

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

SENSIBILIDAD AMBIENTAL ANTE UN POSIBLE DERRAME OFFSHORE APLICANDO TECNOLOGÍAS GEOESPACIALES, COSTA CARIBE COLOMBIANA

George Harold Bogotá Sanabria¹
Andrés Camilo Flórez García¹
*Jhon Alexander Guzmán Manrique¹

ENVIRONMENTAL SENSITIVITY OF A POSSIBLE SPILL
OFFSHORE APPLYING GEOSPATIAL TECHNOLOGIES,
COLOMBIAN CARIBBEAN COAST

Recibido el 21 de noviembre de 2016; Aceptado el 9 de noviembre de 2017

Abstract

In recent years, the energy sector in Colombia has focused on exploring and exploiting oil and gas deposits in the continental area. Some studies show that the country currently has an energetic mining potential in its maritime zones. However, the Colombian government in 2014 defined a normative instrument with the purpose of extending and developing activities of the hydrocarbon sector in maritime offshore areas, in order to guarantee energy security in the medium and long term. Exploration and exploitation areas were opened, opening the way to the operating industries; however the interest of the private sector has minimized the environmental concern in the face of a possible oil spill. Under this scenario, in the present work an environmental sensitivity analysis is performed in blocks 1 and 2 of the Colombian Caribbean round implementing geospatial tools, and criteria described by the International Petroleum Industry Environmental Conservation Association, with the objective of establishing possible damages environmental risks that may occur in the presence of a hydrocarbon spill. It is estimated that the area affected is 268.87 Km² causing environmental damage in some coverings such as vegetation banks, mangroves, swamps and sandy beaches (areas with high ecosystem diversity) and generating economic losses in the region

Keywords: environment sensitive, geographical space, geospatial technologies, simulation of pollutants, spill of hydrocarbon

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

* *Autor correspondiente:* Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional de Colombia/Carrera 30 con calle 45, Teusaquillo, Bogotá D.C, Cundinamarca. 111321. Colombia. Email: jhaguzmanma@unal.edu.co

Resumen

En los últimos años el sector energético en Colombia se ha enfocado en explorar y explotar yacimientos de petróleo y gas en área continental. Algunos estudios demuestran que actualmente el país cuenta con un potencial minero energético en sus zonas marítimas. No obstante, el gobierno colombiano en el 2014 definió un instrumento normativo con el propósito de extender y desarrollar actividades del sector de hidrocarburos en áreas marítimas costa afuera (*offshore*), con el fin de garantizar la seguridad energética en el mediano y largo plazo. Se dispusieron áreas de exploración y explotación, abriendo paso a las industrias operadoras; sin embargo el interés del sector privado ha minimizado la preocupación ambiental ante un posible derrame de hidrocarburo. Bajo este escenario, en el presente trabajo se realiza un análisis de sensibilidad ambiental en los bloques 1 y 2 de la ronda Caribe colombiana implementando herramientas geoespaciales, y criterios descritos por la International Petroleum Industry Environmental Conservation Association, con el objetivo de establecer los posibles daños ambientales que se pueden llegar a presentar ante un derrame de hidrocarburo. Se estima que el área de afectación es de 268.87 Km² ocasionando daños ambientales en algunas coberturas como los bancos de vegetación, manglares, pantanos y playas de arena (zonas con alta diversidad ecosistémica) y generando pérdidas económicas en la región.

Palabras clave: derrame de hidrocarburo, espacio geográfico, sensibilidad ambiental, simulación de contaminantes, tecnologías geoespaciales.

Introducción

La economía colombiana depende en un 25% de la producción de hidrocarburos, con reservas petrolíferas calculadas para tan solo siete años, un aumento en la demanda de la energía mundial en un 30%, la volatilidad de precios y la ausencia de yacimientos en área continental ha impulsado al sector energético a la exploración de bloques en zonas francas costa afuera (*offshore*), tratando de mejorar la competitividad a escala internacional (Arteaga y Herrera 2014).

Colombia se caracteriza por contar con zonas francas permanentes *offshore*, donde se estima que las cuencas sedimentarias en términos de reservas cuentan con un alto potencial (Decreto 2682 de 2014, modificado por el Decreto 2129 de 2015). Esto representa una alternativa para garantizar la seguridad energética a mediano y largo plazo del país. El gobierno nacional, Ecopetrol, Petrobras y Repsol anunciaron el hallazgo de reservas de hidrocarburos en los pozos Orca 1, Calasus 1 y Kronos 1, este descubrimiento orienta al crecimiento y desarrollo del sector de hidrocarburos en Colombia.

Las zonas costeras en Colombia son focos de actividades económicas importantes como lo son: el turismo, la pesca y la industria; y a su vez se constituyen en regiones de fácil contaminación, las cuales se pueden magnificar por derrames de hidrocarburos (Marta-Almeida *et al.* 2013). Aunque los derrames pueden ocurrir a kilómetros de distancia de la costa marítima, las sustancias pueden ser transportadas por corrientes oceánicas y masas de vientos provocando consecuencias catastróficas tanto ambientales y económicas, siendo devastadores sobre la calidad del agua y la vida marina (Ibarra, 2014; Jensen *et al.* 1998).

Para minimizar las consecuencias de un posible derrame y ayudar a identificar a aquellas zonas críticas, se desarrolla el concepto de índices de sensibilidad ambiental (ESI) (Jensen *et al.* 1998). Bajo este contexto, el objetivo del presente trabajo es el de realizar un análisis de sensibilidad ambiental (ASA) en las zonas francas (Bloque 1 y 2) del Caribe colombiano que pueden ser afectadas ante este tipo de incidentes antrópicos.

Para el desarrollo del trabajo se emplea la metodología propuesta por la International Petroleum Industry Environmental Conservation Association (IPIECA) del año 2012, con el fin de planificar y enfrentar los posibles derrames de hidrocarburos (Acuña *et al.* 1996).

El área de estudio se caracteriza por ser un cuerpo de agua semicerrado y alargado y por ser la entrada más grande del mar Caribe en tierra colombiana. Está conformada por los municipios de Los Córdoba y la zona norte del Golfo de Urabá con una ubicación geográfica de 9.1649 N y 76.8321 W.

Como punto de referencia para la simulación de un derrame de hidrocarburos se utilizó la localización espacial del pozo Kronos 1, donde se realizó la simulación y el monitoreo de ruta de los posibles contaminantes que se pueden llegar a dar en un periodo de 15 días, tiempo en el cual el contaminante hace contacto con la costa Caribe colombiana. Para el proceso de simulación se empleó el software *gnome* de la NOAA, el cual requiere de varios insumos como: mapas de contornos costeros, modelos numéricos de circulación de vientos, ubicación espacial del pozo y el tipo de la sustancia derramada (Beegle-Krause, 2001).

Metodología

Ante un derrame de hidrocarburos el análisis ambiental adquiere un papel fundamental y se convierten en el foco de interés en las políticas de planificación de un país.

Para la prevención y atención de emergencias por derrames se emplean mapas de sensibilidad ambiental los cuales consideran variables y componentes de biodiversidad, socioeconómicas y características propias de línea de costa, garantizando las posibles coberturas del suelo y elementos geográficos que pueden ser afectados (Beegle-Krause, 2001).

Uno de los enfoques de los mapas es el índice de sensibilidad ambiental –información espacial que se compone de tres componentes: tipo de costa, recursos biológicos y ecosistémicos, y socioeconómicos (Jensen *et al.* 1998).

La Figura 1 muestra la metodología a desarrollar.

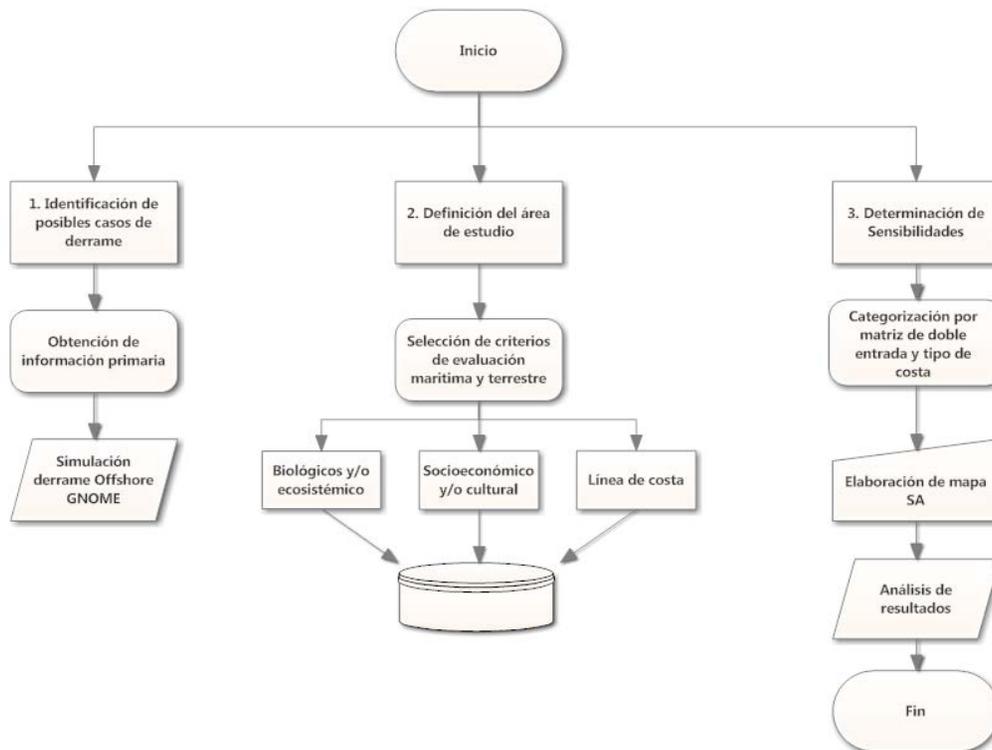


Figura 1. Flujograma metodológico para la construcción de mapas de sensibilidad ambiental.

Identificación de posibles escenarios de derrame de hidrocarburos

En la búsqueda de nuevas alternativas para la extracción de hidrocarburos, una oportunidad importante en el sector energético son las reservas que alberga la costa Caribe. Aunque probablemente los yacimientos se asocian a los de gas, no se puede descartar la ausencia de reservas de petróleo (Fonseca, 2016). Los bloques 1 y 2 de la ronda caribe son afectados por corrientes marinas estacionales que en diferentes épocas del año fluctúan entre los 40 hasta los 80 cm/s (Jimeno *et al.*, 1994), siendo un factor que induce al desplazamiento de sustancias. Para el desarrollo del trabajo se selecciona el pozo Kronos 1 como el posible sitio de derrame *offshore*, pozo que se localiza en los bloques mencionados anteriormente.

Obtención de información primaria y secundaria

Para realizar el análisis de sensibilidad ambiental, Colombia cuenta con información espacial necesaria, pero no con la disponibilidad inmediata con la que se necesita, así como tampoco cuenta con un equipo de profesionales preparados en las organizaciones gubernamentales para responder en tiempo real una emergencia de este tipo (Bogotá *et al.*, 2015). Con lo anterior hay que considerar la posibilidad de obtener información rápida de los portales gubernamentales disponibles en red o de solicitar la información previamente a las entidades a cargo.

Para este caso, la información temática de recursos biológicos y ecosistémicos se obtuvo de geoportales como Tremarctos, Invemar, Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) y del Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC). La información geográfica básica como vías, drenajes sencillos y dobles, y curvas de nivel se recolectó de la información disponible en el sistema de información geográfica para la planeación y el ordenamiento territorial (SIGOT) del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). En cuanto a la información de línea de costa se obtuvo a través de la interpretación de imágenes de satélite disponibles, y se complementó con la información disponible en el estudio de Posada y Henao (2008).

Simulación de derrame de hidrocarburos

Para evaluar la sensibilidad ambiental se simuló el proceso de derrame de petróleo para el 7 de noviembre de 2015 a través del software *gnome*. Durante el monitoreo, se observa que en el transcurso de 15 días la sustancia se desplaza por el mar Caribe gracias a las corrientes marinas hasta llegar a la costa colombiana.

En la figura 2 se identifica la simulación generada donde se visualiza que los puntos negros representan la ubicación espacial del derrame a partir de la predicción realizada y los puntos rojos son aquellas zonas donde posiblemente el derrame puede llegar a desplazarse teniendo en cuenta un porcentaje de error asociado a la simulación realizada.

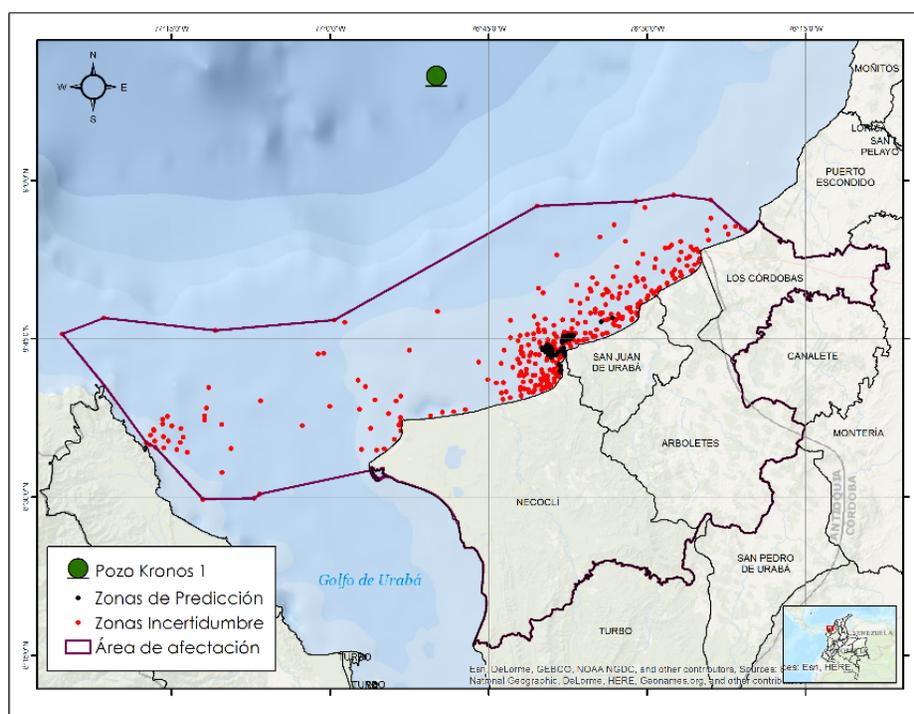


Figura 2. Delimitación de la zona de estudio a través de la simulación de un derrame offshore

De acuerdo con la información de la simulación se determina el área de influencia en donde se analiza la sensibilidad ambiental (ver figura 2). Los parámetros establecidos en *gnome* se configuraron de la siguiente manera:

- Tipo de petróleo: Se estableció que el tipo es Fuel Oil # 4 debido a que sus características son las más generales entre los diferentes tipos. Además aún se desconoce el tipo de petróleo que puede llegar a extraerse con seguridad en este pozo.
- Número de barriles: Se determinó 1000 barriles para el estudio de caso.
- Hora de inicio: Se fijó la hora a las 00:00 horas del 7 de Noviembre de 2015.
- Vientos: Se emplea el Sistema de Pronóstico Mundial Global Forecast System (GFS) desarrollado por la NOAA en el 2015.
- Mareas: Se toma el mapa de mareas desarrollado por la NOAA "Sistema mundial operativo en tiempo real Océano Pronóstico (RTOFS) Global Real-Time Ocean Forecast System".
- Tiempo de análisis: Se monitorea el derrame de petróleo cada 3 horas en un intervalo de 15 días.
- Porcentaje de incertidumbre: Este parámetro se establece por defecto con un 3% de error.

Definición del área de estudio

El área de estudio comprende la línea de costa integrada por el límite de los municipios de Necoclí, San Juan de Urabá y Los Arboletes, pertenecientes al departamento de Antioquia y el municipio de Los Córdoba al departamento de Córdoba. La región norte de Urabá presenta una diversidad de ambientes, favoreciendo a los ecosistemas acuáticos como ciénagas y represas artificiales. Dada la localización geográfica del municipio de Necoclí, este se favorece por un clima húmedo presentando condiciones físicas con una mejor disponibilidad hídrica y mayor diversidad biológica.

En áreas cercanas a la costa se encuentran calizas y liditas, en el sustrato rocoso se hallan extensos depósitos marinos que generalmente miden menos de dos metros, estos depósitos forman la playa. Geomorfológicamente, la zona norte de Urabá posee dos geoformas bien diferenciadas: las zonas planas (llanuras costeras, depósitos aluviales y quebradas) y territorios con colinas formadas por rocas sedimentarias. A lo largo de la línea de costa se tiene una terraza marina con topografía plana que llega a tener 6 kilómetros de ancho y hasta 36 metros de altura, asociadas a otras geoformas, esta terraza está cubierta por un depósito de conchas y en ocasiones con corales (Corpourabá, 1999).

Selección de criterios de evaluación marítima y terrestre

a) Recursos biológicos y ecosistémico: Para la obtención de la información referente al componente se consultó la lista de especies amenazadas en el portal de Lista Roja de UICN y la distribución espacial de aves, peces, mamíferos terrestres y acuáticos, reptiles, zonas de reserva forestal, áreas de protección local y regional y cuerpos de agua consultadas en la página de Tremarctos.

b) Socioeconómico: Para la evaluación del componente se dispone con los recursos que pueden ser afectados económicamente. Las variables que se han tenido en cuenta son: zonas pesqueras comerciales, bocatomas, áreas de recolección de agua, aljibes y pozos, espacios de turismo y recreación (hoteles, restaurantes, playas, zonas de buceo, pesca recreativa, etc.), infraestructura y rutas de transporte (puertos marítimos, vías de acceso vehicular, zonas de cargue y descargue), áreas de interés cultural (arqueológico, histórico, religioso, etc.).

c) Línea de costa: La clasificación de los tipos de costa constituye el apartado más sólido del trabajo desarrollado. La contaminación durante los eventos por vertidos de hidrocarburos puede variar significativamente dependiendo del tipo de costa. Esta clasificación de línea se construye a partir de criterios como la determinación de la altura, este criterio establece el grado de accesibilidad del hidrocarburo sobre la parte terrestre. Por otro lado, se emplean imágenes satelitales de los programas Landsat 8 OLI y Sentinel 2.

Categorización por matriz de doble entrada y tipo de costa

Línea de Costa: Para la clasificación de la sensibilidad ambiental de la línea de costa existen diez niveles de clasificación dependiendo del tipo de coberturas que se presente en el área de estudio (ver tabla 1). Para la evaluación y mapeo de los tipos de costa más sensibles, se aplica la categorización recomendada por el documento *Sensitivity mapping for oil response* de IPIECA del año 2012, teniendo en cuenta que en el estudio se va a mapear todas las categorías de sensibilidad ambiental.

Tabla 1. Categorización de los índices de sensibilidad ambiental

ÍNDICE DE SENSIBILIDAD AMBIENTAL	SENSIBILIDAD AMBIENTAL
Índice 1 y 2	Muy Bajo
Índice 3,4,5 y 6	Bajo
Índice 7	Medio
Índice 8	Alto
Índice 9 y 10	Muy Alto

Recursos biológicos y ecosistémicos: El mapeo de los recursos biológicos y ecosistémicos se realiza con base en el documento del IPIECA donde se considera la inclusión de especies costeras, hábitats y recursos naturales. Las variables que se contemplan por la disponibilidad de información son: áreas protegidas, parques nacionales, flora, fauna marina, hábitats de fauna terrestre, ecosistemas costeros, especies en peligro y endémicas.

Características socioeconómicas: En la identificación de las características socioeconómicas sensibles se tiene en cuenta el componente abiótico establecido por el IPIECA. Las variables que

se contemplan son las zonas de pesca artesanal y comercial, granjas y actividades relacionadas con la acuicultura, puntos de toma de agua, zonas turísticas, puertos marítimos, transporte de mercancía y lugares de interés cultural.

Para la evaluación de sensibilidad socioeconómica se realiza de igual manera una evaluación de una matriz de doble entrada, analizando la importancia desde el ámbito económico para los municipios, corregimientos y departamentos, con el fin de identificar el grado de sensibilidad.

Como se mencionó, existen diversas técnicas y métodos para la asignación de sensibilidades ambientales; sin embargo, el IPIECA sugiere que la asignación de sensibilidades se realice de acuerdo a un consenso entre los diferentes actores involucrados en la elaboración del mapa de sensibilidad. De tal forma que para la asignación de sensibilidades, se tuvo en cuenta la amenaza de las especies, la importancia de la actividad económica y social desarrollada en el área afectada.

Tabla 2. Matriz de doble entrada para la calificación de sensibilidad ambiental

Sensibilidad de especies	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto
	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Muy Alto
	Medio	Medio	Medio	Medio	Alto	Alto
	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Medio	Medio
	Muy bajo	Muy Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Medio
		Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
		Diversidad de especies				

Resultados y discusión

Las áreas consideradas sensibles a los derrames de petróleo son aquellas que presentan mayores riesgos biológicos y ecosistémicos. Una vez desarrollada la metodología propuesta se obtiene los mapas de sensibilidad y los índices, los cuales son vitales para la pronta respuesta hacia los recursos disponibles en la costa Caribe, permitiendo que la operación de limpieza sea más efectiva (Souza, *et al.* 2009).

Línea de costa: Cuenta con una longitud de 150.79 km. Con la interpretación realizada en las imágenes de satélite y apoyados en el estudio de Posada y Henao (2008), se realiza la clasificación de las coberturas (ver Figura 3) de la línea de costa. Los acantilados rocosos expuestos con fragmentos de roca pulidos y sueltos, y estructuras sólidas, son las primeras coberturas analizadas donde se categorizan con un índice de sensibilidad de nivel 1 (ESI 1), indicando una sensibilidad muy baja. Las coberturas cuentan con una longitud de 34.41 Km del total de línea. Las playas de

arena de grado medio a fino son clasificadas en un nivel 3 (ESI 3), mostrando una sensibilidad baja de estos sedimentos no consolidados, cuentan con una longitud de 30.88 Km. Los bancos de vegetación baja, planicies de marea hipersalina (ESI 9), y los manglares, sal y pantanos de agua salobre (ESI 10), son las coberturas que tienen un índice muy alto.

Contrastando las figuras 2 y 3, se puede observar que la simulación de derrame afecta a los bancos de vegetación aproximadamente en unos 49.21 Km, acantilados en 8.9 Km, manglares en 2.09 Km y playas de arena en 1.56 Km, donde se observa que el tipo de costa con mayor impacto son los bancos de vegetación, y como consecuencia de ello se evidencia algunos cambios en la configuración espacial del clima gracias a la degradación de los suelos y pérdida de coberturas bióticas.

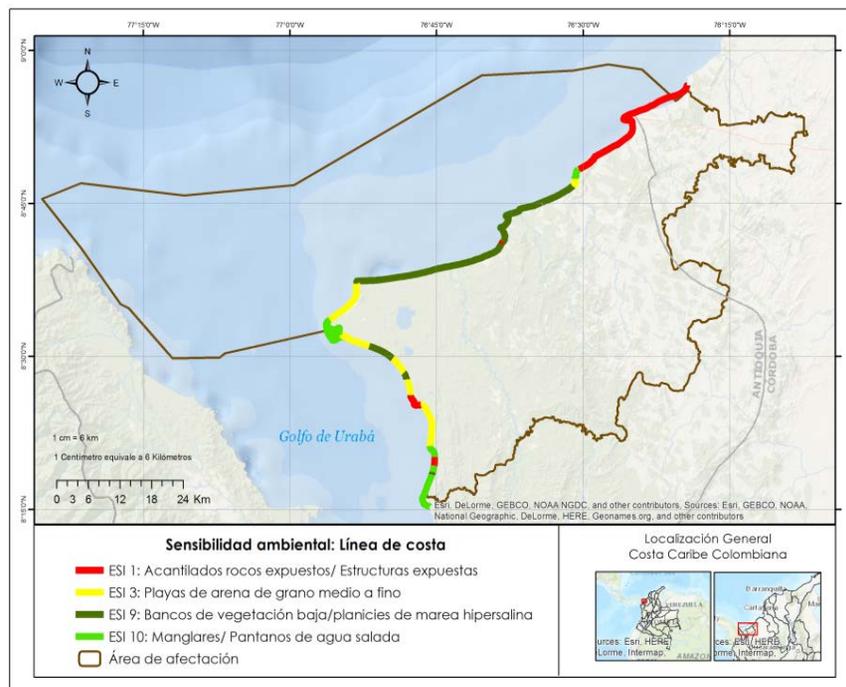


Figura 3. Mapa de sensibilidad ambiental: Línea de costa

Recursos biológicos y ecosistémicos

El área afectada en la costa Caribe Colombiana para este componente tiene dos niveles de sensibilidad: El primer índice es sensibilidad alta, el cual corresponde a aquellas zonas donde hay presencia de peces y reptiles en la región, ubicados en el municipio de Necoclí con un área de afectación de 286.87 Km². Se puede identificar que en la región las coberturas identificadas como manglares, pantanos de agua salada, playas de arena y bancos de vegetación, son de gran

preocupación por ser espacio geográfico de vitalidad para el departamento en términos económicos (pesca y comercio). Las áreas correspondientes de sensibilidad baja están ubicadas en el municipio de Los Córdoba con un área afectada de 5.04 Km² el cual puede ser ocasionado por la fuente hídrica de Santa Rosa La Caña. Aunque los resultados muestran solo el impacto en la costa, se debe tener en cuenta que la contaminación realizada por el petróleo en mar abierto afecta a diferentes ecosistemas entre ellos los mamíferos marinos, peces y reptiles (ver figura 4).

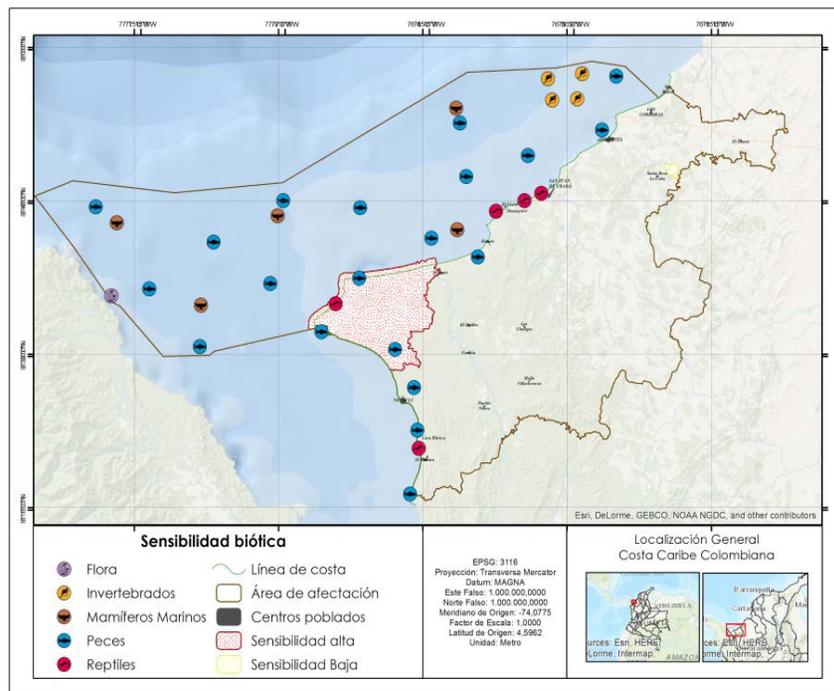


Figura 4. Mapa de sensibilidad biótica y ecosistémica, y de servicios primarios

Características socioeconómicas

El impacto que genera un derrame en la costa Caribe Colombiana pone en riesgo la actividad pesquera artesanal, la cual es realizada en su gran mayoría por pequeños productores que viven de esta actividad (sustento principal), se reitera que la pesca es uno de los ejes económicos del departamento de Antioquia. La pesca industrial también es impactada de manera negativa ante una catástrofe de esta magnitud, las embarcaciones y los aparejos de pesca se pueden ensuciar. Además la manipulación masiva de peces contaminados implica que no sea práctico aislar y retirar solo a aquellas especies contaminada. Las áreas vulneradas por el petróleo se clasifican de la siguiente manera: sensibilidad baja 5.40 Km², sensibilidad media 11.28 Km² y sensibilidad alta 44.88 Km² (ver figura 5).

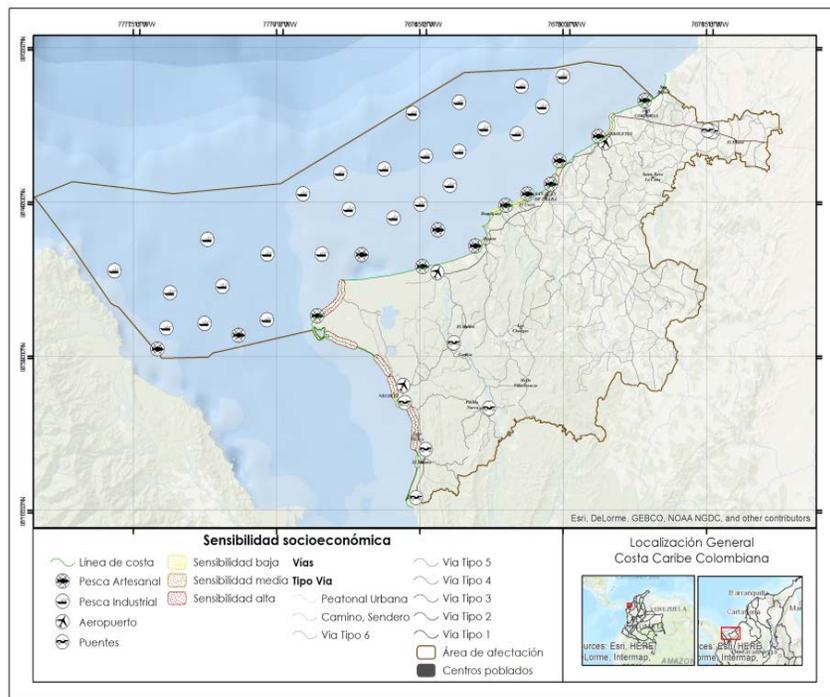


Figura 5. Mapa de sensibilidad socioeconómica: sector primario y turismo

Una de las características que se puede identificar, es que las zonas con sensibilidad alta se encuentran ubicadas en el occidente del municipio de Necoclí, donde hay presencia de cascos urbanos, siendo afectadas en la prestación de servicios básicos e interconectividad con otras zonas del país. Las reservas naturales como los manglares y zonas de playa presentan una sensibilidad alta la cual afectaría actividades de esparcimiento para la comunidad local y sobre todo a la industria turística. Por último, se debe considerar que los diversos factores ambientales que se involucraron en el análisis de sensibilidad son susceptibles a ser alterados por las actividades antrópicas (derrames offshore). La alteración en algún elemento y/o componente se debe entender como los posibles daños y mecanismos de pérdida en el territorio como toxicidad de los suelos, contaminación física, maculaciones, problemas de salud pública y pérdidas de confianza en las actividades comerciales.

Identificación de posibles impactos ambientales

Los impactos ambientales permiten predecir y evaluar las alteraciones que un territorio ha presenciado: positivos y/o negativos. La importancia reside en la posibilidad de prevenir y mitigar los daños que son ocasionados por un posible derrame de petróleo por medio planes de manejo, de monitoreo ambiental y una serie de respuestas ante contingencias y/o emergencias.

Tabla 3. Impactos ambientales de los diferentes elementos expuestos

Componente	Elemento	Impacto	Sin derrame	Con derrame
Recursos biológicos y ecosistémicos	Fauna acuática y terrestre	Alteraciones en la distribución, composición y riqueza de la fauna acuática y terrestre	La región del golfo de Urabá posee una importante biodiversidad; sin embargo se ha presentado destrucción del hábitat natural y con ello la desaparición de especies. Actualmente la Zona de Reserva Forestal del Pacífico protege gran parte de este territorio evitando así su deterioramiento.	Presenta un impacto negativo sobre la fauna acuática, debido a que el petróleo se adhiere en las plumas, pelaje y escamas de los animales, impidiendo el aislamiento térmico, los movimientos y demás funciones vitales de los seres vivos y como consecuencia, produce la muerte de mamíferos marinos, peces y aves.
	Agua	Reducción en el contenido de oxígeno en el agua	La Costa Caribe Colombiana cuenta con una amplia variedad de ecosistemas marinos importantes por su productividad biológica. Se reúnen ecosistemas como lagunas costeras, estuarios, zonas de manglar, arrecifes coralinos, costas arenosas y rocosas.	La disminución de oxígeno en el agua genera la muerte de los organismos por asfixia. Además, la poca entrada de luz solar en el mar dificulta el proceso de fotosíntesis.
Socioeconómico	Económico	Actividades económicas y cambios de uso del suelo	Las actividades económicas que predominan en mayor porcentaje están asociadas al comercio, prestación de servicios primarios y secundarios, (agricultura, ganadería, pesca, caza y silvicultura)	Las áreas afectadas deben ser objeto de manejo especial a fin de conservar los servicios económicos que ellos ofrecen a la región, de otra manera se elevarían los índices de desempleo, debido a que la economía de la región se basa en la pesca y el turismo.
	Cultural	Proliferación y crecimiento de bacterias y virus patógenos.	No se registra hasta el momento afecciones o riesgos para su salud humana al tener contacto con aguas del mar Caribe o al ingerir alimentos marinos de zonas locales	Con la exposición humana a aguas contaminadas, se pueden presentar enfermedades como hepatitis, cólera no-contagioso y la meningitis.
Línea de costa	Suelos	Contaminación y generación de minerales tóxicos en el litoral del Golfo de Urabá	La franja costera del Golfo de Urabá, presenta Acantilados rocosos expuestos con canto rodado y estructuras sólidas, playas de arena de grano fino, bancos de vegetación baja, planicies de marea hipersalina, manglares, sal y pantano de agua salobre.	Especialmente en las áreas con mayor sensibilidad ambiental se ejercen efectos negativos sobre las plantas, generando minerales tóxicos en el suelo. Además, conduce a un deterioro de la estructura del suelo, pérdida de nutrientes minerales como potasio, sodio, sulfato, fosfato y nitrato de igual forma, el suelo se expone a la lixiviación y erosión.

Evaluación de componentes y elementos del ambiente

En términos generales, el ambiente es el entorno vital para la vida, siendo una fuente de recursos y satisfaciendo las necesidades del ser humano. La evaluación cualitativa de los componentes y de los elementos ambientales establece un equilibrio entre las dinámicas antrópicas y el medio, constituyéndose en un instrumento de suma importancia para poner un freno al desarrollismo negativo (Conesa, 2006). En la tabla 4 se presentan los valores de importancia para cada impacto y así clasificarlos en diferentes rangos, asignando a cada rango una calificación cualitativa

Tabla 4. Evaluación ambiental de los diferentes elementos expuestos, metodología propuesta por Conesa (2006).

Componente	Elemento	Impacto	Valor	Tipo
Recursos biológicos y ecosistémicos	Fauna acuática y terrestre	Cambio en la distribución, composición y abundancia de la fauna acuática y terrestre	-65	Severo
	Agua	Reducción en el contenido de oxígeno en el agua	-90	Critico
Socioeconómico	Económico	Cambios en el uso de suelo y las actividades económicas	-35	Bajo
	Sociocultural	Proliferación de bacterias y virus patógenos.	-80	Critico
Línea de Costa	Suelos	Contaminación y Generación de minerales tóxicos en el litoral del Golfo de Urabá y afectación sobre la franja costera	-90	Critico

A partir de los resultados de la matriz de valoración se puede identificar que los impactos en elementos como el agua, suelos y la parte sociocultural presentan una calificación crítico (valores menores a -75 puntos). Por otra parte, se observa que los impactos restantes se consideran como severos y bajos, de todas formas es necesario y obligatorio trazar acciones de manejo para prevenirlos o en su defecto mitigarlos.

Conclusiones

La metodología propuesta por el IPIECA permitió establecer los índices de sensibilidad ambiental en la costa Caribe colombiana (Bloques 1 y 2) costa afuera, siendo un mecanismo para determinar la sensibilidad ambiental de los componentes y elementos presentes a lo largo de la línea de costa; sin embargo, los actuales mecanismos con los que cuenta el gobierno nacional para evaluar la calidad de los estudios ambientales realizados por las empresas extractoras son en algunos aspectos deficientes, en muchas ocasiones no se realiza con la rigurosidad necesaria, esto se debe a que los términos de referencia para ejecutar este tipo de proyectos resultan en ocasiones engorrosos. La alternativa planteada por IPIECA sobre la cual se realizó la actual investigación podría convertirse en una alternativa más eficiente y dinámica para la evaluación de los impactos ambientales ante un derrame de hidrocarburos offshore teniendo en cuenta la alta diversidad ecosistémica presentes en el mar Caribe Colombiano, motivando a que las nuevas investigaciones deben centrarse en metodologías que ofrezcan alternativas para la identificación de los actores afectados.

Es de suma importancia realizar este tipo de evaluaciones ambientales, permitiendo identificar el daño que las diferentes coberturas pueden sufrir por un derrame de hidrocarburos, bajo esta concepción el gobierno nacional y las empresas extractoras deben elaborar mecanismos efectivos a través de sus planes de emergencia empleados, que permitan minimizar las consecuencias y evitar daños ecológicos, con el propósito de mejorar el entorno y la calidad de vida de las personas que están en las zonas afectadas.

Referencias bibliográficas

- Acuña, J., Cortés, J. & Murillo, M. (1996) Mapa de sensibilidad ambiental para derrames de petróleo en las costas de Costa Rica. *Biología tropical*, **44**(3), 463-470. Acceso el 28 de octubre de 2015, disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/22161>
- Arteaga, J., Herrera, A. (2014) *Estado del arte de las estructuras offshore en el caribe colombiano*, Tesis de pregrado, programa de Ingeniería Civil, Facultad de ingeniería, Universidad Católica de Colombia, Bogotá, 59 pp.
- Beegle-Krause, J. (2001) General NOAA oil modeling environment (gnome): A new trajectory model. *International oil spill conference*, **2001**(2), 865-871. doi: <https://doi.org/10.7901/2169-3358-2001-2-865>
- Bogotá, G., Carrillo, J., Borda, D., González, S. (2015) Implementation of Geographic Knowledge in Oil Spill Response Plan for Colombian Offshore Projects. *Remote Sensing: Understanding the Earth for a Safer World*, 4856-4859. doi: 10.1109/IGARSS.2015.7326918
- Castellanos, A., Lombana, J., Ortiz, M. (2017) Exploración y explotación de hidrocarburos aguas afuera (offshore): estrategia logística para Barranquilla, una ciudad en transformación, *Equidad & Desarrollo*, **28**, 85-111. doi: <http://dx.doi.org/10.19052/ed.4082>
- Conesa, V. (2006) *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*, 2a ed., Mundi-Prensa, Madrid, España, 61 pp.
- Corpourabá. (1999) *Documento Técnico de Soporte Para el Plan Básico de Ordenamiento Territorial Municipal*. Convenio interadministrativo N° 010298, 1999, municipios zona norte de Urabá, Corpourabá, 1999, 170 pp.

- Fonseca, L. (2016) *Cómo debería enfrentar la industria del petróleo en Colombia el riesgo de la pérdida de autosuficiencia y la condición de país exportador de petróleo y gas*. Tesis de maestría, maestría en administración de empresas-internacional, Colegio de Estudios Superiores de Administración-CESA, Bogotá, Colombia.
- Ibarra, M. (2014) *Las zonas francas: mecanismo indispensable para los nuevos proyectos de Colombia. VIII Congreso de zonas francas -ANDI*. Cartagena, Colombia.
- IPIECA, International Petroleum Industry Environmental Conservation Association., IMO, International Marine Organization., OGP, International Association of Oil & Gas Producers. (2012) *Sensitivity mapping for oil response*. IPIECA/IMO/OGP, United Kingdom, 39 pp.
- Jensen, J., Halls, J. Michel, J. (1998) A Systems Approach to Environmental Sensitivity Index (ESI) Mapping for Oil Spill Contingency Planning and Response, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, **64**(10), 1003-101.
- Jimeno, M., Reichel-Dolmatoff, G., Gamarra, A. (1994) *Caribe Colombia*, Fondo Fen Colombia y Fondo José Celestino Mutis, Bogotá, 264 pp.
- Marta-Almeida, M., Ruiz-Villarreal, M., Pereira, J., Otero, P., Cirano, M., Zhang, X., Hetland, R. (2013) Efficient tools for marine operational forecast and oil spill tracking, *Marine pollution bulletin*, **71**(1-2), 139-151. doi: 10.1016/j.marpolbul.2013.03.022
- Posada, B., Henao, W. (2008) *Diagnóstico de la Erosión en la Zona Costera del Caribe Colombiano*, Serie de Publicaciones Especiales INVEMAR 13, 200 pp.
- República de Colombia, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2015) *Decreto 2682 de 2014* (Diario oficial, 2014, República de Colombia, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, Bogotá, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 7 pp.
- República de Colombia, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (2015) *Decreto 2129 de 2015 (4 de noviembre), por el cual se modifica el Decreto 2682 de 2014*. Diario oficial, 2015, República de Colombia, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, Bogotá, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 5 pp.
- Souza, P., Ribeiro, M., Pellon, F., Cruz, M., Vargas, H., Ribeiro, F., Faria, E., Nascimento, W. (2009) Environmental sensitivity index (ESI) mapping for oil spills using remote sensing and geographic information system technology. *Revista Brasileira de Geofísica*, **27**, 7-22. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-261X2009000500002>