

# Rutas tecnológicas para el manejo integral de aguas residuales en las plantas de beneficio del sector palmero

**Foto portada:** Daabon,  
Tequendama, piscinas.  
Villegas, 2011.



# Rutas tecnológicas para el manejo integral de aguas residuales en las plantas de beneficio del sector palmero

---

Memorias del  
Taller Nacional Alternativas Tecnológicas para  
el Cumplimiento de la Nueva Reglamentación  
de Vertimientos en el Sector Palmero



Rutas tecnológicas para el manejo integral  
de aguas residuales en las plantas de beneficio del sector palmero

**Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite, Fedepalma**

**Jens Mesa Dishington**

Presidente Ejecutivo

**Andrea Carolina González Cárdenas**

Directora Unidad de Planeación Sectorial y Desarrollo Sostenible

**Juan Carlos Espinosa Camacho**

Líder Ambiental

**Edna Katherin Ibarra León**

Analista Ambiental\*

**Mauricio Posso Vacca**

Director Unidad de Gestión Comercial Estratégica

**Christie Daza Aragón**

Jefe de Servicios Energéticos y Ambientales

**Centro de Investigación en Palma de Aceite, Cenipalma**

**José Ignacio Sanz Scovino**

Director Ejecutivo

**Jesús Alberto García Núñez**

Coordinador Programa de Procesamiento

**José Carlos Montero Vega**

Líder Área de Ingeniería\*\*

**Nidia Ramírez Contreras**

Asistente de Investigación

Textos y edición:

**Juan Carlos Espinosa Camacho**

Bogotá, Colombia

Mayo de 2015

---

\* Hasta septiembre de 2014.

\*\* Hasta octubre de 2014.

# Tabla de contenido

|  |           |
|--|-----------|
| Presentación .....   | 7         |
| Introducción .....   | 9         |
| Siglas, acrónimos y abreviaturas .....   | 12        |
| <b>Parte I Antecedentes y contexto de la nueva reglamentación de vertimientos y retos para el sector palmero .....</b>   | <b>15</b> |
| 1. Antecedentes. Decreto 3930 de 2010 .....  | 16        |
| 1.1 Usos del agua, criterios de calidad y reúso .....  | 17        |
| 1.2 Ordenamiento del recurso hídrico .....   | 18        |
| 1.3 Vertimientos a cuerpos de agua y al alcantarillado .....   | 19        |
| 2. Proceso de formulación de la nueva reglamentación de vertimientos .....   | 20        |
| 3. Retos para el sector palmero en la nueva reglamentación de vertimientos .....   | 27        |
| 3.1 Vigencia de la Resolución 0631 de 2015 .....   | 28        |
| 3.2 Periodo de transición de la Resolución 0631 de 2015 .....  | 28        |
| <b>Parte II Memorias del Taller Nacional de Alternativas Tecnológicas para el Cumplimiento de la Nueva Reglamentación de Vertimientos en el Sector Palmero .....</b> | <b>33</b> |
| Agradecimientos .....  | 34        |
| 4. Antecedentes y justificación del taller .....   | 35        |
| 5. Sesión 1. Introducción y aspectos regulatorios .....  | 36        |
| 5.1 Módulo 1. Marco legal de uso de agua y vertimientos .....  | 37        |
| 5.1.1 Antecedentes, contexto y retos de la nueva normativa de vertimientos para el sector palmero .....  | 37        |
| 5.2 Módulo 2. Casos exitosos regionales en gestión integral de vertimientos .....  | 38        |
| 5.2.1 Experiencias exitosas en manejo de efluentes en el departamento del Magdalena, Caso C.I. Tequendama S.A.S. ....  | 38        |

|       |  |           |
|-------|--|-----------|
| 5.2.2 | El cultivo de palma y el proceso de extracción de aceite en el Cesar .....   | 39        |
| 5.2.3 | Casos exitosos de cero vertimientos en el Meta .....   | 40        |
| 5.2.4 | Discusión: el reúso de aguas residuales tratadas en sistemas de riego .....  | 42        |
| 6.    | Sesión 2. Rutas tecnológicas para el manejo integral de aguas residuales en plantas de beneficio .....   | 42        |
| 6.1   | Introducción: Rutas tecnológicas para el manejo de aguas residuales en una planta de beneficio .....   | 44        |
| 6.2   | Módulo 1. Ruta de optimización de procesos y uso eficiente del agua .....  | 45        |
| 6.2.1 | Uso eficiente del consumo de agua en plantas de beneficio. Modelo para la medición del consumo .....   | 46        |
| 6.2.2 | Clarificación dinámica con Tricanter .....   | 47        |
| 6.3   | Módulo 2. Ruta de sistemas complementarios de remoción de contaminantes .....  | 48        |
| 6.3.1 | Disminución de contaminantes en vertimientos de plantas de beneficio a través del uso de filtros de biocarbón de cuesco .....                            | 48        |
| 6.3.2 | Tratamiento de aguas para efluentes del proceso de extracción de aceite de palma africana (SBR, MBBR, MBR) .....   | 49        |
| 6.3.3 | Tecnologías para el tratamiento de efluentes de las plantas de beneficio de aceite de palma .....  | 51        |
| 6.4   | Módulo 3. Ruta de reúso y aprovechamiento de efluentes .....   | 53        |
| 6.4.1 | Aprovechamiento de residuos y reciclaje de nutrientes de Aceites Manuelita S.A. ....   | 54        |
| 6.4.2 | Opciones de manejo de los efluentes de palma .....   | 56        |
| 6.4.3 | Compostaje en una planta de beneficio .....  | 59        |
| 6.4.4 | Tratamiento de las aguas residuales de plantas de beneficio de aceite de palma y su reúso en sistemas de fertirriego en cultivos de palma africana ..... | 60        |
|       | <b>Parte III Conclusiones</b> .....  | <b>65</b> |
|       | Referencias .....  | 69        |
|       | <b>Anexo 1. Proveedores de servicios y tecnologías para el manejo de aguas residuales</b> .....  | <b>70</b> |
|       | Conferencistas .....   | 70        |
|       | Participantes en la muestra comercial .....  | 71        |
|       | Otros proveedores potenciales .....  | 73        |

# Presentación

La importancia del agua como recurso natural esencial para la vida en nuestro planeta, e insumo primordial para la agricultura, la industria y prácticamente cualquier actividad que desarrolle nuestra sociedad, es y será un tema prioritario en las agendas que la sociedad implemente para su desarrollo. Un manejo del agua que contemple disminuir la huella hídrica, darle un uso eficiente, y prevenir y controlar su contaminación, debe ser un elemento transversal en la estrategia de sostenibilidad de cualquier empresa o actividad productiva.

El subsector de la agroindustria del aceite de palma depende del agua, tanto en sus fases de cultivo como de beneficio primario. Para aportar a este objetivo, la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite viene promoviendo el uso eficiente del agua en el cultivo mediante sistemas de riego más precisos que permitan reducir el consumo de agua por hectárea.

Por otra parte, uno de los subproductos del proceso de beneficio del aceite de palma es el efluente líquido. Para evitar la contaminación de los cuerpos de agua y dar cumplimiento a la reglamentación de vertimientos, las plantas de beneficio del país han implementado diversos tipos de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales, STAR.

El pasado 17 de marzo de 2015, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) expidió la Resolución 0631 de 2015 “por la cual se establecen los parámetros y los valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones”. Esta resolución, de especial relevancia en el marco reglamentario ambiental colombiano, busca controlar y disminuir la contaminación en los cuerpos de agua del país.

Con la expedición de la nueva resolución de vertimientos, cuyos parámetros y límites máximos permisibles reemplazan los establecidos hace más de 30 años en el Decreto 1594 de 1984, el MADS buscó fijar un estándar que respondiera

a la problemática del recurso hídrico en el país pero que fuera aplicable según las condiciones y posibilidades de los sectores productivos y otros generadores de vertimientos.

En este proceso, en el que el MADS socializó y puso en consulta pública seis versiones del proyecto de resolución en los últimos cuatro años, Fedepalma participó activamente a través de siete propuestas de modificación de los parámetros y límites aplicables al sector palmero en las diferentes versiones puestas en consulta.

Hoy luego de la expedición de la resolución, somos conscientes que ésta constituye un importante derrotero para la agroindustria palmera, por lo que se consideró prudente preparar a la agroindustria para cumplir con este propósito. Uno de los escenarios de mayor importancia fue el Taller Nacional “Alternativas tecnológicas para el cumplimiento de la nueva reglamentación de vertimientos en el sector palmero”, que se llevó a cabo en abril de 2014.

En dicho taller se generaron interesantes discusiones que permitieron a sus asistentes conocer y profundizar en tres rutas tecnológicas para el manejo integral de las aguas residuales en las plantas de beneficio, que cubren desde las que se enfocan en el control de la contaminación, pasando por otras que enfatizan en el ahorro y uso eficiente de agua, hasta las que podrían generar nuevos ingresos derivados de una mejor gestión ambiental.

No existe una ruta ni una “receta” tecnológica única para todas las plantas de beneficio en Colombia. Su elección dependerá de múltiples variables de su proceso productivo, su enfoque gerencial, su entorno ambiental, entre otros factores. Lo importante radica en conocer las diferentes alternativas en el mercado y su pertinencia y viabilidad para cada caso en particular.

Por esta razón, y aprovechando la reciente expedición de la normativa de vertimientos, queremos difundir ampliamente los principales resultados del taller, para que aviven la discusión sobre visiones, rutas y alternativas que contribuyan a que la agroindustria de la palma de aceite sea más sostenible en el manejo del recurso hídrico.

**Jens Mesa Dishington**

Presidente Ejecutivo de Fedepalma

# Introducción

Este documento presenta tres rutas tecnológicas (y en cada una de ellas, varias alternativas) para un manejo integral de aguas residuales en las plantas de beneficio de aceite de palma.

Por las características del proceso de extracción primaria de aceite crudo de palma y de palmiste, el manejo de sus aguas residuales constituye tanto un riesgo como una oportunidad:

- **Un riesgo**, en tanto su alto contenido de carga orgánica puede contaminar los cuerpos de agua en donde sean vertidas, afectando su calidad para usuarios, ecosistemas y especies aguas abajo. Por ello, dichas aguas residuales requieren de un tratamiento que prevenga y minimice estos impactos potenciales. Adicionalmente, existe una reglamentación específica que establece los límites máximos permisibles de sustancias contaminantes en los vertimientos a cuerpos de agua (Resolución 0631 de 2015), que todas las plantas de beneficio del sector que generen vertimientos deben cumplir.
- **Una oportunidad**, en tanto ese mismo contenido de carga orgánica puede ser aprovechado, constituyéndose en una fuente alternativa de ingresos.

De esta manera, las tres rutas tecnológicas que se abordan a lo largo del texto apuntan tanto a reducir el riesgo por contaminación al recurso hídrico y por incumplimiento legal, como a generar valor agregado al proceso productivo.

Por otra parte, este documento ilustra apartes del marco reglamentario para el ordenamiento y uso del agua en Colombia y para una adecuada gestión de vertimientos, incluyendo el proceso de formulación y aspectos clave del contenido de la recientemente expedida Resolución 0631 de 2015 sobre vertimientos puntuales a cuerpos de agua y alcantarillado.

Esta publicación se basa en gran medida en las memorias del Taller Nacional Alternativas Tecnológicas para el Cumplimiento de la Nueva Reglamentación de Vertimientos en el Sector Palmero, llevado a cabo el 4 de abril de 2014 en el Hotel Tryp en Bogotá.

El taller fue organizado conjuntamente por el Área Ambiental de Fedepalma y el Programa de Procesamiento de Cenipalma, en el marco del Proyecto de Gestión Ambiental Sectorial de la Unidad de Planeación Sectorial y Desarrollo Sostenible de Fedepalma.

Su objetivo fue socializar y discutir con representantes del sector nuevas rutas tecnológicas, avances en investigación y alternativas disponibles en el mercado para la gestión integral de las aguas residuales de las plantas de beneficio, de cara a la nueva reglamentación sobre vertimientos puntuales que en ese momento aún se encontraba en formulación por parte del MADS.

El taller contó con la participación de 73 representantes de 40 plantas de beneficio de todo el país, incluyendo Gerentes, Directores de planta y profesionales ambientales; funcionarios de tres Corporaciones Autónomas Regionales (CAR); y profesionales de Fedepalma y Cenipalma. Adicionalmente, asistieron 16 empresas prestadoras de servicios ambientales y de tratamiento de aguas que ofrecieron una muestra comercial durante todo el evento. De esta manera, el taller contó con una asistencia de 113 personas.

La agenda del taller se dividió en dos sesiones:

- **Sesión 1 Introducción y aspectos reglamentarios.** Se presentaron los antecedentes, objetivo y alcance del taller; apartes del marco reglamentario de uso de agua y vertimientos aplicable al sector palmero; y experiencias exitosas en el manejo de aguas residuales por parte de las autoridades ambientales regionales.
- **Sesión 2 Rutas tecnológicas para el manejo integral de aguas residuales.** En la segunda sesión se presentaron y discutieron tres rutas tecnológicas para el manejo integral de aguas residuales en las plantas de beneficio del sector: Optimización de procesos y uso eficiente de agua en la planta de beneficio, sistemas complementarios de remoción de contaminantes, y reúso y aprovechamiento de efluentes (cero vertimientos).

Teniendo en cuenta lo anterior, esta publicación está dividida en tres partes. La primera parte presenta algunos aspectos relevantes del marco regulatorio am-

biental sobre el recurso hídrico en Colombia, y especifica con mayor detalle los antecedentes de la Resolución 0631 de 2015, su proceso de formulación por parte del MADS, la participación del sector palmero en dicho proceso, y los principales retos que tienen las empresas de este sector para su cumplimiento.

La segunda parte contiene las memorias del Taller Nacional Alternativas Tecnológicas para el Cumplimiento de la Nueva Reglamentación de Vertimientos en el Sector Palmero. La primera sección hace referencia a los dos módulos y cuatro presentaciones de la primera sesión del taller, mientras que la segunda, se refiere a los tres módulos y diez presentaciones de la Sesión 2 del taller.

Por último, la tercera parte recoge las principales conclusiones del taller, así como algunas recomendaciones y pasos a seguir por parte de las empresas palmeras, en su proceso de identificación e implementación de las alternativas tecnológicas más apropiadas para una gestión integral de sus aguas residuales y el cumplimiento de la Resolución 0631 de 2015 de vertimientos puntuales.

Finalmente, el Anexo 1 contiene la información de contacto de todos los proveedores que participaron en el taller como conferencistas, en la muestra comercial, así como los que fueron identificados como potenciales prestadores de servicios para la gestión de aguas residuales, bajo cualquiera de las tres rutas tecnológicas presentadas.

## Siglas, acrónimos y abreviaturas

|           |   |
|-----------|---|
| AOX       | Compuestos Orgánicos Halogenados Adsorbibles.   |
| BTEX      | Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno.   |
| CAR       | Corporación Autónoma Regional.  |
| Cenipalma | Corporación Centro de Investigación en Palma de Aceite.   |
| CTA       | Consejo Técnico Asesor de Política y Normatividad del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. |
| DBO       | Demanda Bioquímica de Oxígeno.  |
| DQO       | Demanda Química de Oxígeno.   |
| Fedepalma | Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite.   |
| GEI       | Gases de Efecto Invernadero.  |
| HAP       | Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos.  |
| HTP       | Hidrocarburos totales.  |
| MADS      | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.   |
| MAP       | Reactor de lecho fluidizado y flujo ascendente.   |
| MAVDT     | Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.  |
| MBBR      | Reactor de lecho móvil.   |
| MBR       | Reactor biológico de membranas.   |
| MDL       | Mecanismo de Desarrollo Limpio.   |
| N         | Nitrógeno.  |
| P         | Fósforo.  |
| PML       | Producción Más Limpia.  |
| PNGIRH    | Política para la Gestión Integral del Recurso Hídrico.  |
| POMCA     | Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas.   |
| PRTLGV    | Planes de Reconversión a Tecnologías Limpias en Gestión de Vertimientos.                              |
| RESPEL    | Residuos peligrosos.  |
| RSPO      | <i>Roundtable on Sustainable Palm Oil</i> , Mesa Redonda de Aceite de Palma Sostenible.               |
| SAAM      | Sustancias Activas al Azul de Metileno.   |
| SBR       | Reactor discontinuo secuencial.   |
| SSED      | Sólidos sedimentables.  |
| SST       | Sólidos suspendidos totales.  |
| STAR      | Sistema de tratamiento de aguas residuales.   |



**Foto:** Daabon, Tequendama,  
piscinas. Villegas, 2011.





## **Parte I. Antecedentes, contexto y retos de la nueva reglamentación de vertimientos para el sector palmero**

# Parte I. Antecedentes, contexto y retos de la nueva reglamentación de vertimientos para el sector palmero

Esta primera parte presenta algunos aspectos relevantes de la recientemente expedida Resolución 0631 de 2015 sobre vertimientos puntuales a cuerpos de agua y sistemas de alcantarillado.

El capítulo 1 expone brevemente algunos antecedentes del marco legal colombiano sobre los usos y ordenamiento del recurso hídrico y la gestión de vertimientos, con especial énfasis en el Decreto 3930 de 2010.

Por su parte, el capítulo 2 describe el proceso que adelantó el MADS para la formulación de dicha Resolución, así como los logros de la gestión de Fedepalma (en representación del sector palmero) para que los requerimientos aplicables a las plantas de beneficio de aceite de palma fueran acordes con su contexto y posibilidades de cumplimiento.

Finalmente, el capítulo 3 expone los principales retos de la nueva Resolución para el sector palmero y presenta algunas recomendaciones y pasos a seguir para las empresas palmeras, de cara al periodo de transición de la Resolución 0631 de 2015.

## 1. Antecedentes. Decreto 3930 de 2010

El marco legal ambiental colombiano sobre el ordenamiento y uso del recurso hídrico y la gestión de vertimientos, ha tenido recientes modificaciones de interés para el sector palmero. Una de las reglamentaciones más importantes en relación con esta temática es el Decreto 3930 de 2010 *por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.*

Este Decreto estableció un marco regulatorio sobre tres aspectos importantes relacionados con el recurso hídrico:

- Los usos del agua
- El ordenamiento del recurso hídrico
- Los vertimientos al agua, al suelo y a los alcantarillados

## 1.1 Usos del agua, criterios de calidad y reúso

El Decreto 3930 de 2010 estableció la prioridad para el uso de agua en el país de la siguiente manera:



Si bien el uso de agua para los cultivos de palma de aceite tiene una alta prioridad (por ser de uso agrícola), primero se debe garantizar la disponibilidad y calidad de agua para consumo humano y para la preservación de fauna y flora.

Por otra parte, el Decreto 1594 de 1984 estableció los criterios de calidad del agua requeridos para cada uno de estos usos; dichos criterios están siendo actualizados por el MADS.

Es así como el 25 de julio de 2014, el MADS expidió la Resolución 1207 de 2014 *por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas*. En tal resolución se establecieron los requerimientos para el reúso de aguas residuales tratadas en actividades agrícolas e industriales.

Esta resolución es aplicable para las plantas de beneficio que quieran hacer reúso de sus aguas residuales tratadas para riego en cultivos de palma (u otros cul-

tivos). En estos casos, las aguas residuales tratadas deben cumplir, entre otros, con los criterios para uso agrícola establecidos en la Resolución 1207 de 2014.

## 1.2 Ordenamiento del recurso hídrico

En relación con el ordenamiento del recurso hídrico, el Decreto 3930 de 2010 estableció que las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) tienen la competencia para definir:

- Posibles usos del agua en las cuencas
- Objetivos de calidad de agua en los diferentes tramos de una cuenca
- Los tramos de las cuencas en donde se prohíbe o limita el volumen y carga contaminante de los vertimientos.

A partir de 2010, y con mayor énfasis luego de la ola invernal 2010-2011, el MADS ha expedido nuevas reglamentaciones tendientes a fortalecer los procesos de ordenamiento de cuencas hidrográficas y a incorporar en ellos de manera más explícita el componente de riesgo:

- **Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico - PNGIRH (2010):** su objetivo es *garantizar la sostenibilidad del recurso, mediante una gestión y un uso eficiente y eficaz, articulados al ordenamiento y uso del territorio y a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica, considerando el agua como factor de desarrollo económico y de bienestar social, e implementando procesos de participación equitativa e incluyente*. La política estableció los objetivos, estrategias, metas, indicadores y líneas de acción estratégica para el manejo del recurso hídrico en el país, con un horizonte de 12 años. Definió la cuenca hidrográfica como unidad espacial de análisis y de gestión del recurso hídrico en el país, así como la estructura hidrográfica para la planificación, ordenación y manejo de cuencas hidrográficas y acuíferos en Colombia.
- **Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (Ley 1523 de 2012):** estipuló que el riesgo asociado al recurso hídrico constituye un componente fundamental de la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico; estableció que las Corporaciones Autónomas Regionales deberán apoyar a las entidades territoriales de su jurisdicción en los estudios necesarios para el conocimiento y la reducción del riesgo, y los deberán integrar a los planes de ordenamiento de cuencas, de gestión ambiental, de ordenamiento territorial y de desarrollo.

- **Decreto 1640 de 2012:** *Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones.* Esta reglamentación estableció la nueva estructura de planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas del país, permitiendo una mayor claridad en el nivel de gestión de las mismas, por parte de las autoridades ambientales competentes y las diferentes entidades y actores responsables de su formulación e implementación.
- **Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA):** expedida por el MADS en diciembre de 2013. Con esta guía, el Ministerio estableció los criterios, procedimientos y metodologías para orientar a las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible en la formulación de planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas, acorde con lo establecido en la PNGIRH y en el Decreto 1640 de 2012.

Las CAR que ya han iniciado la formulación o ajuste de sus POMCA han considerado, por principio de precaución y prevención del riesgo, ampliar en algunos casos las zonas de protección de la ronda hídrica más allá de la franja obligatoria de 30 metros requerida por ley.

### 1.3 Vertimientos a cuerpos de agua y al alcantarillado

En cuanto a la gestión de vertimientos, el Decreto 3930 de 2010 estableció que toda persona natural o jurídica que genere vertimientos a aguas superficiales debe contar con permiso de vertimientos y definió dos nuevos requerimientos para el otorgamiento de dicho permiso:

- Evaluación ambiental del vertimiento
- Plan de gestión del riesgo para el manejo del vertimiento, el cual debe incluir medidas de contingencia en caso de fallas en los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Estos dos nuevos requerimientos implican la realización de estudios y formulación de planes de manejo de cierta complejidad técnica, pero de obligatorio cumplimiento para obtener el permiso de vertimientos.

El Decreto 3930 de 2010 también estableció que el MADS expediría una nueva reglamentación que fijaría los parámetros y límites máximos de contaminantes en los vertimientos. Esa nueva reglamentación corresponde a la Resolución

0631 de 2015, expedida recientemente. La Figura 1 sintetiza los principales aspectos mostrados en esta sección sobre el Decreto 3930 de 2010:



Figura 1: Aspectos relevantes del marco legal sobre el recurso hídrico y gestión de vertimientos.

## 2. Proceso de formulación de la nueva reglamentación de vertimientos

El proceso de formulación de la nueva reglamentación de vertimientos inició en el año 2010, cuando el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) empezó a desarrollar un proyecto de resolución para actualizar los requerimientos que deberían cumplir los generadores de vertimientos puntuales a los cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público, con el fin de minimizar su potencial de contaminación hídrica.

Dicho proceso culminó el 17 de marzo de 2015, con la expedición de la Resolución 0631 *por la cual se establecen los parámetros y los valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.*

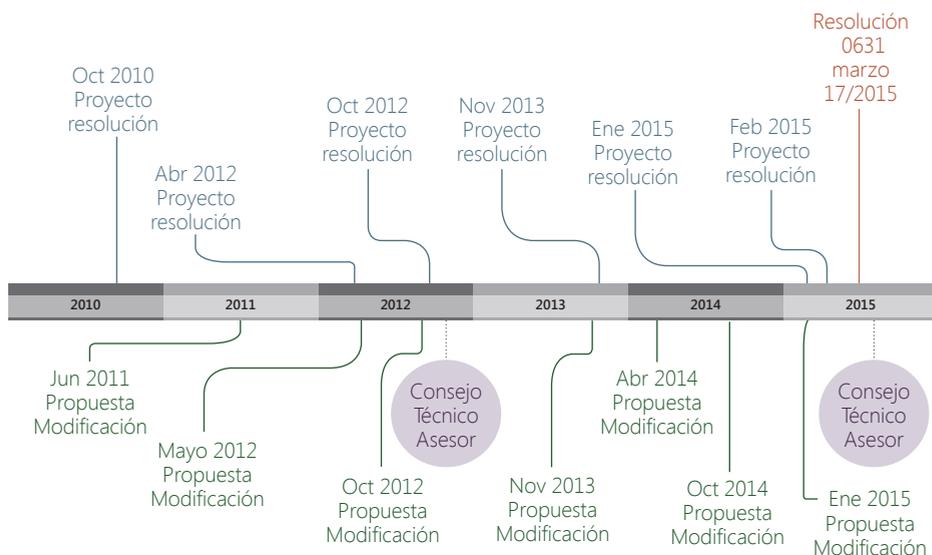
Esta nueva reglamentación sustituye, entre otros, los artículos 72 y 74 del Decreto 1594 de 1984 acerca de los parámetros (DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, etc.) y concentraciones máximas de dichos parámetros que deben cumplir los vertimientos a los cuerpos de agua y sistemas de alcantarillado.

De esta manera, la Resolución 0631 de 2015 es aplicable a las plantas de beneficio del sector palmero que generen vertimientos.

A lo largo de los más de cuatro años que duró este periodo de formulación (desde que el MADS sometió la primera versión del proyecto de resolución a consulta pública en octubre de 2010, hasta febrero de 2015 cuando fue puesta en consulta la versión más reciente):

- El MADS publicó seis versiones del proyecto de resolución para consulta pública.
- Fedepalma elaboró y radicó ante el MADS siete propuestas de modificación de los parámetros y límites aplicables al sector y otros aspectos del articulado de las diferentes versiones del proyecto de resolución, con el fin de hacerlo más pertinente y viable a las condiciones del sector. Adicionalmente, entregó tres complementos de información solicitada por el Ministerio.
- Para ello, recopiló información técnica del sector, contrató análisis de laboratorio y convocó talleres de trabajo con Cenipalma, las empresas palmeras y sus representantes en los Comités de Plantas de Beneficio, con el fin de socializar y retroalimentar las propuestas a enviar al Ministerio.
- Adicionalmente, Fedepalma, Cenipalma y representantes de las empresas palmeras participaron en dos Mesas de Trabajo convocadas por el MADS con el sector de aceites y grasas, en las que se discutieron en detalle diversos aspectos técnicos del proyecto de resolución.
- Fedepalma también gestionó una invitación a las dos sesiones del Consejo Técnico Asesor (CTA) del MADS, máximo órgano consultivo de dicha cartera y última instancia de discusión de nuevas reglamentaciones ambientales, en los que se discutió este proyecto de resolución. Dichas sesiones se llevaron a cabo en octubre de 2012 y enero de 2015.

En la Figura 2 se muestran los principales hitos en la línea de tiempo de la formulación del proyecto de reglamentación y la gestión realizada por Fedepalma en representación del sector palmero.



**Figura 2.** Participación del sector palmero en la formulación de la nueva normativa de vertimientos. Línea de tiempo formulación de la Resolución de vertimientos y gestión del sector palmero

La Resolución 0631 de 2015 tiene tres cambios fundamentales frente al Decreto 1594 de 1984:

- a. Estableció parámetros y límites máximos de vertimientos específicos para cada actividad productiva (o grupos de actividades productivas).
- b. Incrementó el número de parámetros aplicables a las diferentes actividades productivas (entre ellas, al proceso de beneficio de aceite de palma).
- c. Fijó los límites máximos en términos de concentración de contaminantes (mg/l); la normativa anterior los había establecido en términos de porcentaje de remoción de carga contaminante.

En cuanto al primero de estos cambios, y como resultado de la activa participación del sector palmero en los espacios de discusión del proyecto de resolución, el MADS incluyó en la Resolución 0631 de 2015 una tabla de parámetros y límites máximos permisibles específica para las actividades de extracción de aceites de origen vegetal<sup>1</sup> (Tabla 1). Por otra parte, los otros dos cambios hacen que la nueva Resolución sea significativamente más estricta que el anterior Decreto 1594 de 1984.

1 Esta tabla se encuentra en el artículo 9 de la Resolución 0631 de 2015, en la columna de la derecha de la segunda tabla.

**Tabla 1.** Parámetros y límites máximos permisibles aplicables al sector palmero, Resolución 0631 de 2015<sup>2</sup>.

| Parámetro   | Límite máximo permisible |
|---|--------------------------|
| <i>Generales</i>                                  |                          |
| pH  | 6-9 °C                   |
| Demanda química de oxígeno (DQO)                  | 1.500 mg/l               |
| Demanda bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ) | 600 mg/l                 |
| Sólidos suspendidos totales (SST)                 | 400 mg/l                 |
| Sólidos sedimentables (SSED)                      | 2 mg/l                   |
| Grasas y aceites                                  | 20 mg/l                  |
| Compuestos semivolátiles fenólicos                | Análisis y reporte       |
| Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)     | Análisis y reporte       |
| <i>Hidrocarburos</i>                              |                          |
| Hidrocarburos totales (HTP)                       | 10 mg/l                  |
| <i>Compuestos de fósforo</i>                      |                          |
| Ortofosfatos (P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )   | Análisis y reporte       |
| Fósforo total (P)                                 | Análisis y reporte       |
| <i>Compuestos de nitrógeno</i>                    |                          |
| Nitratos (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )        | Análisis y reporte       |
| Nitritos (N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )        | Análisis y reporte       |
| Nitrógeno amoniacal (N-NH <sub>3</sub> )          | Análisis y reporte       |
| Nitrógeno total (N)                               | Análisis y reporte       |
| <i>Iones</i>                                      |                          |
| Cloruros (Cl <sup>-</sup> )                       | 500 mg/l                 |
| Sulfatos (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )         | 500 mg/l                 |
| <i>Metales y metaloides</i>                       |                          |
| Arsénico (As)                                     | 0,50 mg/l                |
| Cadmio (Cd)                                       | 0,05 mg/l                |
| Níquel (Ni)                                       | 0,50 mg/l                |
| Plomo (Pb)  | 0,20 mg/l                |
| <i>Otros parámetros para análisis y reporte</i>   |                          |
| Acidez total                                      | Análisis y reporte       |
| Alcalinidad total                                 | Análisis y reporte       |
| Dureza cálcica                                    | Análisis y reporte       |
| Dureza total                                      | Análisis y reporte       |
| Color real  | Análisis y reporte       |

2 Al sector palmero también le aplican los parámetros y límites máximos de temperatura (artículo 5) e ingredientes activos de plaguicidas (artículo 7) de la Resolución 0631 de 2015.

Las propuestas de modificación del proyecto de normativa que presentó Fedepalma en nombre del sector palmero giraron en su mayoría en torno a los límites máximos permisibles de 10 de los parámetros aplicables al sector, en tanto no era viable que las empresas palmeras los cumplieran inclusive con sistemas de tratamiento de aguas residuales de última tecnología.

La Tabla 2 presenta los valores inicialmente propuestos para cada uno de estos 10 parámetros, el valor final incluido en la Resolución 0631 de 2015, y la mediana de los datos de caracterización de vertimientos del sector recopiladas por Fedepalma:

**Tabla 2.** Modificaciones logradas en los límites máximos permisibles aplicables al sector palmero.

| Parámetro | Límite inicial | Límite final         | % Aumento | Mediana sector | Dificultad de cumplimiento |
|-----------|----------------|----------------------|-----------|----------------|----------------------------|
| DBO       | 200            | 600                  | 200 %     | 559            | Media-baja                 |
| DQO       | 400            | 1500                 | 275 %     | 1467           | Media-baja                 |
| SST       | 200            | 400                  | 100 %     |                | Baja                       |
| Fenoles   | 0,2            | "Análisis y Reporte" |           |                | N.A.                       |
| Nitrógeno | 20             | "Análisis y Reporte" |           | 270            | N.A.                       |
| Fósforo   | 5              | "Análisis y Reporte" |           | 35,1           | N.A.                       |
| Cloruros  | 500            | 500                  | 0 %       | 923            | Media-alta*                |
| Sulfatos  | 300            | 500                  | 67 %      | 186            | Baja                       |
| Cadmio    | 0,002          | 0,05                 | 2400 %    | No Detect.     | Baja                       |
| Plomo     | 0,03           | 0,2                  | 567 %     | 0,012          | Baja                       |

\* Se puede "restar" la concentración del cuerpo de agua receptor, si es el mismo en el que se realiza el vertimiento.

Para mayor detalle, en la Tabla 3 se muestra la evolución de todos los parámetros y límites aplicables al sector palmero en las diferentes versiones del proyecto de resolución, así como las propuestas específicas de modificación que presentó el sector en cada caso. En ella se señalan las que fueron acogidas por el MADS y las que no fueron aceptadas en cada caso.

Como se puede apreciar, la gestión permanente de Fedepalma, Cenipalma y las empresas palmeras ante el MADS, así como la presentación de información técnica del sector que justificara las propuestas de modificación sugeridas, permitió que los límites aplicables al sector, que fueron establecidos en la Resolución 0631 de 2015, sean más pertinentes para su proceso productivo y de mayor factibilidad de cumplimiento por parte de las empresas palmeras.





### 3. Retos para el sector palmero en la nueva reglamentación de vertimientos

Dicho lo anterior, ello no implica que las plantas de beneficio no se enfrenten a retos tecnológicos importantes para cumplir con estos nuevos parámetros y límites máximos permisibles en sus vertimientos.

En la Tabla 2 se muestra que la mediana de los datos de caracterización de vertimientos del sector se encuentra actualmente cerca o por encima del límite máximo permisible de los parámetros de  $DBO_5$ , DQO y cloruros. Ello implica que, seguramente, un buen número de plantas de beneficio requerirá hacer ajustes sustanciales en su estrategia o tecnología de manejo de aguas residuales para cumplir con los límites máximos permisibles de estos parámetros.

Adicionalmente, la Resolución 0631 de 2015 establece que los generadores de vertimientos deberán analizar y reportar la concentración de algunos contaminantes sobre los cuales no se fijó un límite máximo permisible (fenoles, nitrógeno y fósforo, entre otros, que aplican al sector palmero). Luego de cinco años de recolección y análisis de datos sobre estos parámetros, el MADS fijará límites máximos para ellos.

Lo anterior quiere decir que, en el mediano plazo, es posible que las plantas de beneficio tendrían que cumplir adicionalmente con límites máximos estrictos para nitrógeno y fósforo. Como referencia, los límites máximos permisibles de nitrógeno total y fósforo total que el MADS había incluido en la versión de noviembre de 2013 (última versión en la que estableció límites específicos para estos parámetros antes de requerir únicamente su análisis y reporte) eran: 30 mg/l para nitrógeno y 5 mg/l para fósforo. Estos valores son significativamente inferiores que la mediana de los datos del sector: 270 mg/l y 35 mg/l, respectivamente.

En síntesis, los límites máximos permisibles que supondrían un mayor reto para las plantas de beneficio de aceite de palma son:

- $DBO_5$
- DQO
- Nitrógeno total (N), en cinco años podría tener un límite de difícil cumplimiento
- Fósforo total (P), en cinco años podría tener un límite de difícil cumplimiento

Adicionalmente, cabe anotar que:

- Los sistemas de tratamiento del sector no están diseñados para los eventuales requerimientos de remoción de nutrientes (nitrógeno y fósforo), y requerirán ajustes, modernización o complementos para cumplir los límites de DBO<sub>5</sub> y DQO.
- Es necesaria una reconversión tecnológica en el sector para el tratamiento o aprovechamiento de efluentes de cara a esta nueva normativa.
- Esta es una oportunidad para cambiar paradigmas: pasar del tratamiento de efluentes a su aprovechamiento integral, bajo una visión de cero vertimientos.

Esto, probablemente, tomará tiempo, por lo que es crucial que las plantas de beneficio se acojan al periodo de transición de la nueva normativa. Por ello, es importante llamar la atención sobre la fecha de entrada en vigencia de la Resolución 0631 de 2015 y su periodo de transición.

### 3.1 Vigencia de la Resolución 0631 de 2015

Tal como lo establece el artículo 21 de la Resolución 0631 de 2015, *su entrada en vigencia será a partir del 1° de enero de 2016*. Esto significa que hasta tal fecha, seguirán vigentes los parámetros y límites aplicables al sector palmero establecidos en el Decreto 1594 de 1984.

Esta resolución tiene una particularidad y es que *su fecha de publicación (marzo 17 de 2015) no coincide con su fecha de entrada en vigencia (enero 1° de 2016)*.

### 3.2 Periodo de transición de la Resolución 0631 de 2015

El artículo 19 de la Resolución 0631 de 2015 estableció que *se aplicará el régimen de transición establecido en el artículo 77 del Decreto 3930 de 2010, modificado por el artículo 7 del Decreto 4728 de 2010 o el que lo modifique o sustituya*.

A continuación se transcribe dicho artículo (resaltado propio):

**Decreto 4728 de 2010. Artículo 7.** Régimen de transición para la aplicación de las normas de vertimiento.

1. Los generadores de vertimiento que **a la entrada en vigencia de las normas de vertimiento** a que hace referencia el artículo 28 del presente decreto, tengan permiso de vertimiento vigente expedido con base en el Decreto 1594 de 1984 y estuvieren cumpliendo con los términos, condiciones

y obligaciones establecidos en el mismo, **deberán dar cumplimiento a las nuevas normas de vertimiento, dentro de los dos (2) años, contados a partir de la fecha de publicación de la respectiva resolución.**

En caso de optar por un Plan de Reconversión a Tecnología Limpia en Gestión de Vertimientos, el plazo de que trata el presente numeral se ampliará en tres (3) años.

- Los generadores de vertimiento que **a la entrada en vigencia de las normas de vertimiento** a que hace referencia el artículo 28 del presente decreto, tengan permiso de vertimiento vigente expedido con base en el Decreto 1594 de 1984 y no estuvieren cumpliendo con los términos, condiciones y obligaciones establecidos en el mismo, **deberán dar cumplimiento a las nuevas normas de vertimiento, dentro de los dieciocho (18) meses, contados a partir de la fecha de publicación de la respectiva resolución.**

En caso de optar por un Plan de Reconversión a Tecnología Limpia en Gestión de Vertimientos, el plazo de que trata el presente numeral se ampliará en dos (2) años.

Teniendo en cuenta lo anterior, vale la pena hacer las siguientes precisiones (Figura 3):

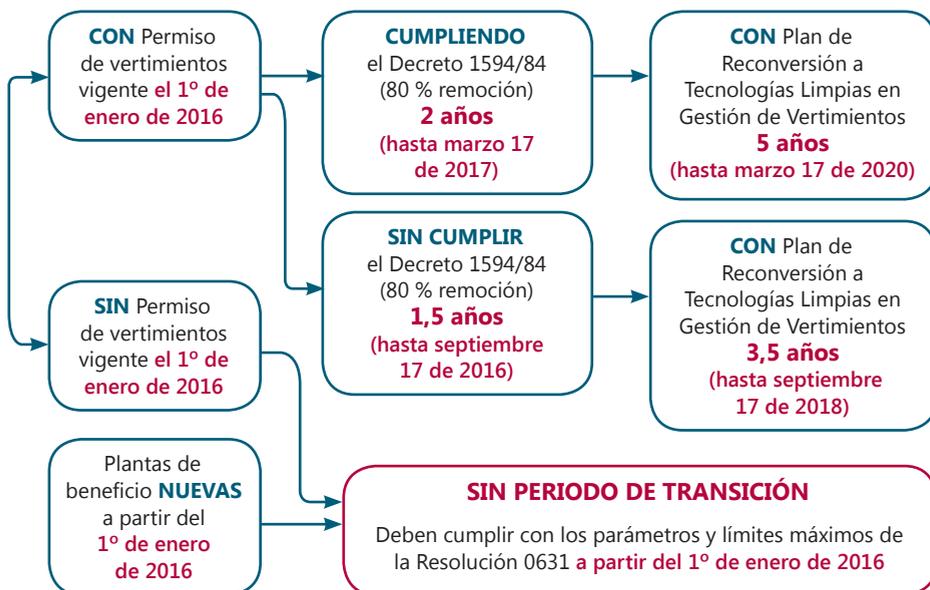


Figura 3. Periodo de transición de la Resolución 0631 de 2015 de vertimientos puntuales a cuerpos de agua.

- **El periodo de transición de la Resolución 0631 de 2015 inició el pasado 17 de marzo de 2015.** Esto debido a que el inicio del periodo de transición corresponde con la fecha de publicación de la nueva resolución y no con la de entrada en vigencia.
- **El periodo de transición aplicará únicamente para aquellas empresas que tengan permiso de vertimientos vigente el 1º de enero de 2016** (es decir, en el momento de entrada en vigencia de la nueva resolución).
- Aquellas empresas podrán **incrementar significativamente su periodo de transición (hasta cinco años) con un Plan de Reconversión a Tecnología Limpia en Gestión de Vertimientos (PRTLGV)** aprobado por la autoridad ambiental.
- **El plazo para radicar los PRTLGV ante la autoridad ambiental vence el 17 de marzo de 2016.** Esto debido a que los generadores de vertimientos cuentan con un año a partir de la fecha de publicación de la resolución para presentar estos planes ante la autoridad ambiental (artículo 64, Decreto 3930 de 2010).
- **El objetivo, alcance y contenido de los PRTLGV se encuentra en los artículos 61, 62 y 63 del Decreto 3930 de 2010.**

Teniendo en cuenta lo anterior, las empresas palmeras con plantas de beneficio deberían seguir los siguientes **pasos inmediatos, con el fin de acogerse al periodo de transición de la nueva reglamentación de vertimientos:**

1. Solicitar la expedición o renovación del permiso de vertimientos, para el caso de las empresas que no lo tengan vigente.
2. Elaborar los Planes de Reconversión a Tecnología Limpia en Gestión de Vertimientos y radicarlos ante la autoridad ambiental antes del vencimiento del plazo, con el fin de ampliar el periodo de transición aplicable a la empresa.
3. Hacer mediciones de todos los parámetros aplicables al sector, con el fin de identificar tempranamente las medidas necesarias para poner a punto los sistemas de tratamiento de aguas residuales, acorde a las exigencias de la nueva resolución.



**Foto:** La Cabaña.  
Villegas, 2011.



A landscape photograph showing a water canal in the foreground, bordered by lush green vegetation. In the background, there is a dense grove of palm trees under a sky with scattered clouds. The overall scene is a rural agricultural setting.

**Parte II. Memorias del Taller Nacional  
de Alternativas Tecnológicas para  
el Cumplimiento de la Nueva  
Reglamentación de Vertimientos en el  
Sector Palmero**

# Agradecimientos

Fedepalma y Cenipalma, como realizadores del Taller Nacional Alternativas tecnológicas para el cumplimiento de la nueva reglamentación de vertimientos en el sector palmero, agradecen en primer lugar a todos los ponentes y asistentes, pues con sus presentaciones, propuestas, reflexiones, preguntas y discusión se logró cumplir su objetivo.

La idea original de llevar a cabo este taller surgió del Área Ambiental de Fedepalma, la cual hace parte de su Unidad de Planeación Sectorial y Desarrollo Sostenible. Uno de los objetivos de dicha área es promover un adecuado cumplimiento de la normatividad ambiental en las empresas del sector palmero, y este taller fue concebido para brindar más y mejores herramientas a las plantas de beneficio de aceite de palma para cumplir con la nueva reglamentación de vertimientos que estaba en ese momento en discusión, mediante alternativas que pudieran también generar valor agregado al negocio.

La conceptualización del taller, sus secciones y temáticas específicas estuvo a cargo de Juan Carlos Espinosa, Líder Ambiental de Fedepalma; Jesús Alberto García Núñez, Coordinador del Programa de Procesamiento de Cenipalma; Edna Katherin Ibarra León, Analista Ambiental de Fedepalma; y Christie Daza Aragón, Jefe de Servicios Energéticos y Ambientales de Fedepalma.

Su organización y la identificación y contacto con proveedores de servicios ambientales estuvo a cargo de Christie Daza Aragón, Jefe de Servicios Energéticos y Ambientales de Fedepalma, con el apoyo de las ingenieras ambientales July Camacho Correa y Yuly Beltrán Buitrago, a quienes agradecemos por el esfuerzo y las horas de dedicación para que este evento hubiera sido posible.

La logística del taller fue organizada por la Oficina de Eventos de Fedepalma-Cenipalma. Agradecemos de manera especial a María Carolina Guzmán Fajardo y a Cindy Rodríguez Martínez por todo su apoyo y dedicación para cada detalle del taller.

Por último, la publicación de estas memorias no hubiera sido posible sin la ayuda de Yolanda Moreno Muñoz, Responsable de Publicaciones de Fedepalma-Cenipalma; y Esteban Mantilla, Analista de Publicaciones de Fedepalma-Cenipalma, para quienes también tenemos un agradecimiento especial.

## Parte II. Memorias del Taller Nacional de Alternativas Tecnológicas para el Cumplimiento de la Nueva Reglamentación de Vertimientos en el Sector Palmero

Como ya se mencionó, el taller fue llevado a cabo en abril de 2014, cuando no había sido expedida aún la Resolución 0631 de 2015 que estableció los límites máximos permisibles de concentración de contaminantes en los vertimientos a cuerpos de agua.

Sin embargo, las temáticas tratadas en el taller, y en especial las tres rutas tecnológicas presentadas para el manejo integral de aguas residuales en las plantas de beneficio del sector palmero, siguen siendo pertinentes para atender los retos de la nueva reglamentación de vertimientos para la agroindustria palmera en Colombia.

En el capítulo 4 se presenta una breve explicación de los antecedentes y justificación que condujo a la realización del taller. En el capítulo 5, los aspectos más relevantes de la primera sesión del taller sobre aspectos normativos y experiencias exitosas en el manejo y aprovechamiento de aguas residuales. Por último, en el capítulo 6 se reseñan los principales aspectos tratados en la segunda sesión del taller sobre las tres rutas tecnológicas de manejo integral de aguas residuales en plantas de beneficio.

### 4. Antecedentes y justificación del taller

A principios de 2014, la versión más reciente del proyecto de resolución de vertimientos puntuales era la de noviembre de 2013. Dicha versión tenía límites más estrictos que los finalmente incluidos en la Resolución 0631 de 2015 para los siguientes parámetros aplicables al sector palmero:

- DBO<sub>5</sub> 400 mg/l
- DQO 800 mg/l
- HTP 5 mg/l
- Fósforo total 5 mg/l
- Nitrógeno total 30 mg/l

Hasta ese momento, los estudios de caracterización de vertimientos de las plantas de beneficio que había contratado Fedepalma y los registros históricos de muestreos realizados por las plantas de beneficio mostraban que las empresas palmeras requerirían de importantes esfuerzos y la adopción de nuevos procesos y tecnologías para cumplir con los estándares que se proponían para la nueva reglamentación, en especial los de  $DBO_5$ , DQO, nitrógeno total y fósforo total.

Por esa razón, Fedepalma consideró de suma importancia que los empresarios palmeros con planta de beneficio conocieran de manera anticipada las rutas tecnológicas y alternativas para el cumplimiento de la nueva normativa de vertimientos antes de su expedición. Esta fue la principal motivación para realizar el *Taller Nacional de Alternativas Tecnológicas para el Cumplimiento de la Nueva Reglamentación de Vertimientos en el Sector Palmero*.

Si bien los límites máximos permisibles para  $DBO_5$  y para DQO que finalmente quedaron incluidos en la Resolución 0631 de 2015 son menos estrictos que los que se habían propuesto en la versión de noviembre de 2013 del proyecto de reglamentación, y que en dicha resolución no se incluyeron límites máximos para fósforo total y nitrógeno total, estos cuatro parámetros siguen siendo los principales retos del sector palmero para cumplir la nueva reglamentación de vertimientos en el corto y mediano plazo, como ya se mostró en el capítulo 3 de este documento.

En tal sentido, la motivación original para la realización del taller sigue siendo válida y sus resultados, pertinentes para el sector palmero.

## **5. Sesión 1. Introducción y aspectos regulatorios**

El objetivo de esta primera sesión fue contextualizar a los asistentes acerca de:

- i. El marco regulatorio aplicable al sector palmero en relación con el uso del agua y la gestión de vertimientos
- ii. El proceso de formulación de la nueva reglamentación de vertimientos puntuales
- iii. La gestión adelantada por Fedepalma en los espacios de consulta y discusión de este proyecto de reglamentación
- iv. La visión de las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) frente al manejo adecuado y aprovechamiento de aguas residuales en sectores productivos.

Para ello, esta sesión se dividió en dos módulos y cuatro presentaciones, como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Módulos y presentaciones de la Sesión 1 del Taller.

| Presentación  | Expositor / Entidad  |
|---|--|
| <b>Módulo 1. Marco legal del uso de agua y vertimientos</b>   |  |
| 1. Antecedentes, contexto y retos de la nueva reglamentación de vertimientos para el sector palmero | Juan Carlos Espinosa<br>Líder Ambiental, Fedepalma                 |
| <b>Módulo 2. Casos exitosos regionales en gestión integral de vertimientos</b>                      |  |
| 2. Caso C.I. Tequendama en el manejo de efluentes   | Eliana Álvarez<br>Corpamag   |
| 3. El cultivo de palma y el proceso de extracción de aceite en el Cesar                             | Alex José Ospino Sarmiento<br>Coordinador PML y RESPEL, Corpocesar |
| 4. Casos exitosos en cero vertimientos  | Oliverio León Bejarano<br>Profesional Universitario, Cormacarena   |

## 5.1 Módulo 1. Marco legal de uso de agua y vertimientos

### 5.1.1 Antecedentes, contexto y retos de la nueva normativa de vertimientos para el sector palmero

Ing. Juan Carlos Espinosa Camacho, *MSc.*  
Líder Ambiental, Fedepalma

Esta presentación fue actualizada y complementada para reflejar los cambios recientes en el marco regulatorio sobre el recurso hídrico y la gestión de vertimientos, y en especial lo relativo a la Resolución 0631 de 2015, que sirvió de base para elaborar la Parte I de esta publicación.



Presentación de Juan Carlos Espinosa, Líder Ambiental de Fedepalma. Foto: Edna Katherin Ibarra.

## 5.2 Módulo 2. Casos exitosos regionales en gestión integral de vertimientos

### 5.2.1 Experiencias exitosas en manejo de efluentes en el departamento del Magdalena, Caso C.I. Tequendama S.A.S.

Eliana Álvarez

Corporación Autónoma Regional del Magdalena (Corpamag)

En esta primera presentación de casos exitosos en el manejo de aguas residuales, Eliana Álvarez, de Corpamag, mostró la experiencia de la planta de beneficio de C.I. Tequendama S.A.S. Con la implementación del Proyecto Sombrilla MDL, esta planta ha logrado minimizar la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), mejorar la calidad de sus vertimientos y reducir los olores en el sistema (Figura 4).



Figura 4. Laguna carpada para la captura de metano en la planta de C.I. Tequendama S.A.S.

La presentación incluyó una descripción de la funcionalidad de las fases del sistema de tratamiento de aguas residuales (pretratamiento, primarias, secundarias y terciarias), con el objeto de remover un alto porcentaje de carga orgánica en el efluente y cumplir con lo establecido en el Decreto 1594 de 1984.

Así mismo, explicó que los sólidos generados logran estabilizarse convirtiéndose en abono orgánico (Figura 5), y mostró el aumento que se ha obtenido en los últimos años en los porcentajes de remoción de contaminantes ( $DBO_5$ , DQO, sólidos suspendidos totales, y grasas y aceites).



**Figura 5.** Generación de compost usando biomasa sólida del proceso de extracción de aceite en C.I. Tequendama S.A.S.

Al final de la presentación, la funcionaria de Corpamag señaló que el sistema de tratamiento de aguas residuales implementado en C.I. Tequendama no solo ha permitido cumplir con la actual reglamentación ambiental y generar energía a partir de la captura del metano, sino que permite un aprovechamiento de los efluentes en el cultivo.

Para la Corporación, este tipo de alternativas no solo contribuye a reducir el uso de fertilizantes químicos en el suelo, sino que reduce el volumen de vertimientos (y la contaminación) en los cuerpos de agua superficiales.

### **5.2.2 El cultivo de palma y el proceso de extracción de aceite en el Cesar**

Ing. Alex José Ospino Sarmiento  
Coordinador de Producción Más Limpia y Residuos Peligrosos,  
Corpocesar

El ingeniero Ospino presentó los avances que ha tenido el sector palmero en la implementación de prácticas de producción más limpia y manejo de residuos en el departamento del Cesar durante la última década.

Comentó que hace algunos años, la práctica más común era la disposición de grandes cantidades de raquis en campo sin un aprovechamiento adecuado en el cultivo. Por su contenido de aceite, este apilamiento de raquis podía generar contaminación al suelo y a los cuerpos de agua.



Figura 6. Impermeabilización de lagunas y proyecto de compostaje en una empresa palmera del Cesar.

Actualmente, se evidencia un uso más racional de este subproducto en las plantaciones y en muchos casos las empresas ya han implementado proyectos de compostaje (Figura 6), lo que mejora el manejo ambiental de este subproducto e inclusive permite utilizar parte de los efluentes en la preparación del compost.

Entre las perspectivas de trabajo de Corpocesar con el sector palmero, el ingeniero Ospino enfatizó la promoción de la producción más limpia como una estrategia para mejorar la competitividad de la agroindustria y controlar mejor sus potenciales impactos ambientales.

Para ello, la Corporación buscará que las empresas palmeras actualicen sus Planes de Manejo Ambiental, en los cuales se dará suma importancia a la gestión integral de los efluentes. Estos Planes de Manejo y los programas de Producción Más Limpia podrán articularse con las acciones que las empresas están implementando en el marco de la certificación de la Mesa Redonda de Aceite de Palma Sostenible (RSPO, por su sigla en inglés), iniciativa que es altamente apreciada por la Corporación.

### 5.2.3 Casos exitosos de cero vertimientos en el Meta

Ing. Oliverio León Bejarano  
Profesional Universitario, Cormacarena

En su presentación, el ingeniero León presentó dos casos exitosos de manejo adecuado de efluentes tendientes a cero vertimientos en el departamento del Meta.

El primer caso mostró cómo una terminal aérea de fumigación agrícola había evitado la contaminación del suelo y cuerpos de agua con plaguicidas, mediante la implementación de buenas prácticas de manejo de aguas residuales.

El segundo caso es una iniciativa conjunta entre la petrolera Pacific Rubiales y una empresa palmera, para que la segunda utilice como agua de riego las aguas residuales tratadas resultantes del proceso de explotación de hidrocarburos. De esta manera, se evitaría la generación de vertimientos en el campo petrolero y el proyecto palmero reduciría su presión sobre los cuerpos de agua superficiales para suplir su demanda de agua.

Posteriormente, el ingeniero León presentó los avances en gestión ambiental de las empresas palmeras con planta de beneficio en el departamento del Meta, en el marco de la Mesa de Trabajo con Cormacarena (Figura 7).



Figura 7. Líneas temáticas de la Mesa de Trabajo Cormacarena con el sector palmero.

Primero mostró algunos ejemplos del inadecuado manejo y disposición de los efluentes y subproductos del proceso (raquis, cenizas) que tenían las empresas palmeras, lo cual generaba posibles afectaciones y contaminación al suelo y los cuerpos de agua.

Luego evidenció algunas alternativas de manejo que las empresas han implementado para prevenir o mitigar estos impactos, tales como:

- La construcción de celdas impermeabilizadas para el almacenamiento de algunos subproductos y residuos

- Proyectos de compostaje
- adecuada separación y almacenamiento de residuos ordinarios y peligrosos
- Prensas de raquis
- Muros de contención para el control de derrames de hidrocarburos
- Impermeabilización de las lagunas del sistema de tratamiento de aguas residuales (STAR)

#### **5.2.4 Discusión: el reúso de aguas residuales tratadas en sistemas de riego**

En seguida, hubo una sesión de retroalimentación en la que varios asistentes le preguntaron a las autoridades ambientales sobre su posición en torno a la utilización de efluentes tratados en sistemas de riego.

Los representantes de las tres autoridades ambientales manifestaron que la utilización de efluentes tratados para sistemas de riego en cultivos de palma era una práctica aceptada por las Corporaciones, siempre y cuando:

- Los sistemas de riego se diseñaran de manera eficiente, para que así no hubiera riesgo de contaminación del suelo o los cuerpos de agua superficiales o subterráneos.
- Los efluentes tratados cumplieran los criterios de calidad del agua para uso agrícola establecidos en el Decreto 1594 de 1984, o en la reglamentación que lo modifique o sustituya. Como ya se mencionó en el capítulo 1, el reúso de aguas residuales tratadas en sistemas de riego está condicionado al cumplimiento de los criterios de calidad para uso agrícola establecidos en la Resolución 1207 de 2014.

## **6. Sesión 2. Rutas tecnológicas para el manejo integral de aguas residuales en plantas de beneficio**

Los objetivos de la segunda sesión del taller fueron:

- Proponer tres rutas tecnológicas para el manejo integral y aprovechamiento de aguas residuales en las plantas de beneficio del sector, de cara a la nueva reglamentación de vertimientos.
- Presentar alternativas concretas de manejo en cada una de estas rutas tecnológicas, con base en ejemplos prácticos de su implementación en el sector

palmero u otros sectores productivos, por parte de proveedores de servicios y tecnologías.

- Discutir los elementos clave que las empresas palmeras deberían tener en cuenta para escoger la alternativa o combinación de alternativas tecnológicas para el manejo y aprovechamiento de sus aguas residuales.

Para ello, esta sesión se dividió en tres módulos y 10 presentaciones, como se muestra en la Tabla 5:

**Tabla 5.** Módulos y presentaciones de la Sesión 2 del Taller.

| <b>Presentación</b>  | <b>Expositor/Entidad</b>  |
|--|---|
| <b>Introducción</b>  |   |
| 1. Rutas tecnológicas para el manejo de aguas residuales en una planta de beneficio  | Jesús Alberto García Núñez<br>Coordinador del Programa de Procesamiento Cenipalma   |
| <b>Módulo 1. Ruta de optimización de procesos y uso eficiente del agua</b>   |   |
| 2. Uso eficiente del consumo de agua en plantas de beneficio, Modelo para la medición del consumo                          | José Carlos Montero Vega<br>Líder del Área de Ingeniería Cenipalma                  |
| 3. Clarificación Dinámica con Tricanter  | Juan Sebastián Reyes Aristizábal<br>AIC Internacional S.A.S.                        |
| <b>Módulo 2. Ruta de sistemas complementarios de remoción de contaminantes</b>   |   |
| 4. Disminución de contaminantes en vertimientos de plantas de beneficio a través del uso de filtros de biocarbón de cuesco | Jesús Alberto García Núñez<br>Coordinador del Programa de Procesamiento Cenipalma   |
| 5. Tratamiento de aguas para efluentes del proceso de extracción de aceite de palma africana (SBR, MBBR, MBR)              | Diego Piñeros<br>EDOSPINA   |
| 6. Tecnologías para el tratamiento de efluentes de las plantas de beneficio de aceite de palma                             | Daniel Ascúntar Ríos<br>Universidad del Valle                                       |
| <b>Módulo 3. Ruta de reúso y aprovechamiento de efluentes</b>  |   |
| 7. Aprovechamiento de residuos y reciclaje de nutrientes de Aceites Manuelita S.A.   | Leonardo Millán<br>Gerente de Productividad y Medio Ambiente Aceites Manuelita S.A. |
| 8. Opciones de manejo de los efluentes de palma  | Philippe Conil<br>BIOTEC  |

Continuación Tabla 5. Módulos y presentaciones de la Sesión 2 del Taller.

| Presentación   | Expositor/Entidad  |
|--|--|
| 9. Compostaje en una planta de beneficio   | Jairo Iván Hoyos<br>Director de Planta- Entrepalmas S.A.S. |
| 10. Tratamiento de las aguas residuales de plantas de beneficio de aceite de palma y su reúso en sistemas de fertirriego en cultivos de palma africana | Yuval Dotan y Miguel Romo<br>Fertirriego Ltda.             |

## 6.1 Introducción. Rutas tecnológicas para el manejo de aguas residuales en una planta de beneficio

Ing. Jesús Alberto García Núñez, *MSc.*

Coordinador del Programa de Procesamiento de Cenipalma

La primera presentación de esta segunda sesión estuvo a cargo del ingeniero Jesús Alberto García Núñez, quien presentó las tres rutas tecnológicas principales para un manejo integral o aprovechamiento de aguas residuales en las plantas de beneficio, de cara al cumplimiento de la nueva reglamentación de vertimientos:

- 1. Optimización y uso eficiente del agua en la planta de beneficio:** esta primera ruta abarca las tecnologías y prácticas para optimizar el uso de agua en la planta de beneficio, resultando en un volumen menor de efluentes y/o en una menor carga contaminante. Entre estas tecnologías se cuenta el Tricanter. Esta primera ruta se muestra mediante los cajones grises de la Figura 8.
- 2. Sistemas complementarios de remoción de contaminantes:** esta segunda ruta contempla la instalación de sistemas complementarios de remoción de contaminantes dirigidos especialmente a reducir la concentración final de  $\text{DBO}_5$ , DQO, nitrógeno total y fósforo total en el efluente, hasta dar cumplimiento a los límites máximos establecidos en la reglamentación de vertimientos. En su presentación, el ingeniero García se refirió a los siguientes sistemas de remoción de contaminantes: reactor biológico de membranas (MBR), zeolitas, ósmosis inversa, filtros de biocarbón, coagulación/floculación, filtros y lodos activados (en los cajones y flechas azules de la Figura 8). Esta ruta permitiría también el ciclaje de nutrientes si se incorporan los nutrientes y materia orgánica de los efluentes a una matriz de biocarbón que después se llevaría al cultivo.

ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA MANEJO INTEGRAL DE EFLUENTES EN PLANTAS DE BENEFICIO

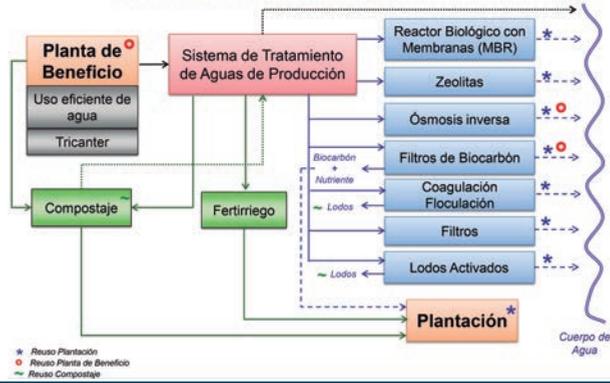


Figura 8. Rutas y alternativas tecnológicas para el manejo de efluentes en el sector palmero.

3. **Aprovechamiento de las aguas residuales con un enfoque de cero vertimientos:** esta tercera ruta busca alternativas que por sí solas o de manera complementaria permitan aprovechar las aguas residuales en un 100 % y de esa manera evitar la generación de vertimientos. Entre ellas se cuentan los sistemas de compostaje y de fertirrigación (cajones y flechas verdes en la Figura 8).

En su presentación, el ingeniero García recalcó que estas tres rutas no son excluyentes y que es posible que una planta de beneficio deba implementar acciones en más de una de ellas, para lograr un manejo integral de sus efluentes con valor agregado para el negocio y cumplir con la nueva normativa.

También manifestó que la Federación está promoviendo que las empresas del sector implementen estrategias de aprovechamiento integral de la biomasa. La tercera ruta tecnológica está en línea con esta estrategia.

## 6.2 Módulo 1. Ruta de optimización de procesos y uso eficiente del agua

Este módulo contó con dos presentaciones: una sobre la optimización de procesos para la reducción del consumo de agua y la generación de efluentes en las plantas de beneficio, a cargo del ingeniero José Carlos Montero Vega, Líder del Área de Ingeniería de Cenipalma, y otra sobre la tecnología del Tricanter, a cargo de la firma AIC Internacional.

### **6.2.1 Uso eficiente del consumo de agua en plantas de beneficio. Modelo para la medición del consumo**

Ing. José Carlos Montero Vega  
Líder del Área de Ingeniería de Cenipalma

En esta presentación, el ingeniero Montero anunció los avances recientes del programa de Procesamiento de Cenipalma en el desarrollo de un modelo para medir y monitorear el consumo de agua en una planta de beneficio, tendiente a optimizar el uso de este recurso en el proceso productivo.

El objetivo de este desarrollo es lograr un mayor equilibrio entre la producción de aceite y el consumo de agua, sin alterar la productividad del proceso pero evitando el desperdicio de agua. Como objetivos específicos del modelo, se plantearon los siguientes:

- Diagnosticar el consumo de agua en las plantas de beneficio del sector
- Identificar los puntos críticos de mayor consumo
- Identificar e implementar acciones de ahorro en el consumo de agua
- Diseñar e implementar sistemas de gestión del uso eficiente del agua, con base en indicadores

En seguida, el ingeniero Montero presentó los resultados obtenidos en un ejercicio con una planta piloto. Como primer paso, se realizó un diagnóstico en el que se midió el volumen de agua captado y el efectivamente consumido en los diferentes módulos de producción de la planta de beneficio. Así se identificaron los módulos y puntos de mayor consumo de agua y a partir de ello, se propusieron acciones de mejora con mayor potencial de reducción, según cada caso.

Para la planta piloto, específicamente, las acciones de mejora tuvieron un potencial de reducción de más de 40 % en el consumo de agua. Además, se cuantificó el potencial de reducción de costos que conllevaría la implementación de estas medidas de reducción en el consumo de agua.

Como conclusión, el ingeniero Montero planteó que existe un gran potencial para optimizar el consumo de agua en las plantas de beneficio del sector palmero. Sin embargo, para esto es importante fortalecer la cultura de la medición y la gestión con base en indicadores.

Con estos resultados, Cenipalma continuará desarrollando la metodología de medición de consumo de agua, para luego hacerla extensiva a las plantas de beneficio del sector.

*Nota: por tratarse de resultados preliminares y de una investigación en desarrollo, esta presentación de Cenipalma no está disponible en este documento.*

## 6.2.2 Clarificación dinámica con Tricanter

Ing. Juan Sebastián Reyes Aristizábal  
AIC Internacional S.A.S.

El ingeniero Reyes presentó la tecnología del Tricanter como alternativa para optimizar el consumo de agua en el proceso productivo y reducir la carga contaminante de sus aguas residuales (Figura 9).

Dado que el Tricanter puede ubicarse en diferentes puntos en el proceso productivo, la presentación incluyó una comparación de algunos parámetros y variables de operación según la ubicación utilizada (Figura 10).



Figura 9. Esquema de funcionamiento del Tricanter.

Flottweg Separation Technology

Comparativos

AIC INTERNACIONAL S.A.S.

|   | Ubicación de Tricanter® después de: |                              |                                  |
|---|-------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
|   | Clarificador                        | Licor de prensa              | Pre-Clarificador                 |
| Capacidad de proceso:                             | Alta                                | Baja                         | Alta                             |
| Velocidad de proceso:                             | 280 minutos                         | 13 minutos                   | 80 minutos                       |
| Pérdidas de aceite:                               | Menor a 0,45 % Aceite / RFF         | Menor a 0,45 % Aceite / RFF  | Menor a 0,45 % Aceite / RFF      |
| Calidad de aceite:                                | Estándar                            | Excelente                    | Óptima                           |
| Consumo de agua (sólo clarificación):             | Mayor a 400 Litros / Ton RFF        | Menor a 300 Litros / Ton RFF | Entre 300 y 350 Litros / Ton RFF |
| Consumo de energía (sólo centrifugación):         | 0,66 Kw / Ton RFF                   | 1 Kw / Ton RFF               | 0,66 Kw / Ton RFF                |
| Mano de obra:                                     | Operación manual de tanques         | Operación 100% Automática    | Operación semi-automática        |
| Mantenimiento:                                    | Alto                                | Mínimo                       | Intermedio                       |
| Tratamiento de efluentes (En descarga Tricanter®) | DQO. Aprox 35.000 ppm.              | DQO. Aprox 28.000 ppm.       | DQO. Aprox 35.000 ppm.           |

Figura 10. Comparación de diferentes parámetros según la ubicación del Tricanter

También incluyó una comparación entre la clarificación dinámica mediante el Tricanter y una clarificación convencional, incluyendo los costos de los equipos. Adicionalmente, algunos aspectos clave a tener en cuenta a la hora de seleccionar e instalar un Tricanter.

Como conclusión, el ingeniero Reyes argumentó que el uso del Tricanter puede reducir significativamente el consumo de agua y energía en el proceso, así como la carga contaminante de DQO y Sólidos Suspendidos Totales en el efluente. Sin embargo, es importante tener en cuenta varios criterios técnicos para definir si esta alternativa es pertinente para las condiciones de una planta de beneficio en particular. Cabe anotar que esta tecnología ya ha sido implementada en algunas plantas de beneficio del sector palmero.

## **6.3 Módulo 2. Ruta de sistemas complementarios de remoción de contaminantes**

El objetivo de este módulo fue presentar a los asistentes algunas de las tecnologías más comúnmente utilizadas en el sector palmero y algunas en desarrollo, para la remoción de aquellos contaminantes cuyos límites máximos de concentración se consideran de más difícil cumplimiento en la nueva reglamentación de vertimientos en el corto y mediano plazo:  $\text{DBO}_5$ , DQO, nitrógeno total y fósforo total.

Estas tecnologías, en la mayoría de los casos, no reemplazan los actuales sistemas de tratamiento de aguas residuales (STAR) de las plantas de beneficio, sino que deben implementarse de manera complementaria.

### **6.3.1 Disminución de contaminantes en vertimientos de plantas de beneficio a través del uso de filtros de biocarbón de cuesco**

Ing. Jesús Alberto García Núñez, *MSc.*

Coordinador del Programa de Procesamiento, Cenipalma

El ingeniero Jesús Alberto García presentó los resultados preliminares de la investigación que actualmente adelanta Cenipalma con el objetivo de valorar la eficiencia de remoción de contaminantes, con la ayuda de un sólido adsorbente producido a partir de biomasa, subproducto del proceso de extracción de aceite de palma. Esta investigación es realizada en colaboración con la Universidad Estatal de Washington en Estados Unidos.

En el marco de esta investigación se utiliza un filtro de biocarbón a partir del cuesco de palma. El biocarbón se obtiene luego de un pretratamiento de la biomasa y un proceso de pirólisis (degradación de la materia en ausencia de oxígeno).



Presentación de Jesús Alberto García Núñez, Coordinador del Programa de Procesamiento de Cenipalma. Foto: Edna Katherin Ibarra.

Los resultados preliminares muestran que este tipo de filtros pueden contribuir a la adsorción de DQO,  $\text{DBO}_5$ , nitrógeno total y fósforo total. En general, a mayor carga de biocarbón el porcentaje de remoción aumenta, aunque no todavía a los niveles requeridos por la nueva normativa de vertimientos.

En conclusión, esta ruta de investigación parece promisorio pero aún no se tenían resultados concluyentes que permitieran tener certeza sobre la eficacia de estos filtros para dar cumplimiento a la nueva reglamentación. Cenipalma continuará refinando la investigación, esperando obtener resultados positivos para el sector.

*Nota: por tratarse de resultados preliminares y de una investigación en desarrollo, la presentación de Cenipalma no está disponible en este documento.*

### **6.3.2 Tratamiento de aguas para efluentes del proceso de extracción de aceite de palma africana (SBR, MBBR, MBR)**

Ing. Diego Piñeros  
EDOSPINA

El ingeniero Piñeros inició con una introducción sobre EDOSPINA y su experiencia en el diseño y montaje de sistemas de tratamiento de aguas residuales en diversos sectores productivos. Luego de explicar las características del proceso de beneficio de aceite de palma, con énfasis en la generación de efluentes, mostró la propuesta de EDOSPINA para el sector palmero a la luz del nuevo proyecto reglamentario.

El proceso de tratamiento propuesto por EDOSPINA se divide en tres fases, posteriores a un pre-tratamiento (Figura 11).

## Proceso de tratamiento EDOSPINA

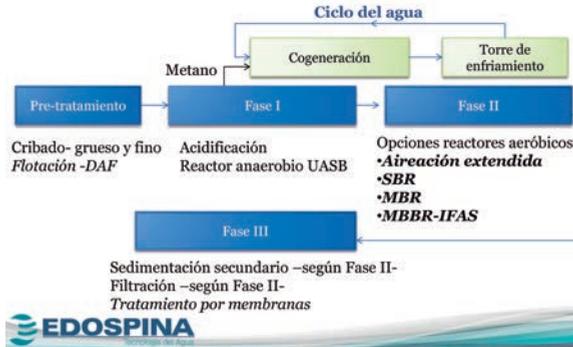


Figura 11. Proceso de tratamiento propuesto por EDOSPINA para el sector palmero.

La Fase I consiste en la implementación de reactores anaerobios UASB. Para la Fase II, el ingeniero Piñeros expuso cuatro alternativas de reactores aerobios:

1. Los sistemas de lodos activados / aireación extendida (Figura 12)
2. El reactor discontinuo secuencial (SBR, por su sigla en inglés)
3. El reactor de lecho móvil (MBBR, por su sigla en inglés)
4. Los biorreactores de membrana (MBR, por su sigla en inglés).



Figura 12. Sistema de lodos activados / aireación extendida de EDOSPINA.

Para la Fase III, comentó que podrían utilizarse alternativas complementarias de sedimentación, filtración o tratamientos con membranas, dependiendo de la opción implementada en la Fase II. Estas alternativas son de última tecnología y proporcionan altas capacidades de remoción de materia orgánica ( $DBO_5$ ), sólidos suspendidos (SST) y microorganismos.

### 6.3.3 Tecnologías para el tratamiento de efluentes de las plantas de beneficio de aceite de palma

Ing. Daniel Ascúntar Ríos, *MSc.*  
Universidad del Valle

El ingeniero Ascúntar inició su presentación con una mención del tipo de tecnologías más comúnmente utilizadas en el sector palmero para el tratamiento de efluentes, y sus limitaciones para cumplir con los requerimientos del proyecto de nueva resolución, en los parámetros de DQO, SST, nitrógeno total y fósforo total. Como alternativas para remover estos cuatro contaminantes, presentó las siguientes tecnologías:

- **Lagunas facultativas de alta tasa:** utilizadas en Gran Bretaña, son eficientes para la remoción de nutrientes (N y P) entre 50 y 95 %, y las algas utilizadas pueden usarse para la generación de biodiésel. Su principal limitante es el área requerida para las lagunas.



Presentación de Daniel Ascúntar Ríos de Univalle. Foto: Edna Katherin Ibarra.



Figura 13. Sistema de lodos activados / aireación extendida de EDOSPINA.

- **Reactor de lecho fluidizado y flujo ascendente (MAP):** desarrollados en Canadá, también son usados para remover y recuperar nitrógeno y fósforo en forma de estruvita (cristales para fertilización). Sus limitantes son su capacidad de remover nitrógeno y la dependencia de asesoría extranjera para el montaje (Figura 13).
- **Filtración por membranas:** para remover los contaminantes y cumplir con el proyecto de resolución, se requeriría de sistemas de ósmosis inversa, que permitirían recuperar hasta el 90 % del agua residual como agua limpia. Su principal limitante es el costo de montaje y operación.
- **Electrocoagulación:** estos sistemas tienen altas tasas de remoción de materia orgánica (DQO), aunque su costo de operación puede ser elevado en zonas donde la electricidad sea costosa.

Para finalizar, el ingeniero Ascúntar hizo las siguientes dos recomendaciones a las empresas palmeras a la hora de escoger el sistema de tratamiento a implementar para cumplir con la nueva reglamentación:

- **Optimizar los sistemas de tratamiento actuales, antes de proyectar fases adicionales de tratamiento.** Muchos de los sistemas de tratamiento actuales operan con eficiencias lejos de los rangos ideales, por lo que es

necesario optimizarlos para que los requerimientos de tratamiento adicional sean menores.

- **Implementar acciones de Producción Más Limpia en el proceso antes de proyectar fases adicionales de tratamiento.** Así como en la recomendación anterior, es importante mejorar la eficiencia en el uso de agua del proceso productivo para reducir la cantidad de efluente generado y su carga contaminante. De esta manera también serán menores los costos de sistemas adicionales de tratamiento.

## **6.4 Módulo 3. Ruta de reúso y aprovechamiento de efluentes**

El principal objetivo de este módulo fue presentar alternativas para el reúso y aprovechamiento de los efluentes, tales como el compostaje y el fertirriego. Esto con un doble propósito:

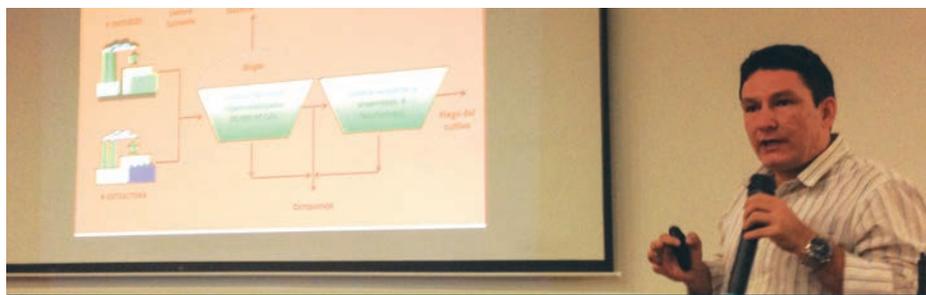
1. Aprovechar económicamente el contenido nutricional de las aguas residuales en el cultivo, en vez de desperdiciarlo en forma de vertimientos a cuerpos de agua.
2. Evitar la generación de vertimientos. Con ello no solo se mejoraría significativamente el desempeño ambiental de las plantas de beneficio (pues ya no generarían contaminación sobre los cuerpos de agua), sino que no les aplicaría la reglamentación de vertimientos, ni el pago de tasa retributiva.

Por último, se mostraron algunas evidencias de la implementación efectiva de estas alternativas en plantas de beneficio y plantaciones de palma de aceite en Colombia y otros países palmeros.

Cabe anotar que en julio de 2014 el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible expidió la Resolución 1207 de 2014, mediante la cual establece requerimientos específicos para el reúso de aguas residuales en actividades agrícolas e industriales. Uno de los principales requisitos para el reúso de aguas residuales tratadas en sistemas de riego es que cumplan con los criterios de calidad para uso agrícola establecidos en dicha resolución.

De esta manera, las alternativas de fertirrigación presentadas en este módulo del taller deberán cumplir con estos criterios de calidad para ser viables de implementar en el sector palmero.

### 6.4.1 Aprovechamiento de residuos y reciclaje de nutrientes de Aceites Manuelita S.A.



Presentación de Leonardo Millán de Aceites Manuelita S.A. Foto: Edna Katherin Ibarra.

Ing. Leonardo Millán

Gerente de Productividad y Medio Ambiente de Aceites Manuelita S.A.

En esta presentación, el ingeniero Millán describió la estrategia de aprovechamiento de residuos y reciclaje de nutrientes que está implementando Aceites Manuelita S.A. en el marco de su nuevo enfoque de sostenibilidad. Como antecedente, mencionó que la empresa se planteó la necesidad de un nuevo enfoque de sostenibilidad que respondiera a:

- La contaminación que estaba generando su actividad productiva
- La necesidad de mejorar la eficiencia del proceso e incrementar su productividad
- Un marco regulatorio cada vez más exigente
- Grupos de interés cada vez más informados
- La visión de ser una organización cada vez más responsable

Entre los aspectos del enfoque no sostenible que Aceites Manuelita tenía en 2011, resaltó la contaminación potencial e impactos ambientales derivados de sus emisiones atmosféricas, vertimientos a cuerpos de agua y residuos sólidos.

Posteriormente, describió los siguientes elementos de la primera fase de implementación de la estrategia de sostenibilidad en la planta de beneficio de Yaguarito en San Carlos de Guaroa (Figura 14):

- Construcción de dos digestores impermeabilizados, cada uno con capacidad de 20.000 m<sup>3</sup>



Figura 14. Esquema de aprovechamiento de biomasa líquida y sólida en la planta Yaguarito de Aceites Manuelita S.A.

- Carpado de ambos biodigestores para la captura del metano
- Instalación de un generador que funcione con biogás, para suplir de energía eléctrica a la planta de beneficio
- Implementación de un sistema de compostaje, para el aprovechamiento del 100 % de la biomasa sólida resultante del proceso de extracción de aceite.

Entre los beneficios económicos y ambientales de esta primera fase, resaltó los siguientes:

- La planta de beneficio será autosuficiente en energía eléctrica
- Se evitará el uso de más de 100.000 galones anuales de combustible diésel
- Se reemplazará el uso de alrededor de 10.000 MkwH de la red pública
- Se aprovechará prácticamente el 100 % de la tusa, cenizas, tierras filtrantes, sales de glicerina, carbón activado y lodos de fondo (resultantes de los procesos de extracción de aceite y producción de biodiésel de palma), con lo que se evitará la generación, transporte y disposición de residuos sólidos.

La segunda fase de la estrategia contemplará las siguientes actividades:

- Instalación de una nueva caldera
- Impermeabilización de las demás lagunas que actualmente hacen parte del sistema de tratamiento de aguas residuales
- Puesta en funcionamiento de la línea de dosificación de lodos en el compost

- Picado y prensado de tusas
- Implementación de un sistema de fertirrigación con efluentes tratados

Una vez esté en marcha esta segunda fase, Aceites Manuelita S.A. estará cerca de un sistema productivo con cero biomasa residual y cero vertimientos; el 100 % de los subproductos sólidos y líquidos del proceso estarán siendo aprovechados y generando valor económico al negocio. Adicionalmente, la reglamentación de vertimientos y la de tasa retributiva dejarían de ser aplicables a la empresa.

### 6.4.2 Opciones de manejo de los efluentes de palma

Ing. Philippe Conil  
BIOTEC

En su presentación, el ingeniero Philippe Conil mostró diferentes alternativas que tienen las plantas de beneficio para el manejo de sus efluentes, todas enmarcadas en una estrategia de manejo integral de la materia orgánica en la cual no se generan residuos sólidos o vertimientos.

Para el manejo de efluentes, describió las siguientes dos alternativas y mostró ejemplos de su implementación en plantas de beneficio por parte de BIOTEC (Figura 15):



Presentación de Philippe Conil de BIOTEC. Foto: Edna Katherin Ibarra.

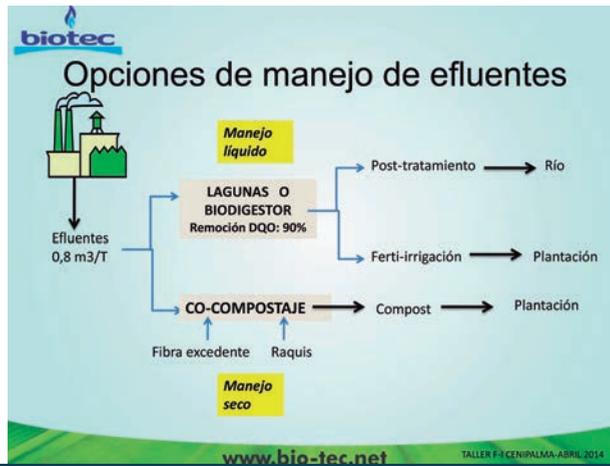


Figura 15. Alternativas de manejo de efluentes propuestas por BIOTEC.

- **Manejo líquido:** los efluentes pasan por un sistema de tratamiento con recuperación de metano para generación de energía y luego son usados para riego de cultivos (Figura 16).
- **Manejo sólido:** los efluentes son utilizados en proyectos de compostaje (Figura 17).

También explicó algunas cifras que las empresas pueden utilizar como parte de su matriz de decisiones para escoger entre una de estas dos alternativas.

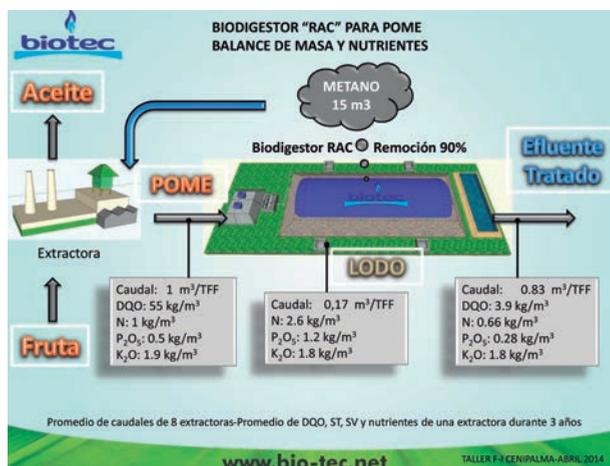


Figura 16. Alternativa de manejo líquido de efluentes propuesta por BIOTEC.

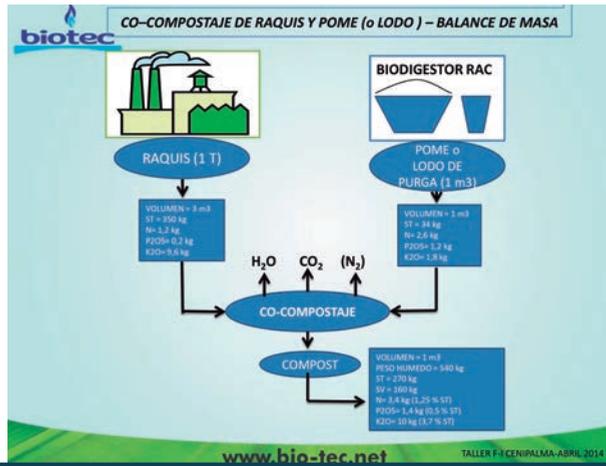


Figura 17. Alternativa de manejo sólido de efluentes propuesta por BIOTEC.

Posteriormente, el ingeniero Conil describió, de forma más detallada y gráfica, las siguientes soluciones tecnológicas de BIOTEC, incluyendo un estimado de inversión requerida:

- Captura de metano y cogeneración con biogás
- Compostaje con sistema de ventilación forzada y aspersión de efluentes
- Sistemas de fertirrigación con efluentes tratados (sistema FORLIM) (Figura 18)

Como conclusión, resaltó que si bien existen múltiples alternativas tecnológicas para el tratamiento de efluentes o su aprovechamiento hacia una visión de cero

**Fertilización líquida monitoreada Biotec**

Sistema de Bombas  
Hidrantes  
Red de tubería

www.bio-tec.net TALLER F1-CENIPALMA-ABRIL 2014

**BENEFICIOS**

- Permite evitar todo vertimiento a la cuenca
- Sustituye la fertilización química tradicional (aprox. US\$ 400 por hectárea por año)
- Aporta materia orgánica estabilizada al suelo.
- Contribuye al mejoramiento físico y biológico del suelo
- Existe trazabilidad y posibilidad de monitoreo on-line por parte de la Extractora

www.bio-tec.net TALLER F1-CENIPALMA-ABRIL 2014

Figura 18. Alternativa de manejo líquido de efluentes propuesta por BIOTEC.

vertimientos, no existe una receta única que le funcione a todas las plantas de beneficio de la misma manera. Cada planta deberá analizar la alternativa tecnológica que más se adecue a:

- La tecnología específica de su proceso productivo
- Sus condiciones y volúmenes de generación de biomasa y efluentes
- Su ubicación geográfica y distancia respecto a los cultivos de palma
- Las condiciones hídricas e hidráulicas de los cuerpos de agua y suelo en la zona
- Su presupuesto disponible para inversión
- Sus expectativas de retorno de la inversión

### 6.4.3 Compostaje en una planta de beneficio

Ing. Jairo Iván Hoyos  
Director de Planta- Entrepalmas S.A.S.

El ingeniero Jairo Iván Hoyos describió el proceso de compostaje que se ha implementado en Entrepalmas S.A.S. como una estrategia efectiva de aprovechamiento para los subproductos sólidos y líquidos de la planta de beneficio.

En cuanto a los subproductos sólidos, resaltó que es importante preparar la tusa, la cual se debe fracturar, prensar o picar, debido a que su consistencia es gruesa y conservarla entera complicaría el proceso de compostaje.



Presentación de Jairo Iván Hoyos de Entrepalmas S.A.S. Foto: Edna Katherin Ibarra.

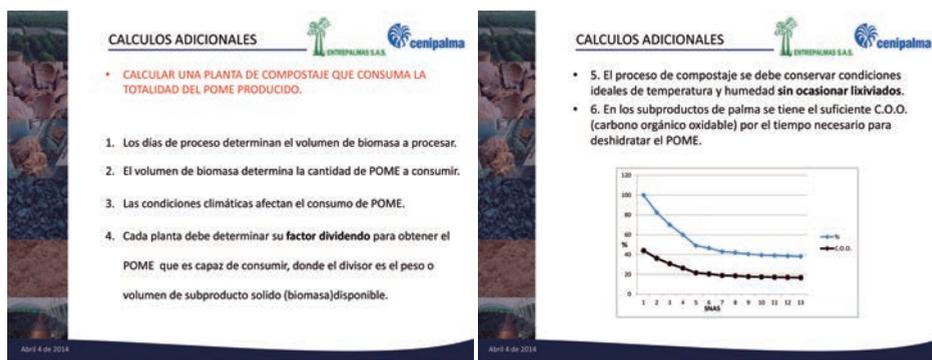


Figura 19. Cálculos para el diseño de un sistema de compostaje que utilice el 100 % de efluentes de una planta de beneficio.

Y en cuanto a los subproductos líquidos, explicó en detalle los cálculos iniciales y adicionales que es necesario realizar para el diseño e implementación de un proyecto de compostaje que sea capaz de utilizar el 100 % de los efluentes del proceso (Figura 19).

Por último, explicó las principales variables que deben tenerse en cuenta para un adecuado monitoreo de las condiciones de producción de compost.

Entre los beneficios que Entrepalmas ha percibido con su proyecto de compostaje se cuentan:

- Aporte de biomasa al suelo sin crear competencia por nutrientes a las raíces
- Reducción de costos por compra de insumos químicos
- Solución definitiva para la reglamentación de vertimientos, con este sistema se eliminan los vertimientos y dicha reglamentación ya no es aplicable a la planta de beneficio
- Facilita el manejo y aprovechamiento de la biomasa en campo

#### 6.4.4 Tratamiento de las aguas residuales de plantas de beneficio de aceite de palma y su reúso en sistemas de fertirriego en cultivos de palma africana

Ing. Yuval Dotan e Ing. Miguel Romo  
Fertirriego Ltda.

En esta presentación, la empresa Fertirriego Ltda. mostró diversas alternativas para el tratamiento o aprovechamiento de aguas residuales en el sector palme-

ro, basadas en la experiencia de Israel en el manejo de aguas residuales. Dado que gran parte de su área es desértica y sus niveles de pluviosidad son muy bajos, ese país viene desarrollando tecnologías para utilizar las aguas residuales tratadas en sistemas de riego desde la década de 1970.

En la primera sección, los expositores abordaron diversos aspectos de los sistemas de fertirriego, entre ellos:

- Comparación entre la uniformidad y la eficiencia de aplicación de diversos sistemas de riego
- Factores de éxito en la implementación de sistemas de fertirriego
- Modelaje de diferentes sistemas de riego para cultivos de palma, según las condiciones de humedad y salinidad del suelo (Figuras 20 y 21)

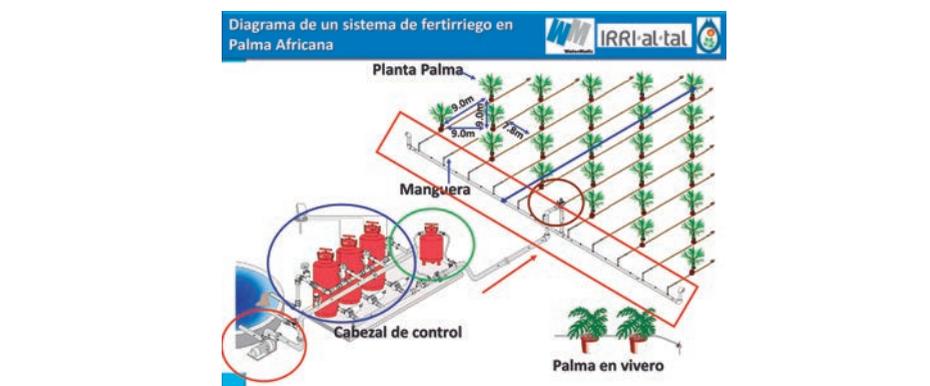


Figura 20. Diagrama de un sistema de fertirriego para palma de aceite.



Figura 21. Opciones de sistemas de aspersión para fertirriego de palma de aceite según la humedad y salinidad del suelo.

En la segunda sección, describieron tres alternativas de sistemas de digestores anaerobios de su empresa para el tratamiento de aguas residuales y mostraron casos de su implementación por parte de la empresa en diferentes sectores productivos:

1. **Velocidad de reacción baja:** lagunas anaerobias artificiales
2. **Velocidad de reacción media:** reactor de tanque con agitación continua
3. **Velocidad de reacción alta:** reactor anaerobio de lecho de lodo de flujo ascendente, reactor de lecho de lodo granular expandido



**Foto:** La Cabaña.  
Villegas, 2011.





### **Parte III. Conclusiones**

## Parte III. Conclusiones

Actualmente las plantas de beneficio del sector palmero se enfrentan a un contexto ambiental cambiante:

- Mayor vulnerabilidad a escasez hídrica en múltiples cuencas con cultivos de palma
- Marco regulatorio ambiental cada vez más estricto en relación con el recurso hídrico:
  - Mayores requerimientos para el otorgamientos de concesiones de agua
  - Requisitos y limitaciones más estrictas para el otorgamiento de permisos de vertimientos
  - Requerimiento de Planes de Ahorro y Uso Eficiente del Agua
  - Límites máximos permisibles de concentración de contaminantes en los vertimientos cada vez más rigurosos
- Altos costos de almacenamiento, transporte y manejo de subproductos sólidos y líquidos del proceso de extracción

En específico, la nueva reglamentación de vertimientos (Resolución 0631 de 2015) es significativamente más estricta que el Decreto 1594 de 1984, sobre todo en lo referido a carga orgánica (DQO y DBO<sub>5</sub>); además, es muy posible que a mediano plazo también imponga estrictos requerimientos en lo relativo a contenido de nutrientes (nitrógeno y fósforo).

En este documento se presentaron las tres rutas tecnológicas para el manejo integral de las aguas residuales en una planta de beneficio, que fueron discutidas en el Taller Nacional *Alternativas tecnológicas para el cumplimiento de la nueva reglamentación de vertimientos en el sector palmero*, realizado conjuntamente por Fedepalma y Cenipalma en abril de 2014:

1. **Optimización y uso eficiente del agua en la planta de beneficio:** esta primera ruta abarca las tecnologías y prácticas para optimizar el uso de agua en

la planta de beneficio, resultando en un volumen menor de efluentes y/o en una menor carga contaminante.

2. **Sistemas complementarios de remoción de contaminantes:** esta segunda ruta contempla la instalación de sistemas complementarios de remoción de contaminantes dirigidos especialmente a reducir la concentración final de  $\text{DBO}_5$ , DQO, nitrógeno total y fósforo total en el efluente, hasta dar cumplimiento a los límites máximos establecidos en la Resolución 0631 de 2015.
3. **Aprovechamiento de los efluentes para la generación de cero vertimientos:** esta tercera ruta busca alternativas que por sí solas o de manera complementaria permitan aprovechar los efluentes al 100 % y de esa manera evitar la generación de vertimientos. Entre ellas se cuentan los sistemas de compostaje y de fertirrigación.

En la mayoría de las plantas de beneficio, la mejor alternativa podría ser una combinación de dos o más de estas rutas.

En cada caso, será necesario analizar las características específicas del proceso productivo, sus necesidades de mejoramiento ambiental y cumplimiento normativo, sus posibilidades de inversión en el corto y mediano plazo, entre otros.

Desde una óptica de la gestión ambiental, **la primera ruta es de carácter proactivo**. El mejoramiento ambiental se logrará como resultado de una mayor eficiencia del proceso de beneficio, lo que redundará en:

- Menor vulnerabilidad a escasez hídrica, dado el menor consumo de agua
- Menores costos de operación asociados a la captación, pretratamiento y uso de agua
- Menor volumen de efluentes y, por consiguiente, menores costos de tratamiento

Sin embargo, con esta primera ruta no se logra evitar la generación de efluentes ni eliminar su carga contaminante; en otras palabras, esta ruta no es suficiente para dar cumplimiento a la reglamentación de vertimientos. Por ello, es necesario complementarla con las rutas 2 o 3.

**La segunda ruta es principalmente de carácter reactivo**. Se enfoca en medidas de control de la contaminación, en este caso de reducción de la concentración de contaminantes en las aguas residuales para poder verterlas en los cuerpos de agua cumpliendo con la normatividad ambiental vigente.

Teniendo en cuenta que la Resolución 0631 de 2015 es más estricta que el Decreto 1594 de 1984, muchas plantas de beneficio tendrán que modificar, complementar o reemplazar sus sistemas de tratamiento de aguas residuales para dar cumplimiento a las nuevas obligaciones.

En estos casos, las plantas de beneficio podrían buscar recuperar la inversión requerida para el montaje y operación de estos sistemas, mediante la captura del metano y la generación de energía a partir del biogás.

***La tercera ruta es de carácter más estratégico***, en tanto busca dar valor agregado a la biomasa líquida y sólida resultante del proceso de beneficio. De esta manera, la planta podría llegar a generar cero vertimientos y cero residuos de materia orgánica sólida; todos serían aprovechados en el cultivo o podrían venderse a terceros.

Así, las plantas de beneficio contribuirían a cerrar los ciclos de nutrientes, materia y energía del proceso, mejorando su desempeño ambiental y generando importantes ingresos adicionales.

## Referencias

Ley 1523 de 2012.

Decreto 1594 de 1984. Ministerio de Agricultura

Decreto 3930 de 2010. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

Decreto 1640 de 2012. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Resolución 1207 de 2014. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Resolución 0631 de 2015. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

MADS (2013). *Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. Bogotá.*

# Anexo 1. Proveedores de servicios y tecnologías para el manejo de aguas residuales

A continuación encontrarán información y datos de contacto de las firmas proveedoras de servicios y tecnologías para el manejo de aguas residuales en plantas de beneficio, bajo las tres rutas tecnológicas presentadas en este documento.

En primer lugar, se presenta la información relativa a los cinco proveedores que participaron como conferencistas en el taller; en segundo lugar, información de las firmas que participaron en la muestra comercial; y en tercer lugar, la información de otros proveedores que fueron identificados como potenciales proveedores de servicios para las plantas de beneficio del sector.

## Conferencistas

### AIC Internacional

**Tipo de tecnología** Tricanter (Flottweg)  
**Contacto** Guillermo Bernal, Juan Sebastiann Reyes  
**Correo electrónico** guillermoabernal@gmail.com - j.reyes@aic-internacional.com  
**Dirección** Calle 161 No. 16 A - 47  
**Ciudad/País** Bogotá, Colombia  
**Teléfono** (1) 474 7070 - 474 7111 - 318 717 1087  
**Página web** [www.flottweg.de/spain/centrifugas/tricanter/separacin-de-tres-fases.html](http://www.flottweg.de/spain/centrifugas/tricanter/separacin-de-tres-fases.html)

### Biotec

**Tipo de tecnología** Plantas de compostaje, fertirriego, biogás  
**Contacto** Aida Rosero  
**Correo electrónico** aida.rosero@bio-tec.net - philippe.conil@bio-tec.net  
**Dirección** Finca Yambo, km 3, La Buitrera  
**Ciudad/País** Cali, Colombia  
**Teléfono** (2) 325 9829 - 316 445 0878  
**Página web** [http://200.29.232.126/wordpress/?page\\_id=46](http://200.29.232.126/wordpress/?page_id=46)

### EDOESPINA

**Tipo de tecnología** Tratamiento de agua residual, lodos activados, MBR  
**Contacto** Darío González, Carolina Acosta  
**Correo electrónico** dgonzalez@edospina.com.co - aacosta@edospina.com.co  
**Dirección** Cra. 7 No. 24 - 89, piso 45  
**Ciudad/País** Bogotá, Colombia  
**Teléfono** (1) 286 1919 - 282 9393 Ext. 118, 139. 316 467 3223  
**Página web** [www.edospina.com/sistemasysolucionesdeagua.html](http://www.edospina.com/sistemasysolucionesdeagua.html)

**Fertirriego Ltda.**

Tipo de tecnología Fertirriego  
Contacto Miguel Romo  
Correo electrónico fertirriegoltda@gmail.com  
Ciudad/País Bogotá, Colombia  
Teléfono (1) 386 3826 - 320 306 4387

**Universidad del Valle**

Tipo de tecnología Tratamiento de aguas residuales  
Contacto Daniel Ascuntar  
Correo electrónico daniel0220@gmail.com  
Ciudad/País Cali, Colombia  
Teléfono 314 769 2813

## Participantes en la muestra comercial

**Aguacol. Aguas de Colombia Ltda.**

Tipo de tecnología MBR, biorreactor de membrana, lodos activados  
Contacto Laura Ferrans  
Correo electrónico ferrans.laura@aguacol.com  
Dirección Calle 14 A No. 123 - 60 Fontibón  
Ciudad/País Bogotá, Colombia  
Teléfono (1) 415 5868 - 421 1786 - 418 2870  
Página web [www.aguacol.com](http://www.aguacol.com)

**Alfa Laval**

Tipo de tecnología Tratamiento de agua residual  
Contacto Diana Erira  
Correo electrónico diana.erira@alfalaval.com  
Dirección Transversal 93 No. 53 - 48 Int. 70  
Ciudad/País Bogotá, Colombia  
Teléfono (1) 291 6330  
Página web <http://local.alfalaval.com/>

**Geodimensiones**

Tipo de tecnología Tratamiento de agua residual, flotación  
Contacto Ing. Alexander Hayala  
Correo electrónico geodimensiones@gmail.com  
Dirección Cra. 5 No. 45 - 30 Of. 602/6  
Ciudad/País Bogotá, Colombia  
Teléfono (1) 805 4705  
Página web <http://www.geodimensiones.com/#!contact/c2q4>

**Nanodecol**

Tipo de tecnología Tratamiento de agua residual  
Contacto Jorge Alberto Durán  
Correo electrónico jdurancabal1@gmail.com  
albertopatino@nanodecol.com  
Dirección Calle 127 No. 70 D - 55  
Ciudad/País Bogotá, Colombia  
Teléfono (1) 271 1211 - 467 7116 - 310 825 8041 - 311 600 6577  
Página web <http://nanodecol.com/>

### **SIMTECH LTDA/RWL Water Group**

**Tipo de tecnología** Osmosis inversa, ultrafiltración, microfiltración, reuso de agua  
**Contacto** Edgar Martín Sarmiento  
**Correo electrónico** MSarmiento@rwlwater.com  
**Dirección** Calle 103 No. 14 A-53 Of. 202  
**Ciudad/País** Bogotá - Santiago de Chile  
**Teléfono** (1) 691 8806 - 691 7607 - 310 277 6859  
**Página web** <http://www.simtech.cl/index.php/plantas-de-osmosis-inversa>

### **Tecca (Compañía operadora del agua)**

**Tipo de tecnología** Tratamiento de aguas residuales  
**Contacto** Didier Velásquez, Natalia Porras  
**Correo electrónico** didier.velasquez@tecca.com.co - natalia.porras@tecca.com.co  
**Dirección** Calle 110 No. 9 - 25 Of. 501  
**Ciudad/País** Bogotá, Colombia  
**Teléfono** (1) 745 6600 Ext. 119 - 301 209 5828  
**Página web** <http://www.tecca.com.co/>

### **Valrex**

**Tipo de tecnología** MBR, reuso, lodos activados, tratamiento de agua residuales, aliado  
**Contacto** José Fernando Guevara, Carlos Restrepo  
**Correo electrónico** fguevara.valrex@gmail.com - carlos.restrepo@valrex.net  
**Dirección** Cra. 69 R No. 78 - 36  
**Ciudad/País** Bogotá, Colombia  
**Teléfono** (1) 311 1109 Ext. 1025 - 320 211 0848 - 310 209 8139  
**Página web** <http://www.valrex.net/>

### **Xylem**

**Tipo de tecnología** MBR, tratamiento de agua residual, biológico, ozono, filtración  
**Contacto** Raul Junca  
**Correo electrónico** raul.junca@xyleminc.com  
**Dirección** Cra. 85 D No. 46 A - 65 Bodega 18  
**Ciudad/País** Bogotá, Colombia  
**Teléfono** (1) 410 3281 Etx. 104  
**Página web** <http://www.xylemwatersolutions.com/scs/colombia/es-co/Productos/Tratamientos%20de%20agua/Paginas/default.aspx>

## Otros proveedores potenciales

| Empresa                         | Tipo de tecnología   | Correo electrónico                                 | Ciudad/ País            | Teléfono                           | Página web  |
|---------------------------------|--|--|-------------------------|------------------------------------|---|
| <b>Agro arpus</b>               | Fertirriego  | ventas@acrocarpus.com                              | Mexico                  | (722) 199 5841                     |   |
| <b>Agro meat - Dinant</b>       | Compostaje, fertirriego, cogeneración de energía eléctrica biomásica | ambiente@dinant.com                                | Varios países           | (504) 2239 8032                    | <a href="http://www.agromeat.com/15649/compost-humificado-proceso-rentable-y-amigable-con-el-ambiente-usando-residuos-de-la-produccion-de-aceite-de-palma-africana">http://www.agromeat.com/15649/compost-humificado-proceso-rentable-y-amigable-con-el-ambiente-usando-residuos-de-la-produccion-de-aceite-de-palma-africana</a> |
| <b>Agronegocios de Colombia</b> | Tratamiento de agua residual   | ventas@agronegociosdecolombia.com                  | Florencia, Caqueta      |                                    | <a href="http://www.agronegociosdecolombia.com/tratamiento%20de%20aguas%20residuales.html#">http://www.agronegociosdecolombia.com/tratamiento%20de%20aguas%20residuales.html#</a>   |
| <b>Aguatec S.A.S</b>            | Ósmosis inversa  | comercial2@aguattec.com.co, info@aguattec.com.co   | Medellín                | (4) 444 0213                       | <a href="http://www.aguatec.com.co/">http://www.aguatec.com.co/</a>   |
| <b>Ahidra, agua y energía</b>   | Eliminación de nitrógeno   | fportela@ibscordoba.com.ar, info@ibscordoba.com.ar | Buenos Aires, Argentina | (011) 4765 6786<br>(011) 4519 3449 |   |
| <b>Ambiente Orgánico</b>        | Compostaje   | contacto@ambienteorganico.com                      | Medellín                | 313 718 5583<br>311 733 9990       | <a href="http://www.ambienteorganico.com/#">http://www.ambienteorganico.com/#</a>   |
| <b>AMPAC USA</b>                | Ósmosis inversa  |  | USA                     |                                    | <a href="http://www.ampac1.com/">http://www.ampac1.com/</a>   |
| <b>AquaColombia</b>             | Tratamiento de agua residual   | aqua_colombia@yahoo.es                             | Bogotá                  | (1) 310 8046                       | <a href="http://aqua colombia.com/plantas.html">http://aqua colombia.com/plantas.html</a>   |
| <b>Aquaoriente</b>              | Tratamiento de agua residual, lodos activados                        | comercialbog@aquaooriente.com                      | Bogotá, varios países   | (1) 704 9499<br>310 345 1220       | <a href="http://www.aquaooriente.com/productos.html">http://www.aquaooriente.com/productos.html</a>   |
| <b>Aquapul</b>                  | Biodigestores  | aquapul@gmail.com                                  | Medellín                | (4) 441 5155                       | <a href="http://www.aquapufsa.com">www.aquapufsa.com</a>  |
| <b>Aquara</b>                   | Microfiltración, ósmosis inversa                                     | info@aquara.com.pe                                 | Perú                    | (51) 1274 1138                     | <a href="http://www.aquara.com.pe/osmosis-inversa.php">http://www.aquara.com.pe/osmosis-inversa.php</a>   |
| <b>ASV ingeniería</b>           | Tratamiento de agua residual   | lfsierra68@gmail.com, asvingenieria@gmail.com      | Bogotá                  | (1) 269 0450<br>310 752 4446       |   |
| <b>Biogas clean</b>             | Biogás   | ct@biogasclean.com, ct@biogasclean.com             | Dinamarca               | (+45) 6617 2177                    | <a href="http://www.biogasclean.com/es/">http://www.biogasclean.com/es/</a>   |

| Empresa                                 | Tipo de tecnología   | Correo electrónico   | Ciudad/ País        | Teléfono                                     | Página web  |
|---|--|--|---------------------|--|---|
| <b>Biogeocol</b>                        | Tratamiento de agua residual   | contacto@biogeocol.com, rodrigoduc@yahoo.com   | Bogotá              | (1) 462 7096<br>316 394 4787                 | <a href="http://biogeocol.com/tratamiento-de-aguas/">http://biogeocol.com/tratamiento-de-aguas/</a>   |
| <b>Biotecs</b>                          | Reuso, MBR, lodos activados. Tratamiento de residuos líquidos industriales | opaez@biotecs.com.co - tcarranza@biotecs.com.co - gpena@biotecs.com.co   | Bogotá              | (1) 691 9218<br>691 9219                     | <a href="http://www.biotecs.com.br/_es/servicios_es.html">http://www.biotecs.com.br/_es/servicios_es.html</a>   |
| <b>Cicico Ltda.</b>                     | Tratamiento de agua residual   | cicico@cicicoltda.com  | Bucaramanga         | (7) 645 6287                                 | <a href="http://cicicoltda.com/">http://cicicoltda.com/</a>   |
| <b>Cinara - Facultad de Ingeniería</b>  | MBR  | carlos.a.madera@correounivalle.edu.co / cinarauv@correounivalle.edu.co / H.Garcia@unesco-ihe.org/janeth.sanabria@correounivalle.edu.co | Cali                | (2) 339 3289<br>339 2345<br>317 636 9546     | <a href="http://cinara.univalle.edu.co/">http://cinara.univalle.edu.co/</a>   |
| <b>Compostamex</b>                      | Compostaje   | informacion@compostamex.com-david.escalera@compostamex.com   | México              | (33) 3669 3519<br>(33) 3968 1201             | <a href="http://www.compostamex.com/">http://www.compostamex.com/</a>   |
| <b>DBO Ingeniería Ltda.</b>             | Tratamiento de agua residual   | dboing@une.net.co, ventas@dboingenieria.com  | Yumbo               | (2) 664 1808<br>316 521 4174<br>316 521 4174 | <a href="http://www.dboingenieria.com/servicio.html">http://www.dboingenieria.com/servicio.html</a>   |
| <b>DisAmbiental</b>                     | Biodigestores, geomembranas, lagunas                                       | info@disambiental.com.co, disambientald@gmail.com  | Medellín            | (4) 216 2619<br>227 0894<br>312 291 8470     | <a href="http://www.disambiental.com.co">www.disambiental.com.co</a>  |
| <b>Dober Osmotech de Colombia Ltda.</b> | Ósmosis inversa  | doberostec@hotmail.com   | Cali                | (2) 665 3668<br>666 1715<br>665 4142         | <a href="http://doberostec.blogspot.com/">http://doberostec.blogspot.com/</a>   |
| <b>Dorjee Sun</b>                       | Compostaje   | dorjee@carbonagro.com  |                     |  |   |
| <b>Ecolo Systems Colombia</b>           | Tratamiento de agua residual   | jnougues@ecolo-systems.com   | Bogotá              | (1)315 842 0784<br>811 9873                  | <a href="http://www.solamco.com/ecolo-systemcol/Ep/">http://www.solamco.com/ecolo-systemcol/Ep/</a>   |
| <b>Eduardoño S.A.</b>                   | Sistemas de tratamiento de agua residual                                   | cgomez@eduardono.com   | Bogotá              | (1) 678 0019<br>313 759 0558                 | <a href="http://www.eduardono.com/site/Ambiental/Sistemas-detratamientodeaguaresidual.aspx">http://www.eduardono.com/site/Ambiental/Sistemas-detratamientodeaguaresidual.aspx</a> |
| <b>Energreencol S.A.S.</b>              | Biogás   | jose.arrieta@energreencol.com  | Cartagena, Colombia | (5) 5669 9220                                |   |

| Empresa  | Tipo de tecnología                            | Correo electrónico                        | Ciudad/ País             | Teléfono  | Página web  |
|--|---|---|--------------------------|---|---|
| <b>Ferroin S.A.S.</b>                            | Tratamiento de agua residual                  | coordinadorsgi@ferroin.com                | Palmira, Valle del Cauca | (2) 272 6312<br>301 501 6204<br>318 629 8477    | <a href="http://www.ferroin.com/home.html">http://www.ferroin.com/home.html</a>   |
| <b>Fertifosfatos Ltda.</b>                       | Fertirriego                                   | fertifosfatosltda@hotmail.com             | Bogotá                   | (1) 228 6016<br>228 8737<br>573 315<br>893 3515 | <a href="http://www.mercagano.com/Anuncios/insumos/fertilizantes-para-cultivos-por-sistemas-de-riego-fertirriego-bogota-colombia-513.htm">http://www.mercagano.com/Anuncios/insumos/fertilizantes-para-cultivos-por-sistemas-de-riego-fertirriego-bogota-colombia-513.htm</a> |
| <b>Fertitec S.A.</b>                             | Fertirriego                                   | fertitec@infoweb.com.pe                   | Perú                     | 446 6785  |   |
| <b>FICIT</b>                                     |   | felix.illescasc@ficit.it / ficit@ficit.it | Vicenza, Italia          | (39) 0445<br>446263                             | <a href="http://www.ficit.it/contactar.php">http://www.ficit.it/contactar.php</a>   |
| <b>Geomembranas</b>                              | Biodigestores, geomembranas                   |   | Chía, Cota               | 884 4461<br>310 343 6744                        | <a href="http://geomembranas.com.co/">http://geomembranas.com.co/</a>   |
| <b>hidrocorp Ltda.</b>                           | Ósmosis inversa, tratamiento de agua residual | info@hidrocorp.com.co                     | Tocancipá                | (1) 8574888<br>313 808 7936                     | <a href="http://www.hidrocorp.com.co/potables.html">http://www.hidrocorp.com.co/potables.html</a>   |
| <b>HTF-I</b>                                     | Ósmosis inversa filtración por membrana       | ventas2@htfi.com.co                       | Bogotá                   | (1) 450 5671<br>403 2215/16                     | <a href="http://www.htfi.com.co/">http://www.htfi.com.co/</a>   |
| <b>Ibicol</b>                                    | Compostaje, venden equipos                    | mbarinas@ibicol.com.co                    | Bogotá                   | (1)530 3406<br>235 3511                         |   |
| <b>Ingetecsa</b>                                 | Tratamiento de agua residual                  | ingetecsasas@gmail.com                    | Bogotá                   | (1) 703 1113                                    | <a href="http://www.ingetecsacol.com/planta2.html">http://www.ingetecsacol.com/planta2.html</a>   |
| <b>Maser</b>                                     | Compostaje                                    | maser@maser.com.co                        | Cali                     | (2)514 2945<br>318 274 6576                     | <a href="http://www.maser.com.co/">http://www.maser.com.co/</a>   |
| <b>N Y F</b>                                     | Tratamiento de agua residual                  | info@nyfdecolombia.com                    | Barranquilla             | (5) 379 9595<br>372 2555                        | <a href="http://www.nyfdecolombia.com/plantas-aguas-residuales.html">http://www.nyfdecolombia.com/plantas-aguas-residuales.html</a>   |
| <b>PAF</b>                                       | Ósmosis inversa, MBR                          | ethell_manriquepaf@ltda.com               | Bogotá                   | 611 1805<br>Etx. 214                            | <a href="http://www.pafitda.com/contactenos">http://www.pafitda.com/contactenos</a>   |
| <b>PGS (Pipeline Gauge Services Engineering)</b> | Tratamiento de agua residual                  | gerenciacomercial@pgs.com.co              | Bucaramanga              | (7) 7690 1811<br>619 2846<br>314 411 1608       |   |

| Empresa                  | Tipo de tecnología  | Correo electrónico  | Ciudad/<br>País      | Teléfono   | Página web  |
|--------------------------|---|---|----------------------|--|---|
| <b>Proefil</b>           | Desinfección y tratamiento de agua residual                           |   | México               | 52 (33) 3121 4020  |   |
| <b>PTAS</b>              | Tratamiento de agua residual  | comercial2@ptasltda.com, produccion@ptasltda.com                  | Bogotá               | (1) 238 2417   | <a href="http://www.ptasltda.com/residual.html">http://www.ptasltda.com/residual.html</a>   |
| <b>Ramguz</b>            | Intercambio iónico, ósmosis inversa, ultrafiltración, microfiltración | lbustos@ramguz.com.co, gerencia@ramguz.com.co                     | Bogotá               | (1) 309 9333<br>Ext. 101<br>301 216 2287<br>311 214 8334 | <a href="http://www.ramguz.com/ramguz.html">http://www.ramguz.com/ramguz.html</a>   |
| <b>Reverdecer</b>        | Tratamiento de agua residual  | ejecutivodecuenta@fundacionreverdecer.com, manuelmunoz12@yahoo.es | Medellín             | (4) 218 1673<br>239 0011<br>316 367 0528<br>313 657 0305 | <a href="http://www.fundacionreverdecer.com/sitio/contenidos_mo_carrito.php?it=497">http://www.fundacionreverdecer.com/sitio/contenidos_mo_carrito.php?it=497</a>   |
| <b>Tecnoaguas S.A.S.</b> | Ósmosis inversa, u otro tratamiento de agua residual                  | ingeambiental03@tecnoaguas.com.co                                 | Medellín             | (4) 448 8032<br>412 3641<br>412 9430                     | <a href="http://www.tecnoaguas.com.co/index.php/productos/linea-industrial/osmosis-inversa/osmosis-industrial">http://www.tecnoaguas.com.co/index.php/productos/linea-industrial/osmosis-inversa/osmosis-industrial</a> |
| <b>Totagua</b>           | Depuradores y reutilización de aguas                                  | info@totagua.com  | España,<br>Tarragona | 977 81 7054<br>977 56 0824                               | <a href="http://www.totagua.com/depuradoras-industriales.html">http://www.totagua.com/depuradoras-industriales.html</a>   |
| <b>Wata</b>              | Sistemas de tratamiento de aguas residuales                           |   | Envigado             | (4) 334 8352   | <a href="http://www.watacia.com/Aguas-residuales.html">http://www.watacia.com/Aguas-residuales.html</a>   |



**Publicación cofinanciada por**  
Fedepalma-Fondo de Fomento Palmero

**Coordinación editorial**  
Yolanda Moreno Muñoz  
Esteban Mantilla

**Diseño y diagramación**  
Ximena Diaz Ortiz

**Fotos**  
Villegas, 2011.

**Impresión**  
Javegraf

**ISBN:** 978-958-8616-66-7

Bogotá, D.C.-Colombia  
Mayo de 2015

*“Los datos y la información inicial en la que se basa SISPA; así como su recolección, tratamiento, circulación, utilización y demás aplicaciones y derivadas, han sido debidamente autorizados por los respectivos titulares, teniendo en cuenta que en sí mismos No se consideran obras susceptibles de ser protegidas por el Derecho de Autor. Sin perjuicio de ello, dada la forma como los datos y la información en general recogida y obtenida ha sido seleccionada, dispuesta y presentada, la BASE DE DATOS SISPA SE CONSIDERA UNA COMPILACIÓN O COLECCIÓN Y, POR TANTO, UNA OBRA ORIGINAL PROTEGIDA POR EL DERECHO DE AUTOR. En consecuencia, cualquier uso que explícita y previamente NO HAYA SIDO AUTORIZADO, SE ENTENDERÁ EXPRESAMENTE PROHIBIDO; luego, cualquier aplicación, intromisión, consulta, aprovechamiento, alteración, y demás alternativas de explotación, administración, disfrute o disposición se encuentran PROSCRITAS y su vulneración conllevará las sanciones civiles y penales correspondientes”.*

Federación Nacional de Cultivadores  
de Palma de Aceite, Fedepalma

Carrera 10A N° 69A - 44 | PBX: (1) 313 86 00  
[www.fedepalma.org](http://www.fedepalma.org) | Bogotá, D.C., Colombia

