

# Impacto ambiental asociado a cultivo de palma, extracción de aceite de palma y producción de biodiesel

*Environmental impact associated with palm cultivation, palm oil extraction and biodiesel production*

Juliette Alexandra Mahecha Neira<sup>a</sup>

## RESUMEN

La producción y uso de biocombustibles es, desde hace algunas décadas, una alternativa sostenible para reducir la dependencia al uso de combustibles de origen fósil aplicado para sectores como el transporte o la aviación. El objetivo de este artículo es comparar dos metodologías de evaluación de impacto ambiental por métodos directos. La información para construir la matriz de impacto es derivada de una revisión bibliográfica previa sobre impacto al componente hidrosférico, atmosférico, geoesférico, social asociado a cultivos energéticos como el de palma de aceite y su posterior transformación para producción y uso de biocombustibles. El diseño metodológico se basa en la síntesis de información de dicha revisión y a partir de ella, definir subprocesos de la etapa de cultivo, beneficio de aceite crudo de palma y producción de biodiesel, de esta forma identificar factores y aspectos ambientales asociados y establecer sus impactos. Se evidencia que, en mayor porcentaje, la etapa de cultivo para ambos métodos, la intensidad o repercusión del impacto es de muy alta –alta y severa– crítica, calificación e importancia ambiental, lo que indica que la producción y uso de biodiesel derivados de aceite de palma no es completamente sostenible y debe abordarse desde una visión integral.

**PALABRAS CLAVE:** Valoración; Impacto ambiental; Bio-combustible; Agroindustria.

## ABSTRACT

The production and use of biofuels has been, for some decades, a sustainable alternative to reduce dependence on the use of fossil fuels applied to sectors such as transport or aviation. The objective of this article is to compare two environmental impact assessment methodologies by direct methods. The information to build the impact matrix is derived from a previous bibliographical review on the impact of the hydrospheric, atmospheric, geospheric, and social components associated with energy crops such as oil palm and their subsequent transformation for production and use of biofuels. The methodological design is based on the synthesis of information from said review and from it, define sub-processes of the cultivation stage, processing of crude palm oil and biodiesel production, thus identifying factors and associated environmental aspects and establishing their possible impacts. It is evident that, in a higher percentage, the cultivation stage for both methods, the intensity or repercussion of the impact is very high – high and severe– critical qualification and environmental importance, which indicates that the production and use of biodiesel derived from oil of palm is not completely sustainable and must be approached from a comprehensive vision.

**KEYWORDS:** Assessment; Environmental Impact; Bio-fuel; Agroindustry.

<sup>a</sup> Universidad ECCI Vicerrectoría de investigación, Bogotá, Colombia. ORCID Mahecha, J A: 0000-0001-7093-7374  
mahecha.juliette@ecc.edu.co

Recepción: 27 de marzo de 2023. Aceptación: 09 de noviembre de 2023

## Introducción

A nivel mundial, el incremento de monocultivos como el de palma de aceite es inminente, debido a los altos rendimientos de producción de aceite de palma crudo que dependen de diversos criterios (diferenciando a cada territorio), por lo que autores como Mosquera (2022) compara el contexto internacional con el caso colombiano donde,

Las cifras de producción del aceite de palma crudo (APC) a nivel mundial indican que en el Sudeste Asiático se produce el 88 % del total. Específicamente, en 2020, Indonesia produjo 44.1 millones de toneladas de APC; Malasia, 18.6 millones; y Tailandia, 2.6 millones. Por su parte, Colombia participó con 1.6 millones, lo que equivale a poco menos de 2 % de la producción mundial (p. 92).

El costo por tonelada de aceite de palma crudo, para el caso de Colombia, resulta ser más costoso a diferencia de los grandes productores mundiales ya que, el establecimiento de una plantación, el manejo del cultivo, la cosecha y proceso de extracción no posee una infraestructura de transporte nacional adecuada adicional a las largas distancias entre los cultivos, las plantas de beneficio y los puertos. Esto trae consigo no solo un impacto económico para la agroindustria colombiana, sino un impacto ambiental representativo en cada subproceso de la cadena de valor.

Colombia, es el cuarto productor de aceite de palma del mundo y el primero de América. Sus cultivos “abarcen 122 municipios y 19 departamentos en toda la nación. Para el año 2019 se habían identificado 516 961 hectáreas sembradas, 430 884 hectáreas de producción y 86 077 hectáreas de desarrollo, ubicados en la región Caribe, Catatumbo, Santander, Orinoquia, Andes centro y Tumaco” (Sierra, 2019) como se citó en (Jaimes et al., 2023).

Algunos autores, como Sierra (2019), manifiestan que la siembra de palma de aceite en Colombia se hace en tierra cultivable y no en reservas forestales, como si sucede en países como Malasia e Indonesia, donde la expansión de estos monocultivos sucedió en zonas de bosque. La siembra de palma de aceite en el país ha tomado tierras de ganadería en su mayoría. Pero otros autores describen que la siembra de palma de aceite tomo tierra adicional donde se desconocen los detalles de esa transición de usos de

suelo pero que, por experiencias anteriores, es probable que se hayan reemplazado pastizales, tierras de cultivo y vegetación natural y que parte del área sembrada de palma en el suroccidente colombiano antes, eran áreas que solían ser bosques (Díaz, 2019). Entretanto, la región oriental de Colombia representa gran interés para la agroindustria, dada su baja elevación, terreno relativamente plano y una mezcla favorable entre pastos y sabana. Este panorama se agudiza, ya que la región de los llanos orientales es rica en sabanas y humedales, arbustos, bosque de galería y otros tipos de ecosistemas naturales que la convierten en una de las regiones más importantes para la biodiversidad en Colombia y América del Sur (Alfonso, 2022). Lo que ha llevado a la presión continua de los componentes ambientales y sus interacciones por intentar mantener el equilibrio.

Para el caso de América Latina y el Caribe, la producción de aceite de palma se convierte en un mercado atractivo por los climas tropicales de la región. Sin embargo, esto puede verse afectado por regulaciones implementadas por la Unión Europea, las cuales buscan salvaguardar los bosques para detener el uso de la tierra con otros fines. El objetivo principal es contribuir a las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la acción por el cambio climático (López y López, 2020). En Latinoamérica, el cultivo de palma de aceite representa la degradación de recursos, no solo por la intensificación agrícola, sino porque esa degradación representa un conflicto por usos de la tierra, disponibilidad y calidad de agua y suelo, acceso a energía y conflicto social.

Para el caso de la extracción del aceite de palma, que es materia prima para la producción de biodiesel, el aceite crudo es mezclado con alcohol y un catalizador que, por lo general, es hidróxido de potasio o sodio. En Colombia, la mezcla se usa con un 12 % de biocombustible y 88 % de diésel puro. El proceso de extracción del aceite genera aguas residuales con alto contenido de materia orgánica, y ese aceite que ya ha sido refinado queda listo para la producción de biodiesel, que puede obtenerse a través de rutas como la transesterificación (Ramírez y Rodríguez, 2019).

El panorama del impacto ambiental en la producción de biodiesel no es tan diferente a lo que sucede

con el cultivo de palma y la producción de aceite crudo, ya que este tipo de biocombustible surge de la necesidad de reducir la dependencia del uso de combustibles fósiles en sectores como el transporte y la aviación. La producción de biodiesel derivado de aceite de palma, cuyo cultivo ofrece beneficios económicos y, dependiendo del cambio del uso del suelo, aumenta la biodiversidad y mejora la calidad edáfica (Torres et al., 2020).

Desde el establecimiento de los cultivos de palma de aceite, la producción de aceite de palma y la producción de biodiesel viene la cadena continua que incrementa la magnitud y la permanencia de los impactos ambientales. Un ejemplo de ello es el desbalance en la captura de carbono asociado al stock del suelo, lo que depende del tipo de cambio en el uso de la tierra, donde se involucran bosques, selvas y tierras agrícolas lo que contribuye a que se incremente el efecto invernadero antropogénico (Torres et al., 2020).

Bajo ese precedente se realiza una revisión bibliográfica del impacto ambiental a diferentes componentes ambientales y sociales a través de la búsqueda de diferentes productos de investigación, como artículos científicos, tesis, memorias de eventos, reportes, etc., relacionados a los temas en mención, clasificados por temática para la organización de la información. Y para lograr tener un consolidado de los impactos ambientales en cada etapa del proceso, en paralelo se definen dos metodologías de evaluación de impacto ambiental, las cuales son herramientas esenciales para evaluar y gestionar los impactos ambientales de diferente tipología de proyectos como la construcción, el diseño y operación de PTAR, proyectos agroindustriales, proyectos mineros, entre otros.

Para hacer este tipo de evaluaciones del impacto ambiental asociado a cada etapa, se tenía la opción de usar métodos cualitativos como por ejemplo el método de Leopold, que es útil para hacer análisis descriptivo de los impactos generados. Pero la mejor forma de hacer una evaluación es través de métodos cuantitativos, ya que estos son usados para estimar el alcance y la magnitud de los impactos más significativos, y determinar dónde se deben tomar medidas de manejo ambiental (Cachaya et al., 2023). Uno de esos métodos cuantitativos utilizado es el

desarrollado por Empresas Públicas de Medellín (EPM), y el otro es Conesa Simplificado; ambos corresponden al grupo de métodos directos de evaluación los cuales requieren primero, identificar factores y aspectos ambientales generados tras el desarrollo de procesos o actividades para finalmente definir los impactos ambientales asociados que deben ser evaluados individualmente para determinar su significancia o importancia (Sánchez, 2017) citado por (Acosta, 2017). Por ello, el objetivo del artículo es comparar importancia y significancia de impactos ambientales generados en cultivo de palma, producción de aceite crudo de palma y producción de biodiesel por métodos directos de evaluación de impacto ambiental.

## **Metodología**

El insumo para elaborar la matriz de impacto ambiental es una revisión bibliográfica sobre cambio climático, impacto al agua, a la atmósfera y al suelo por establecimiento de monocultivos de palma de aceite, que es materia prima para producción de biodiesel. Se determinan etapas, procesos y subprocesos y, a partir de ello, se define el sistema y componente ambiental asociado. Conforme a cada uno de ellos, se identifican los factores e impactos ambientales que permitirán evaluar el impacto ambiental.

Se hace la evaluación de impacto ambiental a través del método EPM, que:

Fue desarrollado por la Unidad Planeación Recursos Naturales de las Empresas Públicas de Medellín en el año 1986, especialmente para proyectos hidroeléctricos. Pero se utiliza para otro tipo de proyectos con resultados favorables. Por su trayectoria y rigor técnico, este método ha sido aprobado por las autoridades ambientales colombianas y por entidades internacionales como el Banco Mundial y el BID (Martínez, 2020). Es, además, un método que facilita el análisis y los argumentos comparativos y puede ser usado con varios niveles de información, permitiendo modificaciones.

Se complementa la matriz de evaluación de impacto ambiental por método EPM, con el método directo Conesa Simplificado, al cual “se le puede asignar la importancia (I) a cada impacto ambiental posible de la ejecución de un proyecto en todas y

cada una de sus etapas. Dicha Metodología pertenece a Vicente Conesa Fernández-Vitora (1997)” (Aguilar, 2019). Esta matriz utiliza una calificación numérica de los diferentes impactos ambientales contra ciertos factores y aspectos ambientales lo que permiten calcular el grado de afectación (Castrillón y Carrillo, 2021).

Para ambas metodologías se definen las siguientes etapas:

Etapas de cultivo en la cual se hace el establecimiento y desarrollo del cultivo de palma de aceite que será base fundamental para el rendimiento óptimo de producción. Los subprocesos asociados a esta etapa son:

- § Adecuación de tierras
- § Establecimiento de cobertura protectora
- § Establecimiento de previveros y viveros
- § Siembra
- § Cultivo
- § Plateo
- § Poda
- § Fertilización y control de plagas
- § Cosecha o recolección de racimos de fruta fresca (RFF)
- § Renovación de plantaciones

En la etapa de ‘beneficio’, también llamada ‘producción’, de aceite crudo de palma, se desarrollan actividades desde la recepción del fruto hasta la separación del aceite crudo, por lo cual se definen los siguientes subprocesos:

- § Recepción del fruto
- § Esterilización
- § Desfrutamiento
- § Digestión
- § Presado
- § Clarificado
- § Purificación
- § Almacenamiento
- § Centrifugado
- § Desfibración y trituración
- § Palmistería

En dicha tapa de producción de biodiesel se consideran los siguientes subprocesos:

- § Recolección y transporte de materia prima
- § Pretratamiento
- § Refinado
- § Transesterificación

La segunda parte de la metodología consiste en la identificación de los sistemas (biótico, abiótico o antrópico). Es a partir de estos sistemas que se definen los componentes ambientales, dentro de los cuales están:

- § Hidrosférico
- § Atmosférico
- § Geosférico
- § Acústico
- § Residuos peligrosos
- § Energía
- § Paisaje
- § Condiciones extremas
- § Flora terrestre
- § Fauna terrestre
- § Microbiota acuática
- § Socio- económico
- § Político

Una vez se definen los componentes ambientales para cada sistema, se establecen los factores y aspectos ambientales asociados al subproceso. Con ello se le da paso a la tercera parte, que es la evaluación de los impactos que se lleva a cabo con los criterios o factores de calificación de cada metodología.

## Metodología de evaluación de impacto ambiental EPM

Esta metodología es aplicable a todo tipo de proyectos y al ser aprobada por autoridades ambientales colombianas y entes internacionales. Es un método mixto que permite una comprensión ágil y de fácil, no es absoluto e inmodificable.

Para la evaluación de los impactos se propone una expresión o índice denominado “calificación ambiental” (Ca), siendo el resultado de cinco criterios

o factores característicos de cada impacto, por ello Acosta (2017), define los criterios de evaluación, así:

- § Clase €: Define el sentido del cambio ambiental producido por una determinada acción del proyecto. Puede ser Positiva (P o +) o Negativa (N o -), dependiendo de si mejora o degrada el ambiente actual o futuro.
- § Presencia (P): Califica la probabilidad de que el impacto pueda darse. Se expresa como un porcentaje de la probabilidad de ocurrencia.
- § Duración (D): Evalúa el período de existencia activa del impacto, desde el momento que se empiezan a manifestar sus consecuencias, hasta que duren los efectos sobre el factor ambiental considerado. Este criterio se expresa en función del tiempo de permanencia o tiempo de vida del impacto
- § Evolución €: Evalúa la velocidad de desarrollo del impacto, desde que aparece o se inicia hasta que se hace presente plenamente con todas sus consecuencias; se califica de acuerdo con la relación entre la magnitud máxima alcanzada por el impacto y la variable tiempo.
- § Magnitud (M): Califica la dimensión o tamaño del cambio sufrido en el factor ambiental analizado por causa de una acción del proyecto. Este criterio se expresa en términos del porcentaje de afectación o modificación del factor.

La ‘calificación ambiental’ es la expresión de la interacción o acción conjugada de los criterios o factores que caracterizan los impactos ambientales. Los desarrolladores del método definen a la calificación ambiental como la representación de la acción resultante de los criterios que fueron valorados y reflejan la gravedad o el grado de afectación esperado<sup>1</sup> (Martínez, 2020).

$$Ca = C(P * (P \times (a \times E \times M) + (b \times D))),$$

donde

Ca= Calificación ambiental (varía entre 0.1 y 10.0)

<sup>1</sup> Los desarrolladores del método EPM definen las atribuciones a la calificación ambiental con respecto a criterios mencionados en la Tabla 1

C= Clase

P= Presencia

E= Evolución

M= Magnitud

D= Duración

a y b: Factores de ponderación (a= 7.0 y b= 3.0)

## Metodología de evaluación de impacto ambiental Conesa Simplificado

Esta metodología resulta ser compleja y de gran extensión lo cual implica mayores tiempos de trabajo para el procesamiento y análisis de los datos. En la Tabla 2 se presentan las 11 categorías o criterios de evaluación.

El cálculo de la importancia del impacto ambiental (I) se da a través de la siguiente ecuación, la cual define la intensidad del impacto asociado al factor y aspecto ambiental intervenido y constituye cuan reversible y perdurable puede llegar a ser el impacto<sup>2</sup>:

$$I = \pm (3IN + 2EX + MO + PE + RV + RC + SI + AC + EF + PR),$$

donde

IN= Intensidad

EX= Extensión

MO= Momento

PE= Persistencia

RV= Reversibilidad

RC= Recuperabilidad

SI= Sinergia

AC= Acumulación

EF= Efecto

PR= Periodicidad

<sup>2</sup> Para el caso de Conesa simplificado, los desarrolladores del método definen las atribuciones a la Importancia del impacto ambiental con respecto a los criterios mencionados en la Tabla 2.

Tabla 1. Criterios de calificación para evaluación de impacto ambiental – Metodología EPM

ATRIBUTO	CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
PRESENCIA (P)	Cierta	1	Existe absoluta certeza de que el impacto se presente
	Muy Probable	0.7 - 0.9	Es muy probable que el impacto se presente
	Probable	0.4 - 0.6	Es probable hasta un 50% que el impacto ocurra
	Poco probable	0.1 - 0.3	Es poco probable que el impacto se presente
EVOLUCIÓN (E)	Muy Rápido	0.9 - 1	Menor a un mes
	Rápido	0.7 - 0.8	De uno a cinco meses
	Medio	0.5 - 0.6	De seis meses a un año
	Lento	0.3 - 0.4	De uno a dos años
	Muy Lento	0.1 - 0.2	Mayor a dos años
MAGNITUD (M)	Muy Severo	0.9 - 1	Daño permanente al ambiente
	Severo	0.7 - 0.8	Daños serios pero temporales al ambiente
	Medianamente severo	0.5 - 0.6	Daños menores pero permanentes al ambiente
	Ligeramente Severo	0.3 - 0.4	Daños menores al ambiente
	No Severo	0.2 - 0.1	Ningún daño al ambiente
DURACIÓN (D)	Muy Larga	1	Más de 10 años
	Larga	0.7 - 0.9	De 7 a 10 años
	Media	0.4 - 0.6	De 4 a 6 años
	Corta	0.3 - 0.1	De 1 a 3 años
	Muy Corta	<0.1	Menor de un año
Calificación ambiental (Ca)	Muy Alto	8 - 10	Muy alta repercusión sobre el entorno
	Alto	6 - 8	Alta repercusión sobre el entorno
	Medio	4 - 6	Media Repercusión sobre el entorno
	Bajo	2 - 4	Baja repercusión sobre el entorno
	Muy bajo	0 - 2	Muy baja repercusión sobre el entorno

Nota. Fuente: Adaptado de (Pachón, 2014, p.12)

Tabla 2. Criterios de calificación para evaluación de impacto ambiental- Metodología Conesa Simplificado

ATRIBUTO	CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
INTENSIDAD (IN)	Baja	1	Grado de destrucción y/o incidencia del recurso o área afectada.
	Media	2	
	Alta	4	
	Muy Alta	8	
	Total	12	
EXTENSIÓN (EX)	Puntual	1	Área de influencia del impacto con relación al entorno de la actividad (cobertura geográfica).
	Local	2	
	Extensa	4	
	Total	8	
	Crítico	(+4)	
MOMENTO (MO)	Largo plazo MO > cinco años	1	Condiciones en la cual se mide el tiempo entre cuando se empezó a generar los efectos hasta que se dio la primera consecuencia (efecto de la contaminación).
	Mediano plazo MO > un año	2	
	Corto plazo MO < un año	4	
	Inmediato	8	
	Crítico	(+4)	

Continúa



ATRIBUTO	CALIFICACIÓN	ESCALA	SIGNIFICADO
<b>PERSISTENCIA (PE)</b>	Fugaz PE < un año	1	Tiempo que permanecerá el efecto desde su aparición.
	Temporal PE > un año	2	
	Permanente PE > diez años	4	
<b>REVERSIBILIDAD (RV)</b>	Corto plazo RV < un año	1	Tiempo en que el recurso tendrá la posibilidad de retornar por medios naturales a las condiciones iniciales previas a la acción.
	Mediano plazo RV > un año	2	
	Irreversible	4	
<b>SINERGIA (SI)</b>	Sin Sinergismo	1	La suma de dos o más efectos simples (negativos) genera un efecto mayor.
	Sinérgico	2	
	Muy Sinérgico	4	
<b>ACUMULACIÓN (AC)</b>	Simple	1	Incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continua o reiterada la acción que la genera.
	Acumulativo	4	
<b>EFFECTO (EF)</b>	Indirecto	1	Relación causa-efecto, es decir, la forma de manifestación del efecto sobre un factor (también puede entenderse como la relación entre el aspecto ambiental y el impacto ambiental).
	Directo	4	
<b>PERIODICIDAD (PR)</b>	Irregular	1	Se refiere a la frecuencia o regularidad con la que se manifiesta un efecto.
	Periódico	2	
	Continuo	4	
<b>RECUPERABILIDAD (RC)</b>	Recuperabilidad inmediata	1	Tiempo en que el recurso tendrá la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medio de la intervención humana.
	Recuperabilidad a mediano plazo	2	
	Mitigable	4	
	Irrecuperable	8	
<b>IMPORTANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL (I)</b>	Irrelevante	< 25	Impacto de baja intensidad, que puede ser reversible en el corto plazo
	Moderado	25 - 50	Impacto de intensidad media o alta, que puede ser reversible en el mediano plazo y recuperable en el mismo plazo o periodo
	Severo	50 - 75	Impacto de intensidad alta o muy alta, que puede ser reversible en el mediano plazo y persistente
	Crítico	> 75	Impacto generalmente de intensidad muy alta o total, con extensión local e irreversible (más de 10 años)

Nota. Fuente: Adaptado de (CONESA, 2010) citado por (Amazo y Alzate, 2018, p. 11-13)

## Resultados y discusión

### Evaluación de impacto ambiental a través de método EPM

El consolidado de impactos ambientales de muy alta y alta repercusión en el entorno de la etapa de cultivo de palma de aceite, brinda un reconocimiento previo del grado de afectación a componentes ambientales. En la Tabla 3 se evidencian los impactos asociados a cada subproceso de esta primera etapa.

Es necesario realizar una planificación de la siembra como lo describen Ordoñez, García, Ortiz,

Marroquín y Jó (2019) para definir el sitio adecuado donde se establecerá definitivamente el cultivo. Es allí donde empezarán a generarse nuevas dinámicas con la fragmentación del entorno, ya que la realización de vías, lotes, drenajes, sistemas de riego (si aplica), y demás actividades de adecuación, definen las características físicoquímicas del suelo, donde es usual que estas actividades se realicen a inicio de época lluviosa para garantizar que la plántulas no presenten déficit hídrico. Por lo anterior, la optimización de recursos y los requerimientos de mano de obra se hacen indispensables.

Tabla 3. Consolidado Evaluación de Impacto ambiental a través de Método EPM en Etapa de Cultivo de Palma de Aceite

ETAPA DE CULTIVO DE PALMA DE ACEITE		
SUBPROCESO	IMPACTO AMBIENTAL ASOCIADO	CALIFICACIÓN AMBIENTAL MÉTODO EPM
ADECUACIÓN DE TIERRAS	Contaminación del suelo	Muy alto
	Disminución de cobertura vegetal	Alto
	Deterioro del paisaje natural	Muy alto
	Cambios en la estructura y composición de la vegetación	Alto
	Generación de empleo	Alto
	Incremento en la mano de obra local	Alto
ESTABLECIMIENTO DE COBERTURA PROTECTORA	Aporte nutricional al suelo	Alto
	Aumento de cobertura vegetal protectora	Alto
ESTABLECIMIENTO DE PREVIVEROS Y VIVEROS	Contaminación al suelo	Alto
SIEMBRA	Alteración en características del suelo	Alto
	Incremento en el esfuerzo de las especies vegetales por alcanzar fotosíntesis en condiciones óptimas	Alto
CULTIVO	Contaminación de fuentes hídricas	Muy alto
	Contaminación del suelo	Muy alto
	Disminución de visibilidad en campo abierto	Alto
	Incremento en diversidad microbiana en suelo y agua	Alto
	Establecimiento de diferentes interacciones ecológicas entre especies vegetales y animales	Muy alto
	Generación de empleo	Muy alto
	Incremento en la mano de obra local	Muy alto
PLANTEO	Contaminación atmosférica	Alto
	Contaminación al suelo	Alto
	Establecimiento de diferentes interacciones ecológicas entre especies vegetales y animales	Alto
PODA	Aprovechamiento de biomasa	Medio
FERTILIZACIÓN- CONTROL DE PLAGAS	Contaminación de fuentes hídricas	Muy alto
	Contaminación al suelo	Muy alto
	Generación de empleo	Muy alto
	Incremento en la mano de obra local	Muy alto
COSECHA O RECOLECCIÓN DE RACIMOS DE FRUTA FRESCA (RFF)	Contaminación de fuentes hídricas	Alto
	Contaminación al suelo	Muy alto
	Afectación, pérdida o fragmentación de hábitats naturales	Alto
	Aumento de migraciones poblacionales de especies terrestres	Alto
	Generación de empleo	Muy alto
	Incremento en la mano de obra local	Muy alto
RENOVACIÓN DE PLANTACIONES	Contaminación atmosférica	Muy alto
	Contaminación acústica	Alto
	Aprovechamiento de biomasa	Alto
	Afectación, pérdida o fragmentación de hábitats naturales	Alto
	Aumento de migraciones poblacionales de especies terrestres	Alto
	Incremento en el esfuerzo de las especies vegetales por alcanzar fotosíntesis en condiciones óptimas	Alto

Nota. Fuente: Propia



Impactos ambientales como el aprovechamiento de biomasa, la disminución de cantidad de especies por migración o la disminución de calidad de agua en fuentes superficiales es recurrente en subprocesos como el cultivo, el planteo, la poda, la cosecha y la renovación de plantaciones. En esta etapa, la palma requiere suelos fértiles y con mayor disponibilidad de nutrientes, lo que lleva al uso de grandes cantidades de fertilizantes y adecuaciones al suelo para que este sea más productivo. Sin embargo, esto altera las propiedades fisicoquímicas del suelo y la disminución de la calidad del recurso hídrico de la zona, facilitando así la migración de especies (Jaramillo, 2021). El fomento de arvenses puede reducir el impacto a las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo, ya que los arvenses mantienen en equilibrio el reciclaje de nutrientes. Adicionalmente, Arias (2022), menciona que la viabilidad de la carbonización de los residuos de la palma incrementa la captura de carbono en el cultivo, lo que facilita el intercambio catiónico en el suelo y mejora las tasas de eficiencia de fertilización.

Un escenario diferente se evidencia en la Tabla 4, ya que en etapa de beneficio o producción de aceite crudo de palma existen impactos con alta repercusión en el entorno, pero de carácter positivo. Esto sucede porque es una etapa en la que se hace la separación y selección de cada parte del RFF, lo que implica un aprovechamiento de biomasa importante que se reincorpora a etapa de cultivo como

aporte nutricional al suelo o también se incorpora a subprocesos como el prensado, en el que la fibra seca se usa como combustible en las calderas para generación de vapor de agua, así: “de las almendras, también llamadas palmiste se obtienen productos como: el aceite de palmiste y la torta de palmiste de gran valor para la alimentación de animales” (Sierra, 2019).

Del mismo modo, Franco, Ordoñez, Herrera y Torres (2019), describen en su *Análisis de ciclo de vida para la producción de biodiesel*, que el proceso que más incidencia tiene sobre todas las categorías de impacto es el proceso de extracción de aceite crudo de palma que, básicamente, es resultado del uso de recursos naturales para la operación de la planta extractora del aceite. Como, por ejemplo, el agua, que es un recurso indispensable para el proceso, por el alto uso de vapor de aire caliente, consumo de combustible y electricidad.

La contaminación de fuentes hídricas se relaciona con diferentes aspectos ambientales, como la generación de aguas residuales, y de residuos peligrosos (lodos con trazas de químicos y grasas) que a su vez impactan a la fauna terrestre porque las especies que circundan las zonas encuentran fuentes de agua superficial contaminadas. Reyes y Rodríguez (2017) también manifestaron que “las plantas de extracción de aceite de palma generan grandes cantidades de subproductos sólidos y líquidos, racimos vacíos, fibra, cascara y efluentes de la planta extractora, a los

**Tabla 4.** Consolidado Evaluación de Impacto ambiental a través de Método Conesa  
Simplificada en Etapa de Beneficio o Producción de Aceite Crudo de Palma

ETAPA DE BENEFICIO O PRODUCCIÓN DE ACEITE CRUDO DE PALMA		
SUBPROCESO	IMPACTO AMBIENTAL ASOCIADO	CALIFICACIÓN AMBIENTAL MÉTODO EPM
RECEPCIÓN DEL FRUTO	Aprovechamiento de biomasa	Alto
	Disminución de visibilidad en campo abierto	Muy alto
ESTERILIZACIÓN	Aprovechamiento de biomasa	Alto
	Contaminación de fuentes hídricas	Alto
DESFRUTAMIENTO	Aprovechamiento de biomasa	Alto
DIGESTIÓN	Contaminación atmosférica	Alto
PRENSADO	Aprovechamiento de biomasa	Alto
DESFRIBRACIÓN Y TRITURACIÓN	Aprovechamiento de biomasa	Alto
PALMISTERÍA	Aprovechamiento de biomasa	Alto

Nota. Fuente: elaboración propia.

cuales deben dárseles un adecuado tratamiento ambiental para minimizar el impacto”.

El agotamiento de recursos naturales y la contaminación acústica pueden llegar a convertirse en impactos ambientales de alta repercusión por la frecuencia de ocurrencia y la extensión del evento por ser una etapa de procesos mecánicos y térmicos.

El sistema antrópico presenta repercusión socioambiental de carácter medio, la cual está relacionada con el desempeño y conocimiento operacional del personal, lo que implica un aumento en la aplicación de conocimiento empírico y pone en riesgo el rendimiento en algunos subprocesos. Meriño, Abiantun, Germán y Sepúlveda (2018) resaltan en su estudio que hay dificultades en los subprocesos con relación al conocimiento técnico del personal operativo de las plantas ya que la mayoría del personal, al ser mano de obra local, posee nivel básico de escolaridad y su experiencia es empírica. Esto se suma a que pocas empresas productoras de aceite crudo de palma capacitan al personal, lo que repercute en las pérdidas de proceso y ambientalmente hay efectos negativos directos.

Para el caso de la última etapa, en la Tabla 5 no se evidencia (a través de método de EPM) impactos ambientales de repercusión alta en subprocesos de recolección y transporte de materia prima, ni transesterificación, aun cuando en el pretratamiento los impactos son de carácter positivo están relacionados con el aprovechamiento de biomasa derivado de la generación de impurezas solidas con alto contenido de proteínas. En el subproceso de refinado, la contaminación de fuentes hídricas representa un impacto negativo, ya que se relaciona con la generación de aguas residuales. Pero al igual que el aprovechamiento de materias primas, se puede transformar en un impacto positivo, ya que la generación de

subproductos como la glicerina, es usada en procesos de saponificación para elaboración de jabones y en la industria cosmética, así como lo expresa Franco (et al., 2019): “el proceso de refinamiento de aceite crudo es la que menos incidencia tiene sobre las diferentes categorías de impacto, dado que requiere de pocas materias primas y algunas se recirculan”.

Los impactos con calificación ambiental media también son de gran importancia porque se vinculan con el transporte del aceite de palma y, posterior a ello, al transporte de biodiesel, en donde se genera compactación al suelo, vibraciones, ruido, emisión de GEI por el tránsito de vehículos, disposición de residuos de lubricantes y aceites de vehículos de carga pesada.

## Evaluación de impacto ambiental a través de método CONESA SIMPLIFICADO

El método CONESA SIMPLIFICADO permite, a través de sus criterios de valoración, una visión amplia de los impactos ambientales. En la etapa de cultivo de palma de aceite hay 13 impactos ambientales de importancia crítica o total con una extensión local e irreversible y 32 impactos de importancia severa, que pueden ser reversibles en mediano plazo, ver Tabla 6.

En subprocesos como la adecuación de tierras, el cultivo, la fertilización y cosecha se presentan la mayoría de los impactos ambientales críticos. Esto porque son subprocesos en los que se establecen condiciones iniciales para el rendimiento óptimo del cultivo, se prepara el suelo para que este tenga condiciones fisicoquímicas adecuadas, y se garantiza una producción rentable. La nivelación del terreno, la adecuación de canales de riego y drenaje y la construcción de vías de acceso a las plantaciones

**Tabla 5.** Consolidado Evaluación de Impacto ambiental a través de Método EPM en Etapa Planta de producción de Biodiesel

ETAPA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE BIODIESEL		
SUBPROCESO	IMPACTO AMBIENTAL ASOCIADO	CALIFICACIÓN AMBIENTAL MÉTODO EPM
PRETRATAMIENTO	Aprovechamiento de biomasa	Alto
	Contaminación de fuentes hídricas	Alto
REFINADO	Aprovechamiento de materias primas	Alto

Nota. Fuente: Propia

**Tabla 6.** Consolidado Evaluación de Impacto ambiental a través de Método Conesa Simplificado en Etapa de Cultivo de Palma de Aceite

ETAPA DE CULTIVO DE PALMA DE ACEITE		
SUBPROCESO	IMPACTO AMBIENTAL ASOCIADO	IMPORTANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL MÉTODO CONESA SIMPLIFICADO
ADECUACIÓN DE TIERRAS	Contaminación atmosférica	Severo
	Contaminación al suelo	Crítico
	Disminución de cobertura Vegetal	Crítico
	Aprovechamiento de biomasa	Severo
	Deterioro del paisaje natural	Crítico
	Cambios en la estructura y composición de la vegetación	Crítico
	Afectación, pérdida o fragmentación de hábitats naturales	Crítico
	Aumento de migraciones poblacionales de especies terrestres	Severo
	Pérdida de diversidad microbiana	Severo
	Generación de empleo	Severo
	Incremento en la promoción de nuevos proyectos agroindustriales	Severo
ESTABLECIMIENTO DE PREVIVEROS Y VIVEROS	Contaminación al suelo por uso de productos químicos	Severo
	Contaminación al suelo	Severo
SIEMBRA	Contaminación al suelo	Severo
	Alteración en características del suelo	Severo
	Disminución de diversidad de especies	Severo
	Incremento en el esfuerzo de las especies vegetales por alcanzar fotosíntesis en condiciones óptimas	Severo
	Aumento en diversidad y distribución de la microbiota acuática	Severo
CULTIVO	Contaminación de fuentes hídricas	Crítico
	Contaminación atmosférica	Severo
	Contaminación del suelo	Crítico
	Disminución de visibilidad en campo abierto	Crítico
	Incremento en diversidad microbiana en suelo y agua	Severo
	Establecimiento de diferentes interacciones ecológicas entre especies vegetales y animales	Severo
PLANTEO	Contaminación de fuentes hídricas	Severo
	Contaminación atmosférica	Severo
	Contaminación al suelo	Crítico
	Disminución de cobertura vegetal	Severo
	Incremento en diversidad microbiana en suelo y agua	Severo
	Establecimiento de diferentes interacciones ecológicas entre especies vegetales y animales	Severo
PODA	Aprovechamiento de biomasa	Moderado
FERTILIZACIÓN – CONTROL DE PLAGAS	Contaminación de fuentes hídricas	Crítico
	Contaminación atmosférica	Severo
	Contaminación al suelo	Crítico

Continúa

ETAPA DE CULTIVO DE PALMA DE ACEITE		
SUBPROCESO	IMPACTO AMBIENTAL ASOCIADO	IMPORTANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL MÉTODO CONESA SIMPLIFICADO
COSECHA O RECOLECCIÓN DE RACIMOS DE FRUTA FRESCA (RFF)	Disminución de la oferta hídrica	Severo
	Contaminación de las fuentes hídricas	Severo
	Contaminación atmosférica	Severo
	Contaminación al suelo	Severo
	Disminución de cobertura vegetal	Severo
	Disminución de visibilidad en campo abierto	Crítico
	Afectación, pérdida o fragmentación de hábitats naturales	Severo
	Aumento de migraciones poblacionales de especies terrestres	Severo
RENOVACIÓN DE PLANTACIONES	Contaminación atmosférica	Severo
	Afectación, pérdida o fragmentación de hábitats naturales	Severo
	Aumento de migraciones poblacionales de especies terrestres	Severo
	Incremento en el esfuerzo de las especies vegetales por alcanzar fotosíntesis en condiciones óptimas	Crítico

Nota. Fuente: elaboración propia.

son parte inicial de la etapa de cultivo. Es también donde se hace evidente la extensión y la magnitud del impacto, dado que hay un elevado consumo de agua, emisión de material particulado, remoción de vegetación arbórea y arbustiva, así como pérdida de capa orgánica, cambio en las dinámicas ecológicas, disminución en la diversidad y abundancia de especies, tanto vegetales como animales, y calidad visual en relación con las unidades de paisaje natural que se ven altamente afectadas. Jaramillo (2021), manifiesta que la presencia de poblaciones de microbios e invertebrados que viven en el suelo siguen siendo esenciales para asegurar la descomposición de los residuos agroindustriales, y facilitan el reciclaje de los nutrientes. Por tal razón, la remoción de vegetación cambia drásticamente las dinámicas ecológicas.

Luego de esto, en subprocesos como el establecimiento de cobertura vegetal, reduce el impacto, convirtiéndolo en un impacto positivo, porque al suelo se le está adicionando otro tipo de cobertura para que se genere un aumento en la concentración de nutrientes y de materia orgánica, disminuyendo procesos erosivos. En la siembra el impacto vuelve a ser severo, dada la alteración en las características del suelo, por el incremento en el esfuerzo de las especies vegetales por alcanzar a término la fotosíntesis.

Esto sucede porque la cobertura vegetal establecida anteriormente, y las nuevas plántulas, deben competir por nutrientes y minerales. Se presenta también una elevada oferta hidrogeológica que, por escorrentía e infiltración, se disminuye la calidad del agua, incrementando la turbiedad, conductividad y los sólidos por arrastre de sedimentos que, a su vez, incrementa la diversidad y la distribución de microbiota acuática.

El cultivo es determinante en la definición de factores y aspectos ambientales por ser uno de los subprocesos más prolongados. Ha sido documentado con una vida útil aproximadamente de 25 años, de los cuales los 2 o 3 primeros años se empiezan a producir los racimos frescos de fruta. En el cultivo se debe realizar planteo periódico porque así se controla el crecimiento de arvenses y se facilita el proceso de poda, fertilización y control de plagas que se realiza por medio de herbicidas cada tres meses durante los primeros tres años de cultivo y la fertilización se realiza con potasio, fósforo, nitrógeno, boro, azufre y calcio, que de preferencia debe ser de origen orgánico como tusa y hojas podadas (Amazo y Alzate, 2018).

Estos subprocesos repercuten en factores de calidad de agua por su uso actual, así como por el

transporte de sedimentos y agentes químicos, altos niveles de eutrofización por arrastre de fertilizantes nitrogenados y fosfatados, emisión de partículas y GEI, olores, calidad del suelo, disposición de residuos y sensibilidad al cambio en las dinámicas microbiológicas y las nuevas interacciones ecológicas entre flora y fauna terrestre, dados los nuevos agroecosistemas y el cambio en el estado y distribución de las especies, que no encuentran condiciones adecuadas para adaptarse al nuevo entorno siendo una de las razones principales de la migración poblacional.

La renovación de las plantaciones es el último subproceso de esta etapa y se da después de cumplida la vida útil del cultivo, haciéndose necesaria la erradicación de palmas viejas, donde el impacto es

de carácter negativo por la emisión de GEI, ruidos fuertes, alto consumo de energía para la maquinaria, así como también por el cambio de entorno de la fauna y flora. Pero también puede tener un efecto positivo, y es que las estípites de las palma se agrupan y se utilizan como barreras para que sean aprovechadas como material orgánico e incluso como insumo para otros procesos industriales (Amazo y Alzate, 2018).

El método Conesa Simplificado da un detalle más específico de la segunda Etapa relacionada con la producción del aceite crudo de palma. Es importante ver Tabla 7 ya que la evaluación del impacto tiene un efecto o consecuencia prolongada porque la mayoría de los subprocesos identificados son mecanizados y de manejo técnico-operativo.

**Tabla 7.** Consolidado Evaluación de Impacto ambiental a través de Método Conesa Simplificado en Etapa de Beneficio o Producción de Aceite Crudo de Palma

ETAPA DE BENEFICIO		
SUBPROCESO	IMPACTO AMBIENTAL ASOCIADO	IMPORTANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL MÉTODO CONESA SIMPLIFICADO
RECEPCIÓN DEL FRUTO	Contaminación atmosférica	Severo
	Alteración en propiedades fisicoquímicas del suelo	Severo
	Disminución de visibilidad en campo abierto	Severo
ESTERILIZACIÓN	Agotamiento del recurso hídrico	Severo
	Contaminación de fuentes hídricas	Severo
	Contaminación atmosférica	Crítico
	Agotamiento de recursos naturales	Severo
DESEFRUTAMIENTO	Contaminación de fuentes Hídricas	Severo
	Contaminación atmosférica	Severo
DIGESTIÓN	Agotamiento del recurso hídrico	Severo
	Contaminación al suelo	Crítico
PRENSADO	Contaminación atmosférica	Crítico
	Contaminación al suelo y contaminación de fuentes hídricas	Severo
	Agotamiento de recursos naturales	Severo
CLARIFICADO	Contaminación de fuentes Hídricas	Severo
	Contaminación atmosférica	Severo
	Agotamiento de recursos naturales	Severo
	Disminución de calidad de agua en fuentes superficiales	Severo
PURIFICACIÓN	Contaminación de fuentes Hídricas	Severo
	Contaminación atmosférica	Severo
	Agotamiento de recursos naturales	Severo

Continúa

ETAPA DE BENEFICIO		
SUBPROCESO	IMPACTO AMBIENTAL ASOCIADO	IMPORTANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL MÉTODO CONESA SIMPLIFICADO
ALMACENAMIENTO	Contaminación atmosférica	Severo
	Contaminación al suelo	Severo
CENTRIFUGADO	Contaminación de fuentes Hídricas	Severo
	Disminución de calidad de agua en fuentes superficiales	Severo
DESFIBRACIÓN Y TRITURACIÓN	Disminución en la oferta hídrica	Severo
	Contaminación atmosférica	Severo
PALMISTERÍA	Contaminación atmosférica	Severo

Nota. Fuente: Propia

La contaminación de fuentes hídricas y el agotamiento del recurso hídrico es de carácter severo, ya que en procesos como la esterilización se ejerce presión de vapor de agua en autoclaves, de forma que se acelera el ablandamiento del racimo de fruta fresca para poder separar y extraer el aceite. Cuando se desprende de la almendra y la cascara de la nuez, se generan los primeros efluentes de aguas residuales con trazas de aceite, e impurezas como materia orgánica que, en efecto, disminuye la calidad de fuentes de agua y se agota el recurso, ya que el agua es insumo para el funcionamiento de los autoclaves. La generación de aguas residuales se presenta en el desfrutamiento, el clarificado, la purificación y el centrifugado, que son efluentes con alto contenido de materia orgánica, trazas de aceite, lodos y residuos líquidos.

La alta concentración de materia orgánica de los efluentes generados en plantas de extracción y producción de aceite crudo de palma repercute en el consumo de oxígeno que está presente en el medio. Esto incrementa la temperatura y vuelve el pH más ácido desequilibrando el medio acuático donde cohabitan no solo especies de peces sino otras especies (Reyes y Rodríguez, 2017).

La disminución de la calidad de agua en fuentes superficiales por vertimientos industriales afecta la fauna terrestre que toma el líquido de estos cuerpos de agua, ocasionando en las especies enfermedades por intoxicación, lo que las obliga a migrar a otros ecosistemas. En complemento, Alfonso (2022) concluye que los sistemas productivos registran menor diversidad de especies ya que no se pueden reemplazar las coberturas naturales, donde

la mayoría de las especies tienen dieta generalista, y la conservación de bosques de galería y ripario, lagunas y humedales, contribuyen a la variación espacial y estructural de importancia ecológica.

La ocurrencia de contaminación al suelo es continua en subprocesos de recepción del fruto, digestión, prensado y almacenamiento, dada la influencia por el tránsito continuo de vehículos de carga pesada, derrames de lubricantes y aceites de equipos y maquinaria y disposición de residuos peligrosos.

La contaminación atmosférica refleja eventos continuos debido a actividades propias, de procesos de esterilización, desfrutamiento, prensado, clarificación, purificación, almacenamiento y desfibración y palmistería. Esto porque hay emisión de vapores, gases de combustión, ceniza, material particulado, emisión de GEI como carbono, dióxido de carbono y metano de las lagunas anaerobias, así como de generación de olores y vibraciones. Ramírez, Munar, García, Mosquera y Faaij (2020) concluyen que las emisiones de GEI del efluente de producción de aceite de palma en el sistema de tratamiento corresponden al 35 % de las emisiones totales de la producción de aceite crudo de palma. Por ello, tiene un potencial de captura y gestión del metano con el tratamiento anaeróbico, con el cual hay producción de biogás como fuente de energía renovable, sumado a que parte de ese efluente tratado de la producción de aceite crudo de palma reduce la emisión de GEI y estabiliza la calidad de las fuentes hídricas, ya que se puede usar para la producción de *compost*, o como agua para riego debido a su alto contenido de nutrientes.



No solo se evidencia que a través de este método de evaluación de impacto ambiental resultan impactos negativos, sino que estos pueden ser transformados. Un claro ejemplo de ello lo demuestran Ramírez y demás investigadores en su libro (2020), quienes discuten que “el Gobierno colombiano ha incentivado el uso de biomasa y biogás para la generación de energía renovable, tanto para sustentar la demanda interna de energía de las plantas como para vender el excedente de electricidad a la red nacional”. Asimismo, también Hinestroza y Obando (2019), indican que es importante evaluar el índice de sostenibilidad de la producción de aceite crudo de palma el cual debe, contemplar mejores prácticas agrícolas, mejores prácticas ambientales y mejores prácticas sociales en las que se identificaron acciones de mejora a la industria, tales como el aprovechamiento de biomasa, el establecimiento de coberturas, el manejo eficiente del recurso hídrico, puntos ecológicos y de legalidad en el uso del agua.

La Tabla 8 consolida la valoración de impacto ambiental a través del método Conesa para la etapa de producción de biodiesel. Lo anterior refleja que todos los impactos son de importancia severa en los 4 subprocesos, donde se presenta contaminación atmosférica, agotamiento del recurso hídrico, disminución de la oferta hídrica y agotamiento de recursos naturales, ya que son procesos igualmente mecanizados como en la anterior etapa. Conesa da una calificación ambiental moderada al

aprovechamiento de biomasa, a diferencia de lo que sí sucede en EPM. En la comparación por procesos que hacen Franco et al., (2019), luego del análisis de ciclo de vida exaltan que el tercer proceso con mayor significancia ambiental es la obtención del biodiesel por transesterificación, luego de la extracción de aceite crudo de palma y la actividad agrícola: “dado que es un proceso netamente industrial, por ende, se originan emisiones atmosféricas y vertimientos. Cabe resaltar que en este proceso se generan residuos que posteriormente se utilizan como materias primas, como el caso de la glicerina”.

## Conclusiones

A través de la valoración de impacto ambiental por método EPM se encuentra en etapa de cultivo que, del total de 86 impactos evaluados, el 18 % son de muy alta repercusión al entorno, el 30.23 % son de alta, otro 30.23 % son de calificación media y el 20.93 % restante son de baja y muy baja repercusión. Subprocesos como la adecuación de tierras, el establecimiento de cobertura vegetal y la siembra se dan en periodos de tiempo cortos. Subprocesos como el establecimiento de previveros y viveros, y el cultivo son muy prolongados. En este último es donde se ha evidenciado mayor impacto al recurso hídrico, atmosférico, geoesférico, fauna y flora y al socioeconómico. Diferente a lo que sucede con el planteo, la poda, la fertilización, el control de plagas y la

**Tabla 8.** Consolidado Evaluación de Impacto ambiental a través de Método Conesa Simplificado en Etapa de Producción de Biodiesel

ETAPA DE PRODUCCIÓN DE BIODIESEL		
SUBPROCESO	IMPACTO AMBIENTAL ASOCIADO	IMPORTANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL MÉTODO CONESA SIMPLIFICADO
RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA	Contaminación atmosférica	Severo
	Alteración en propiedades fisicoquímicas del suelo	Severo
PRETRATAMIENTO	Agotamiento del recurso hídrico	Severo
	Contaminación atmosférica	Severo
REFINADO	Disminución de la oferta hídrica	Severo
	Contaminación de fuentes hídricas	Severo
	Contaminación atmosférica	Severo
	Agotamiento de recursos naturales	Severo
TRANSESTERIFICACIÓN	Agotamiento de recursos naturales	Severo

Nota. Fuente: elaboración propia

renovación de plantaciones que no son subprocesos continuos, pero sí periódicos por las actividades que se realizan. En el establecimiento de cobertura protectora, la poda y la renovación de plantaciones el impacto es positivo, ya que hay un aporte nutricional importante al suelo, se establecen nuevas dinámicas microbiológicas en el suelo y hay un aprovechamiento de biomasa considerable que se reincorpora nuevamente en el cultivo.

En la etapa de beneficio o producción de aceite crudo de palma, de 70 impactos evaluados el 1.42 % obtuvo calificación ambiental de muy alta repercusión, 11.42 % son de alta y 31.42 % son de media; el 44.28 % son de calificación baja y el 11.42 % restante son de muy baja. Los factores ambientales más representativos bajo este panorama fueron la cantidad y las características de los efluentes de aguas residuales, la emisión de GEI, cenizas y partículas, procesos de compactación al suelo y la disposición de residuos peligrosos.

Para la etapa de planta de producción de biodiesel, de los 26 impactos ambientales definidos, ninguno es de repercusión muy alta. El 11.53 % son de alta, el 30.76 % son de media, el 34.61 % son de baja y 23.07 % restante son de muy baja repercusión en el ambiente. Esto refleja que este método, al solo tener cuatro criterios de valoración, no abarca de forma integral el contexto del impacto porque en esta etapa se dan procesos técnico-operativos mecanizados y logísticos, en los cuales también existe una gran influencia de impactos positivos vinculado por el aprovechamiento de biomasa y otras materias primas.

En lo que concierne a la valoración de impacto ambiental por método CONESA SIMPLIFICADO, en etapa de cultivo, de los 86 impactos definidos, el 15.11 % son de importancia crítica, el 43.02 % severos, el 33.72 % moderada y el 8.13 % son de irrelevante importancia. Lo cual refleja un gran porcentaje con impacto de intensidad alta, o que puede ser reversible, pero persistente, y los impactos moderados deben ser abordados desde la gestión integral para prevenir el avance o progreso hacia impactos de mayor importancia.

Lo mismo sucede en la etapa de beneficio o producción de aceite crudo de palma, en la cual hay

mayor cantidad de impactos que revelan una importancia crítica y severa influenciada por la tecnicidad de los procesos agroindustriales y el aseguramiento de estándares de calidad del aceite. En cifras, por este método directo la etapa de beneficio valora los mismos 70 impactos, siendo el 42.85 % impactos de intensidad crítica y severa, el 45.71 % son impactos moderados a los cuales, por su alto porcentaje de ocurrencia, se les debe dar especial gestión; y el 11.42 % restante son de intensidad de impacto irrelevante, siendo subprocesos como la esterilización, el prensado y clarificado, en donde hay mayor ocurrencia de efectos como el agotamiento del recurso hídrico, el agotamiento de recursos naturales por el elevado consumo de energía y la contaminación atmosférica y al suelo.

El método Conesa, en la etapa de producción de biodiesel, arroja un contexto más amplio y específico para los 4 subprocesos evaluados, a diferencia de lo que sucede con EPM. Así, el 34.61 % de los impactos resulta en categoría crítica, el 61.53 % de intensidad moderada y el 3.84 % de intensidad irrelevante.

Se evidencia, además, que el componente socioeconómico por niveles de productividad en cada etapa genera empleo e incrementa la mano de obra local dada la oferta de los nuevos proyectos agroindustriales. Las condiciones extremas se relacionan con factores como la variación de temperaturas y presiones de las unidades de la producción de aceite de palma, generando a largo plazo afectaciones a la salud humana por las condiciones continuas de trabajo. Así mismo, el desempeño y conocimiento del personal en las actividades técnicas ponen en riesgo el rendimiento de los procesos de la etapa de beneficio, dada la aplicación de conocimiento empírico en algunas ocasiones.

Finalmente, la aplicación de método EPM ofrece un resultado descriptivo más amplio donde se enfoca la evaluación del impacto ambiental, de forma que le permite al evaluador medir la evolución en el tiempo del impacto desde su afectación en el factor hasta el momento en que se presenta su mayor consecuencia. Las diferentes condiciones del entorno no se magnifican o contemplan tan a detalle, como sí sucede con la aplicación del método Conesa Simplificado, que abarca de forma específica cada aspecto ambiental al

tener mayor cantidad de criterios y una calificación cualitativa que orienta la valoración de acuerdo con una escala cuantitativa.

Cabe resaltar que ambas metodologías son muy usadas en la evaluación de Impacto ambiental y han sido diseñadas y desarrolladas para definir la tendencia de las afectaciones a los componentes definidos y poder tomar medidas de prevención, mitigación o compensación incluidas en planes de manejo ambiental.

Los resultados de la evaluación de impacto ambiental por estos dos métodos directos dependen de las fuentes de información, la síntesis y depuración de esta. Asimismo, la apropiación del contexto de los proyectos, el conocimiento y experiencia técnica y profesional del evaluador para este caso brindan un contexto general de la cadena de valor de la producción de biodiesel en Colombia, que inicia con el establecimiento de cultivo de palma de aceite y su posterior proceso de extracción de aceite crudo que es materia prima para la producción de biodiesel

## Bibliografía

- Acosta, J. (2017). *Análisis de resultados en la evaluación de impactos ambientales utilizando las metodologías EPM y Ecopetrol*. 1–18. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/16416/AcostaCelisJuanCarlos2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Aguilar, M. (2019). *Evaluación de impactos ambientales en el sector productivo para la empresa Coltejer S.A* [Corporación Universitaria Lasallista]. [http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/2474/1/Evaluacion\\_impactos\\_ambientales\\_Coltejer\\_S.A.pdf](http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/2474/1/Evaluacion_impactos_ambientales_Coltejer_S.A.pdf)
- Alfonso, K. (2022). *Acciones para la conservación de especies de fauna raras, amenazadas y protegidas en un sistema productivo de palma de aceite en San Martín, Meta, Colombia*. <https://repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/handle/001/2825/Trabajo%20de%20grado%2c%20Acciones%20para%20la%20conservaci%3b%20de%20especies%20de%20fauna%20raras%2c%20amenazadas%20y%20protegidas%20en%20un%20sistema%20productivo%20de%20palma%20de%20aceite%20en%20San%20Mart%3adn%2c%20meta%2c%20Colombia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Amazo, J., & Alzate, A. (2018). Valoración cualitativa del impacto ambiental en una planta productora de aceite de palma. *Questionar Investigación Específica*, 6(1), 9–24. <https://revistas.uamerica.edu.co/index.php/rques/article/view/245/212>
- Arias, N. (2022). Manejo integrado del agua y el suelo: sostenibilidad y regeneración de la palma de aceite en Colombia Integrated Management of Water and Soil: Sustainability and Regeneration of Oil Palm in Colombia. *Revista Palmas.*, 43(1), 52–63. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13744/13465>
- Cachaya, M., Sánchez, M., & García, K. (2023). *Evaluación de Impacto Ambiental para la Implementación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en el Conjunto Residencial Quintas de Morelia III, Municipio de Villavicencio* [Universidad Cooperativa de Colombia]. <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/ac3e4fc8-5fc5-45f0-89b5-62d8d98b0eab/content>
- Castrillón, M., & Carrillo, J. (2021). *Evaluación de impacto ambiental de la instalación de un sistema fotovoltaico en la finca hotel santa helena en Restrepo, Meta (Colombia)* [Universidad Libre]. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/21651/EVALUACION%3c%93N%20DE%20IMPACTO%20AMBIENTAL%20DE%20LA%20INSTALACION%3c%93N%20DE%20UN%20SISTEMA%20FOTOVOLTAICO%20EN%20LA%20FINCA%20HOTEL%20SA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CONESA, V. (2010). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental* (Ediciones Mundi-Prensa, Ed.; 4ta edición, pp. 235–260). [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=wa4SAQAQBAJ&oi=fnd&pg=PP2&dq=Gu%C3%ADa+metodol%C3%B3gica+para+la+evaluaci%C3%B3n+del+impacto+ambiental+\(4a++ed.\).+Madrid,+Es-+pa%C3%B1a:&ots=-69eHoa5l&sig=MNGPQ78pXvBky8KkBMIGINrblJQ#v=onepag&q=Gu%C3%ADa%20metodol%C3%B3gica%20para%20la%20evaluaci%C3%B3n%20del%20impacto%20ambiental%20\(4a%2020ed.\).%20Madrid%2C%20Es-%20pa%C3%B1a%3A&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=wa4SAQAQBAJ&oi=fnd&pg=PP2&dq=Gu%C3%ADa+metodol%C3%B3gica+para+la+evaluaci%C3%B3n+del+impacto+ambiental+(4a++ed.).+Madrid,+Es-+pa%C3%B1a:&ots=-69eHoa5l&sig=MNGPQ78pXvBky8KkBMIGINrblJQ#v=onepag&q=Gu%C3%ADa%20metodol%C3%B3gica%20para%20la%20evaluaci%C3%B3n%20del%20impacto%20ambiental%20(4a%2020ed.).%20Madrid%2C%20Es-%20pa%C3%B1a%3A&f=false)
- Díaz, R. (2019). De qué manera la producción sostenible de bioenergía puede contribuir al desarrollo de Colombia\* How Sustainable Bioenergy Production Can Contribute to the Development of Colombia. *Revista Palmas*, 40, 104–118. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13090/12905>
- Franco, J., Ordoñez, L., Herrera, I., & Torres, J. (2019). Análisis de ciclo de vida para la producción de biodiesel derivado de palma de aceite, caso colombiano. *Publicaciones e Investigación*, 13(1), 11–24. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/3262/3401>
- Hinestroza, A., & Obando, C. (2019). Índice de sostenibilidad y producción de aceite de palma sostenible en Colombia. *Palmas*, 40(4), 108–113. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/12966/12816>

- Jaimes, J., Tinoco, E., Bravo I, Caicedo, J., Campaña, J., & Pérez, N. (2023). Análisis de datos en el cuidado de *Elaeis guineensis* (palma africana) en Colombia, Ecuador y Perú. *Ciencia y Tecnología*, 16(1), 35–42. <https://doi.org/10.18779/cyt.v16i1.470>
- Jaramillo, G. (2021). *Formulación de un plan de manejo ambiental para la unidad productora de palma africana de la empresa Palmasur Sat, municipio de Tumaco - Nariño*. [Corporación Universitaria Autónoma del Cauca]. <https://repositorio.uniautonoma.edu.co/bitstream/handle/123456789/304/T%20IA-P%20176%202021.pdf?sequence=1>
- López, S., & López, E. (2020). *Exportación de aceite de palma. Características del mercado en Colombia*. <https://cipres.sanmateo.edu.co/ojs/index.php/libros/article/view/350/310>
- Martínez, L. (2020). *Análisis comparativo entre el Método Leopold y el EPM-Arboleda para la identificación de impactos ambientales en la intervención de vías principales urbanas* (Universidad Santo Tomás). <https://repositorio.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/22479/2020MartinezLianna.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Merino, L., Abiantun, A., Germán, L., & Sepúlveda, J. (2018). *Evaluación de Factores Claves, Pérdidas Productivas e Impactos Ambientales en el Proceso de Producción de Aceite de Palma*. [http://www.advancesincleanerproduction.net/7th/files/sexsoses/5B/3/merino\\_li\\_et\\_al\\_academic.pdf](http://www.advancesincleanerproduction.net/7th/files/sexsoses/5B/3/merino_li_et_al_academic.pdf)
- Mosquera, M. (2022). ¿El negocio de la palma de aceite en Colombia puede ser más competitivo? *Palmas*, 43(1), 92–96. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13752/13470>
- Ordoñez, A., García, G., Ortiz, B., Marroquín, F., & Jó, R. (2019). *Guía ambiental de la agroindustria de palma de aceite en Guatemala*. <https://www.grepalma.org/wp-content/uploads/2019/11/gui%cc%81a-ambiental-de-la-agroindustria-de-palma-de-aceite-en-guatemala-vf-1.pdf>
- Pachón, J. (2014). *Plan de manejo ambiental para el proyecto de urbanización pino foresta 'estudio de caso'*. 1–24. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/13225>
- Ramírez, J., & Rodríguez, S. (2019). *Conveniencia de la Producción de Biodiésel en Colombia desde la Perspectiva del Desarrollo Sostenible* (Universidad Católica de Colombia). <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/3f1cd4d1-721c-4da2-bf0d-9b957a7491e4/content>
- Ramírez, N., Munar, D., García, J., Mosquera, M., & Faaij, A. (2020). The GHG emissions and economic performance of the Colombian palm oil sector; current status and long-term perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 258, 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120757>
- Reyes, L., & Rodríguez, A. (2017). *Monografía de estudio sobre los impactos ambientales que generan el cultivo y producción de palma de aceite africana (Elaeis Guineensis jacq.) en el departamento del Meta* (Universidad Nacional Abierta y A Distancia [UNAD]). <https://repositorio.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/13482/1121911388.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- Sánchez, E. (2017). *Metodologías para identificación y valoración de impacto ambiental. Trabajo presentado en la cátedra de evaluación de impactos ambientales*.
- Sierra, N. (2019). *Exportación de aceite de palma y sus derivados* (Universidad Cooperativa de Colombia). <https://repositorio.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/2ac5420a-16f9-4082-b48d-49253e425cbe/content>
- Torres, K., Calderón, L., & Bautista, S. (2020). Modelación en sistemas dinámicos del cambio del uso del suelo por cultivos de palma de aceite para producción de biodiésel en Colombia. *Ingeciencia*, 5, 7–23. [http://editorial.ucentral.edu.co/ojs\\_uc/index.php/Ingeciencia/article/view/3185/3194](http://editorial.ucentral.edu.co/ojs_uc/index.php/Ingeciencia/article/view/3185/3194)