientos); tratamientos físico-químicos y biológicos (para reducir sulfatos y DBO5), razón por la cual debe generarse un programa de producción más limpia para reducir los niveles contaminantes a través de los planes de prevención de la contaminación y la adopción de tecnologías limpias.

## BIBLIOGRAFÍA

Artículo: DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DEL AGUA EN EL EDIFICIO DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA. por César Gil S.1 [jucegil1@hotmail.com](mailto:jucegil1@hotmail.com), Deisy Maricella Cabezas L.2, [maricella\\_k@hotmail.com](mailto:maricella_k@hotmail.com), Leidy Alexandra Rojas B.2 [ladyalexa15@hotmail.com](mailto:ladyalexa15@hotmail.com)

AMAYA RAMIREZ, Guillermo y JARAMILLO, J.M. 1998. Compilación sobre agua, Valle. 209 p.

El agua del grifo – lo que usted debe saber. Formato de archivo PDF [internet]: [http://www.epa.gov/safewater/wot/pdfs/book\\_waterontap\\_enespanol\\_full.pdf](http://www.epa.gov/safewater/wot/pdfs/book_waterontap_enespanol_full.pdf)

Oscar Velásquez Monroy., Jesús Pérez Santos. Agua y salud en México. Reunión regional sobre calidad del agua potable, Agua y salud en México. 14 al 17 mayo de 1996. <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/scan/010206/010206-12.pdf>

EL CULTIVO DE LA PALMA DE ACEITE Y SU BENEFICIO. Guía general para el nuevo palmicultor. Fernando Bernal Niño. Fedepalma. Cenipalma. Bogotá, D.C. Colombia. Junio de 2005.

MANUAL TECNICO PARA EL CULTIVO DE PALMA DE ACEITERA. *Ruperto Raygada Zambrano*. Noviembre 2005. Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas – DEVIDA. Proyecto de Desarrollo Alternativo Tocache-Uchiza – PRODATU. Depósito Legal N° 2005-8558. ISBN: 9972-2715-0-1

HISTORIA DE LOS SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA. VI SEREA - Seminário Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Água João Pessoa (Brasil), 5 a 7 de junho de 2006. José Alejandro Ballén Suárez<sup>1</sup>, Miguel Ángel Galarza García<sup>2</sup>, Rafael Orlando Ortiz Mosquera<sup>3</sup> en línea : <http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhoH.pdf>

DECRETO 1594 DEL 26 JUNIO DEL 1984.

DECRETO 3100 DE 2003

RESOLUCIÓN 273 DEL 01 ABRIL DE 1997

RESOLUCIÓN 372 DEL 06 DE MAYO DE 1998

LEY 373 DEL 06 DE JUNIO DE 1997