

CLASIFICACIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA SEGÚN GRADO DE SENSIBILIDAD AMBIENTAL ANTE DERRAMES DE HIDROCARBUROS EN EL GOLFO DE NICOYA PARA EL AÑO 2012

CLASSIFICATION OF THE COASTLINE ACCORDING
TO THE DEGREE OF ENVIRONMENTAL SENSITIVITY
TO OIL SPILLS IN THE GULF OF NICOYA, COSTA RICA,
FOR THE YEAR 2012

Christian Núñez Solís.¹

Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica

RESUMEN

El trabajo a continuación es un análisis de la sensibilidad ambiental de los espacios marino y costero dentro del Golfo de Nicoya ante derrames de hidrocarburos. Como respuesta a una carencia de herramientas y estudios técnico-científicos a nivel nacional, que aporten medidas y estrategias para reducir y minimizar los impactos a causa de un accidente por vertidos petrolíferos. En esta investigación se utiliza la metodología para la creación de Índices de Sensibilidad Ambiental (ISA) desarrollado por la Administración Nacional Atmosférica y Oceánica (NOAA) de los Estados Unidos, la cual estudia tres variables: geomorfología litoral, recursos biológicos y recursos de uso antrópico. Misma que ha sido calibrada y ajustada para las características del Golfo de Nicoya. De los resultados obtenidos se determina la clasificación de la línea de costa; según grado de sensibilidad ante un derrame, y por consiguiente las medidas de repuesta inmediatas.

¹ Licenciado en Ciencias Geográficas con énfasis en ordenamiento del territorio. Investigador y especialista en Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el Laboratorio de Hidrología Ambiental. Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. Correo electrónico: crisnunez80@gmail.com

Fecha de recepción: 10 de febrero de 2013

Fecha de aceptación: 25 de mayo de 2013

Palabras claves: Derrames de hidrocarburos, sensibilidad ambiental, medidas de respuesta inmediata, Golfo de Nicoya, Costa Rica.

ABSTRACT

This work is an analysis of the environmental sensitivity of coastal and marine areas in the Gulf of Nicoya oil spill. In response to a lack of tools and technical-scientific studies at the national level to provide measures and strategies to reduce and minimize the impacts of such spills, this research uses the methodology for the creation of an Environmental Sensitivity Index (ESI) developed by the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) of the United States, which considers three variables: coastal geomorphology and biological and anthropic use resources. It has been calibrated and adjusted to the characteristics of the Gulf of Nicoya. The results obtained determine the classification of the coastline according to the degree of sensitivity to a spill, and therefore the immediate response measures.

Keywords: oil spills, environmental sensitivity, immediate response measures, Gulf of Nicoya, Costa Rica, National Oceanic and Atmospheric Administration

Introducción

La dinámica espacial está caracterizada, entre otros aspectos, por los elementos y factores físico-humanos que intervienen en el accionar del medio natural. Las alteraciones, variaciones y presiones que ejerce el ser humano dentro de este ambiente se traducen en cambios, transformaciones e impactos (Flores, 2004). De esta forma, la contaminación por hidrocarburos y sus derivados producto de las actividades petrolíferas, impactan a los espacios terrestres, marinos y de costa, directa e indirectamente en componentes físicos, biológicos y socio-económicos del medio.

Para enfrentar esta afectación se han desarrollado mecanismos legales, normativos y estratégicos, por parte de entidades gubernamentales, gremios de la industria petrolífera u organismos internacionales. Uno de los componentes primordiales para el establecimiento de criterios que faciliten el reclamo por compensación de daños y costos de limpieza, es la elaboración de estudios que evalúan el índice de sensibilidad ambiental representado a través del mapeo de zonas homogéneas (NOAA, 2007).

De esta manera, el mapa de sensibilidad ambiental, representa la información base para el desarrollo de medidas ante un eventual derrame de hidrocarburos, que facilita la toma de decisiones urgentes. Si el mapa determina y zonifica acertadamente la sensibilidad ambiental, las posibilidades de una protección integral del espacio serán altas; y la amenaza por contaminación se verá limitada. “Más que una herramienta visual, representa un instrumento inspirado en el método científico, por lo que su

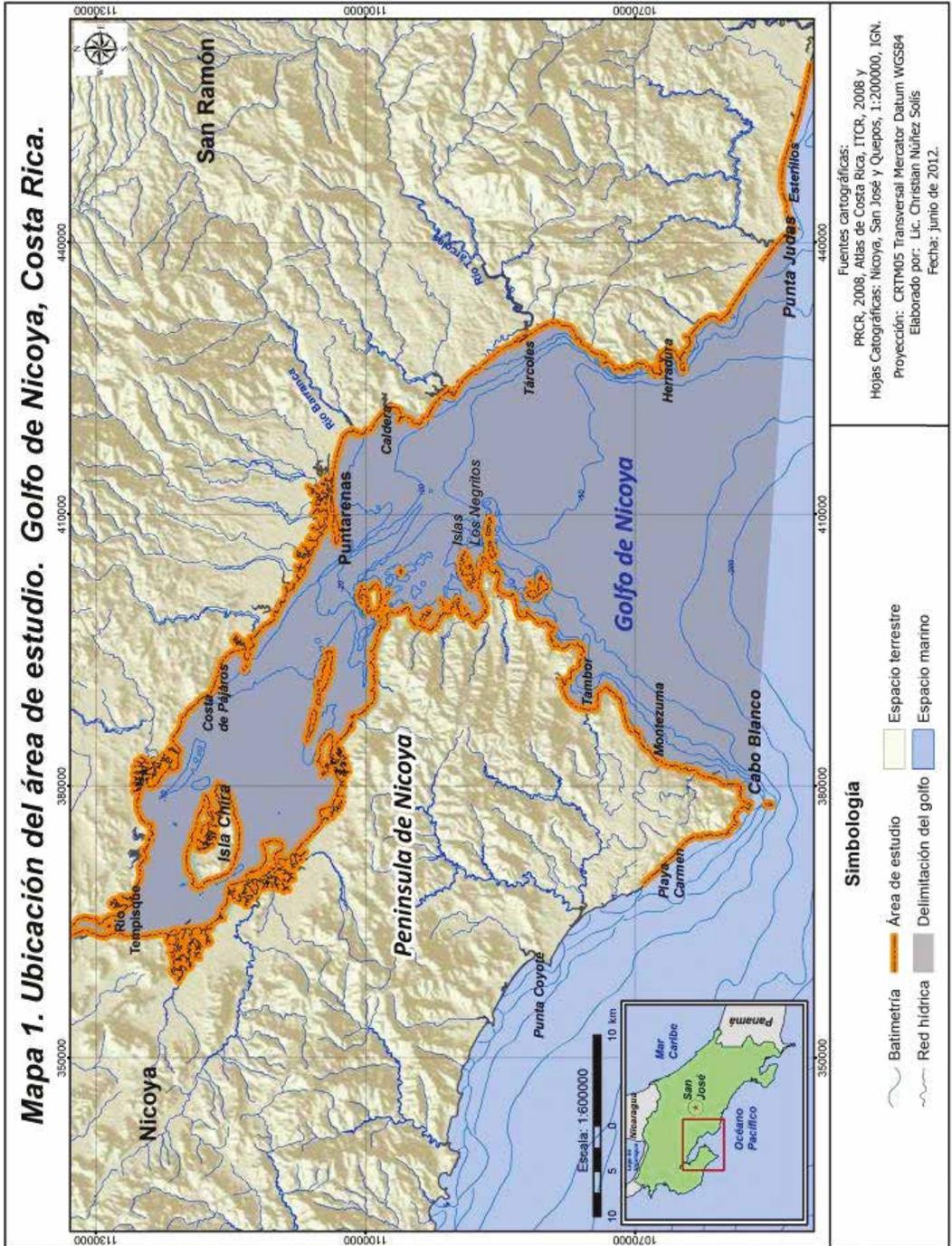
aporte es básico y al mismo tiempo fundamental; teniendo como objetivo final la reducción al mínimo de los impactos ambientales y socioeconómicos”. (Esquivel, 2011, p.8).

Es así como, el propósito de esta investigación es determinar la sensibilidad ambiental en el Golfo de Nicoya, a través de la metodología del Sistema de Mapeo del índice de Sensibilidad Ambiental de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de los Estados Unidos de América, con siglas en inglés (NOAA). Que describan de forma detallada los aspectos físico-biológicos y socio-económicos de las costas, que establezca el grado de fragilidad y sus características de la línea de costa, y culmine en el diseño de medidas de respuesta inmediata ante el derrame de hidrocarburos.

Área de estudio

El Golfo de Nicoya es un estuario en el litoral Pacífico de Costa Rica, entrante en las costas de Guanacaste y Puntarenas. Es una región de gran importancia ecológica, con una biodiversidad abundante y un espacio marítimo-terrestre que permite el desarrollo de actividades socioeconómicas y turísticas (Monge, 2004).

Aproximadamente, el estuario tiene un área de 2353 km². Se divide en una parte interna de alrededor de 670 km² y con una profundidad de 20 m o menos, desde la desembocadura del Río Tempisque hasta la garganta angosta entre Isla San Lucas y Puntarenas; y el golfo externo de 1,723 km² con profundidades de 20 m en el norte a 200 m donde llega al océano Pacífico. (Ver mapa 1).



Marco teórico-conceptual

La contaminación por hidrocarburos

La industria petrolera incluye procesos globales de exploración, extracción, refino, transporte (frecuentemente a través de buques petroleros y oleoductos) y mercadotecnia de productos del petróleo. Según datos de ITOPF para el 2011, la producción mundial de hidrocarburos es de aproximadamente 3.000 millones de toneladas métricas, la mitad de la cual se transporta por mar. Este informe estimó que el valor de aporte total de hidrocarburo al medio marino, es de unos 3,2 millones de toneladas métricas al año.

Las causas y circunstancias de los derrames de petróleo son variadas (ITOPF, 2011), pero puede haber un efecto significativo sobre el monto final del petróleo derramado. Algunas consideraciones derivadas son: a) La mayoría de derrames de hidrocarburos son resultado de las operaciones de rutina como carga, descarga y abastecimiento de carga que normalmente se producen en los puertos o terminales de petróleo, b) Muchos de estos derrames operacionales son pequeños, las cantidades se registran por debajo de las 7 toneladas. Sin embargo, dentro del porcentaje total de vertidos se considera que un 91% corresponden a estos y c) Causas accidentales, como las colisiones y encallamientos, significan un menor número, pero, dan lugar a derrames mucho más grandes y destructivos.

El vertido de hidrocarburos y sus derivados, pueden llevar desde años hasta décadas, para una recuperación de los espacios afectados, tres son las consideraciones para evaluar esa escala: a) la cantidad y el tipo de petróleo derramado; b) las condiciones medioambientales en el momento del derrame; y c) el tipo de entorno(s) afectados por el derrame. (IPIECA/ARPEL, 2007).

Clasificación y propiedades físicas y químicas de los hidrocarburos

Cuando se trabaja con derrames, frecuentemente se hace distinción entre hidrocarburos persistentes y no persistentes. Esta clasificación obedece a sus características físicas, en especial a la solubilidad y viscosidad. Otra clasificación válida para la investigación, según su toxicidad, es la de crudos de petróleo y productos refinados, siendo estos últimos más tóxicos a causa de las agregaciones artificiales que poseen. “El petróleo crudo que ha sufrido los efectos de la intemperie puede tener unos efectos limitados,

mientras que el diesel o la gasolina frescos pueden causar efectos tóxicos graves” (IPIECA/ARPEL, 2007, 2007, p11). Ambas clasificaciones son válidas para el presente trabajo, por lo que se emplearán de forma conjunta para el desarrollo de la investigación.

“Las propiedades básicas de un hidrocarburo determinarán los cambios físicos y químicos que éste sufrirá sobre una superficie sólida o líquida, así como el daño ambiental que pueda generar a través de su persistencia y toxicidad” (Esquivel, 2011, p. 36).

Costa Rica y la contaminación por hidrocarburos

Los registros estadísticos de los derrames de hidrocarburos en Costa Rica son mínimos, ocasionalmente se dan vertidos menores en lugares donde el oleoducto administrado por la Refinería Costarricense de Petróleo (RECOPE) ha sufrido una fuga. Dentro de la zona marítima nunca se ha producido algún impacto de este tipo y solo se tiene registro de eventos informados por la prensa local.

Actualmente, Costa Rica posee la ley de Hidrocarburos 7399. Sin embargo, esta ley deja de lado especificaciones puntuales en caso de derrames de hidrocarburos y la implementación de planes de contingencia.

La Organización Marítima Internacional (OMI) ente filial de las Naciones Unidas (ONU), publica en su informe del 2010 de países del Caribe y Centroamérica con Planes de Contingencia ante derrames de hidrocarburos: a) Desde 2006, Costa Rica ha empezado la redacción de su Plan Nacional de Contingencias, pero a la fecha no existe un documento estructurado con las respuestas necesarias y que además, el país no tiene actualizados mapas de sensibilidad ambiental. b) El 24 de setiembre de 2008, se publica el Decreto N°34747-MOPT, que restaura la Comisión Interinstitucional para la prevención, control y combate de la contaminación del mar por hidrocarburos. La agencia líder es la Comisión Nacional de Emergencias (CNE) en la cual el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), participa y El Ministerio de Salud es responsable por las regulaciones sobre el manejo de los desechos y c) En el país, solo RECOPE tiene equipo para responder a la emergencia.

De esta forma, Costa Rica se caracteriza por tener una legislación incipiente para la temática de respuesta a un derrame por hidrocarburos, solo se encuentra asociado a 2 de 7 convenios internacionales implementados

por la OMI, estos son: los de Respuesta a los derrames de Cartagena y Convenio de Responsabilidad Civil de 1969 y 1976. Como propósito futuro está incorporarse al Convenio de Responsabilidad Civil de 1992, al Convenio del Fondo de 1992 y el Protocolo del Fondo Suplementario. Para la indemnización por el daño ocasionado por un derrame. (RAC/REMPEITC-Caribe, 2009).

Sensibilidad ambiental (SA)

El impacto ambiental producido por derrames de hidrocarburos, es una alteración sobre el medio ambiente en distintos aspectos, modificando la línea base del estado natural, esta acción antrópica acompañada de los incidentes eventuales de contaminación en tierra y agua, se representan en efectos colaterales en los espacios sociales, ambientales y biológicos.

Incidentes por derrames de hidrocarburos acontecidos en la década de 1970, mostraron la necesidad de crear y construir estudios técnicos ambientales para contrarrestar, mitigar y reparar los impactos y daños ocasionados por la negligencia de la manipulación de hidrocarburos. El inicio se da con el entendimiento del concepto de sensibilidad ambiental y la aplicación en el terreno para determinar el grado de afectación o alteración de un espacio ante el posible impacto de un vertido. Según los exponen pioneros en el tema como Michel, Gundlach y Hayes en 1978.

En diferentes fuentes bibliográficas se puede encontrar que el concepto de sensibilidad es sinónimo de vulnerabilidad, susceptibilidad y fragilidad. En general, cada uno de estos términos representan la misma característica: predisposición a ser dañado. Para efectos del siguiente estudio, se selecciona sensibilidad ambiental como el concepto de análisis por estar relacionada a espacios naturales, y para no entrar en discusiones con el tema de vulnerabilidad que se aplica a temas con enfoque social. Entendiéndose pues a la SA como: “La capacidad intrínseca de un ecosistema costero, compuesto por los procesos físicos, bióticos y socioeconómicos, para asimilar la afectación o impacto por la contaminación de hidrocarburos de petróleo”.

La evaluación de la sensibilidad ambiental

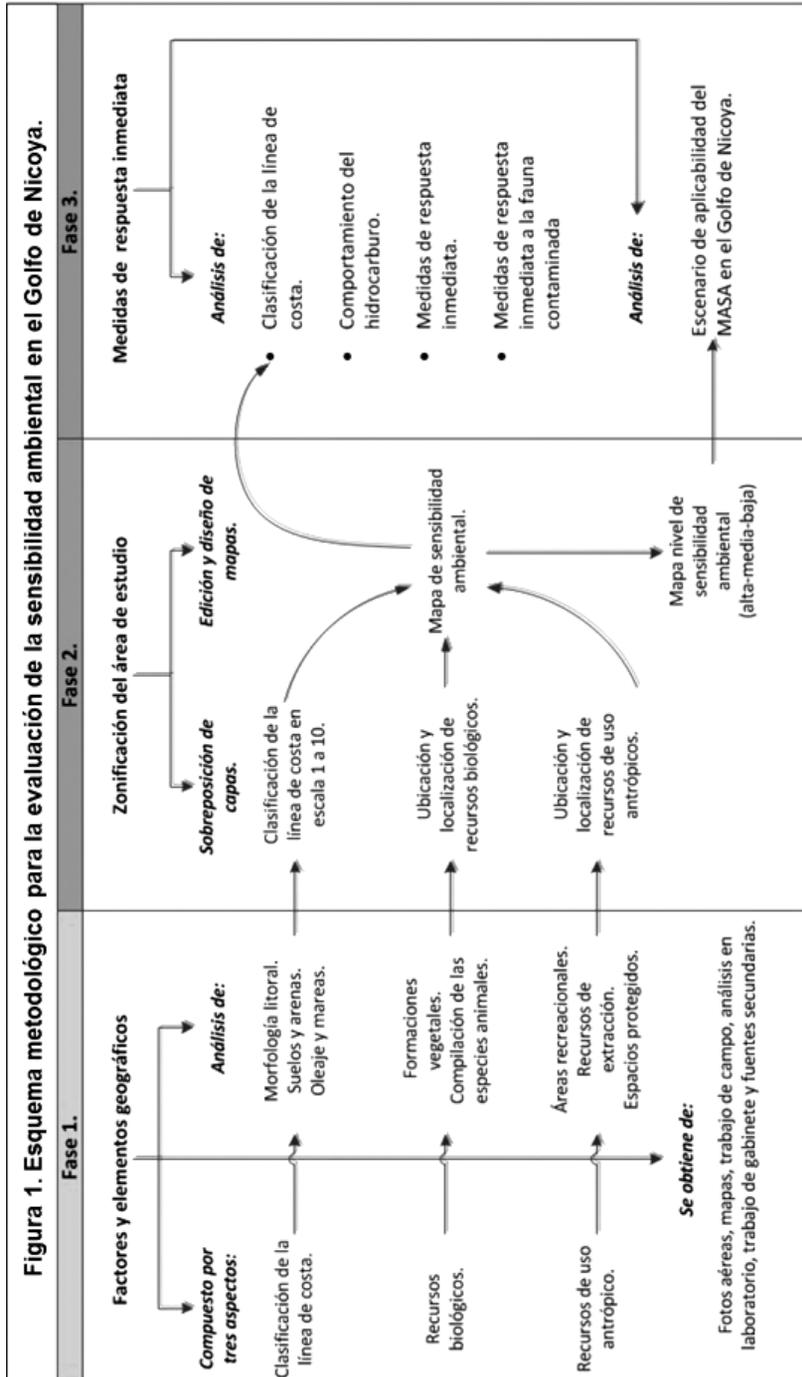
La evaluación de la sensibilidad ambiental es la base para la generación de mapas temáticos con información necesaria en caso de un vertido de petróleo tanto en áreas de tierra como en costa y mar. Para

la NOAA este documento recibe el nombre de Environmental Sensitivity Index (ESI) maps en inglés, una traducción al español sería Mapas de Sensibilidad Ambiental (MASA), actualizado para el 2007.

Un MASA, según Martínez (2003), se puede definir como: “mapas con la información esencial para determinar con base en una superposición de capas de información georeferenciada, la sensibilidad ambiental de un área determinada, frente a una amenaza contaminante, proveniente de una fuente terrestre o marítima” (p.1).

Marco metodológico

La evaluación de la sensibilidad ambiental en el Golfo de Nicoya está dividida en tres fases: a) análisis de los factores y elementos geográficos que caracterizan al área de estudio, la zonificación del área de estudio y las medidas de respuesta inmediata. (Ver figura 1).



Fuente: Elaboración propia

Según los lineamientos de la metodología de la NOAA, tres son los tipos de información necesarios a analizar para el entendimiento geográfico del área: **a) Clasificación de la costa:** Categorización realizada de acuerdo a una escala de sensibilidad de los espacios costeros a partir de levantamientos de trabajo de campo, y análisis de las características físicas con relación a la persistencia natural de petróleo en la costa, y la facilidad de limpieza, **b) Recursos biológicos:** Inventario y localización de especies animales y plantas raras, junto con sus hábitats. Así como, vegetación acuática sumergida y los arrecifes de coral que son sensibles a los derrames de petróleo y **c) Recursos de usos antrópicos:** Son áreas específicas utilizadas por el ser humano que tienen un valor agregado debido a su uso y son sensibles ante un vertido de petróleo, tales como: playas, parques y santuarios marinos, tomas de agua, y sitios arqueológicos.

Para la zonificación de la sensibilidad ambiental, los componentes se analizan de la siguiente manera:

Se realiza una sobreposición de capas, a través del análisis matricial. La geomorfología, climatología y geología son variables constantes en la definición de la línea de costa. Mientras, que el oleaje y las mareas, tipos de sustratos, pendientes y ecosistemas son controladores o modificadores de los primeros. En conjunto las variables clasifican a la costa en una escala de 1 al 10; siendo 1 el índice con menor sensibilidad ambiental (espacios rocosos, acantilados, plataformas, etc) y 10 el de mayor (estuarios y manglares).

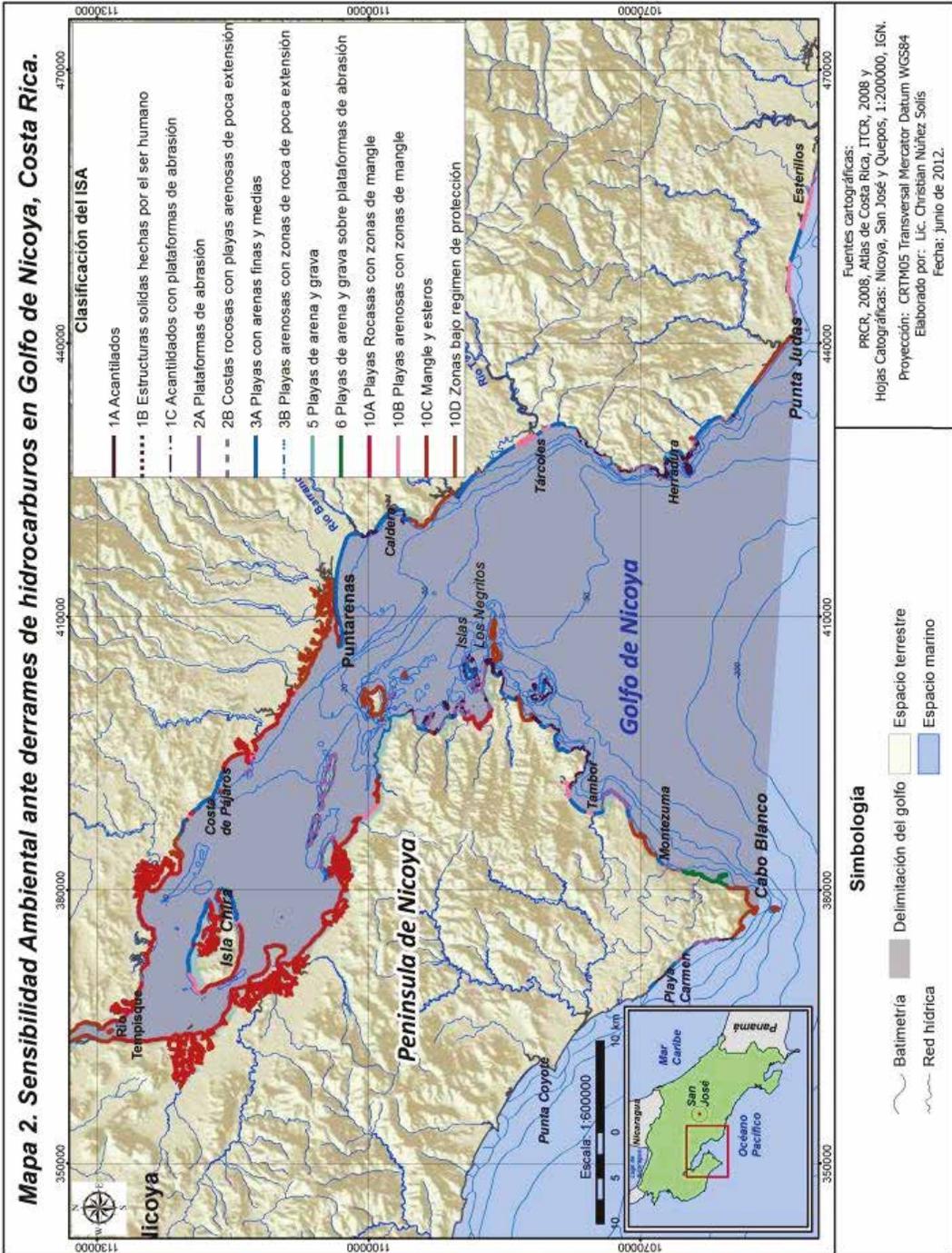
Los componentes de recursos biológicos y de usos antrópicos, son agregados al mapa, a través de la digitalización y edición, sobreponiéndose el mapa de los ISA y obteniendo un MASA integrado (ver figura 1).

A partir de la elaboración de dicho mapa se inicia el análisis para determinar las medidas de respuesta inmediata. Según sea la significancia de la clasificación así serán las acciones recomendadas.

Resultados

Análisis de la clasificación del ISA, comportamiento del hidrocarburo y medidas de respuesta inmediata

Las características morfológicas del litoral del golfo, hacen de este estuario un espacio diferenciado, con agentes dinámicos que dan propiedades específicas a cada sector en estudio. La aplicación de la metodología determina en total 6 clasificaciones del índice de sensibilidad ambiental (ver mapa 2).



Las descripciones, el comportamiento del hidrocarburo y las medidas de respuesta inmediata son descritos para cada índice a continuación:

Tipo 1. Sustratos impermeables verticales expuestos

La línea de costa bajo esta clasificación de ISA se conocen como: acantilados (1A), estructuras solidas hechas por el ser humano (1B) y acantilados con plataformas de abrasión (1C). Se clasifican como costas rocosas y son visibles a lo largo del litoral entre Malpaís hasta Isla San Lucas en la península de Nicoya y desde la desembocadura del río Barranca hasta Punta Judas. (Ver mapa 2).

Estos espacios están definidos por una exposición continua al oleaje fuerte, el tamaño de ola puede ser hasta de 3 m máximo y 1 m mínimo en algunos sectores, además, las corrientes marinas son variables, el sustrato rocoso es impermeable con baja posibilidad de penetración subsuperficial, la pendiente en la zona intermareal es de 30 grados o mayor, resultando en una zona de oleaje estrecha de alta energía. Por esta situación, los organismos presentes son resistentes y adaptados a altas presiones de impacto hidráulico. En líneas de costa construidas por el ser humano, los animales y plantas adjuntas son moderadas o escasas y muchas de las estructuras son construidas con concreto, madera o metal.

La zona intermareal de alta energía y una superficie rocosa impermeable, son factores a favor en caso de que el derrame este presente en esta línea de costa, pues la adherencia del hidrocarburo es baja o nula, en donde el hidrocarburo es disipado y llevado hacia alta mar por la reflexión de las olas al chocar con la pendiente escarpada.

Por las condiciones de oleaje, marea y tipo de sustrato, algunas medidas de respuesta inmediata son: a) las plataformas rocosas y el acantilado son impermeables, por eso el proceso de limpieza de la superficie puede darse de forma natural y rápida, calculando en unas pocas semanas, b) La limpieza generalmente no es requerida o recomendada y c) las altas presiones de choque del agua contra el promontorio ocasionan, remoción del hidrocarburo persistente en grietas y evita la lixiviación del hidrocarburo.

Tipo 2. Sustratos Impermeables, no verticales. Expuestos

Las costas dentro de esta clase son de baja sensibilidad. Dos son los tipos que se identifican en el golfo dentro de esta clasificación: plataformas de abrasión (2A) y costas rocosas con playas de arena de poca extensión (2B).

(Ver mapa 2). En la mayoría de los casos se encuentran cercano a acantilados o promontorios rocosos de mayor pendiente. Los 2A son localizables en sectores como Montezuma, Esterillos y Cabuya. El tipo 2B se extiende en longitudes mayores, ejemplo de estas se observan en Malpaís, en los bordes de las puntas desde bahía Ballena hasta San Lucas, las islas e islotes y en el espacio comprendido entre punta Conejo hasta punta Guapinol.

De forma resumida se pueden indicar que el tipo 2 del ISA, tiene las siguientes apreciaciones: Existe exposición regular de alta energía de las olas o las corrientes de marea, con patrones de reflexión constantes, las pendientes de la zona intermareal es generalmente inferior a 30 grados, lo que resulta en una amplia zona intermareal, que puede ser de hasta cientos de metros de ancho. El sustrato es impermeable y sin capacidad para la penetración del subsuelo en la mayor parte de la zona intermareal, aunque puede haber una fina capa, móviles de sedimento en algunos parches sobre la superficie. Los sedimentos pueden acumularse en la base de los acantilados, pero se movilizan periódicamente por las olas y por la naturaleza del entorno, los organismos adjuntos son resistentes y se adaptan a los altos impactos y presiones hidráulicas.

Por su parte, el petróleo no se adhiere a la superficie húmeda, pero podría penetrar cavidades o grietas. La persistencia de cualquier hidrocarburo suele ser de corto plazo, excepto cuando queda atrapado en arenas sobre los bloques rocosos, puede tener una duración de semanas o meses para eliminarse de forma natural.

Algunas medidas de respuesta son: a) La limpieza no suele ser necesaria, a excepción de las áreas de habitas biológica abundantes en el que penetra el petróleo en crudo, b) El área donde la marea es alta y existe accesibilidad, puede ser factible eliminar las acumulaciones de petróleo pesado y escombros aceitados y c) La eliminación de residuos aceitados y depósitos de petróleo en la línea de marea alta, debe ser rápida y oportuna, principalmente en las zonas de uso recreativo, o para proteger un recurso cerca de la costa, como las aves marinas.

Tipo 3. Sustrato semi-permeable, de bajo potencial para la penetración y entierro de hidrocarburo; infauna presente, pero no muy abundante

Las costas características en esta tipología son las playas de arenas finas o medias (3A) y playas arenosas con zonas de roca de poca extensión (3B). Las costas arenosas se identifican fácilmente a lo largo del litoral.

Ejemplos, son la flecha de arena de Puntarenas, playa Hermosa y Esterillos, playa Carmen y Santa Teresa. Los espacios de arenas finas con áreas de roca frontales son identificables desde punta Conejo hasta Punta Guapinol, entre bahía Ballena hasta punta Naranja incluidas en algunas islas e islotes (Ver mapa 2).

Estas playas son planas a moderadamente inclinadas y relativamente compactas. Se componen predominantemente de arena de finas o medias, producto de la sedimentación a causa de ríos, al arranque de partículas en promontorios rocosos cercanos y/o a la dinámica del oleaje y la marea. No registran grandes acumulaciones de algas, son utilizados por las aves y las tortugas para anidación, desove, reproducción y alimentación. La fauna de mayor número en la playa incluye cangrejos, como el ermitaño y anfipodos. Por lo general son áreas de uso recreativo, con altas densidades de personas.

Las características a resaltar es que el sustrato es semi-permeable (de grano fino y medio de arena), la penetración del hidrocarburo es por lo general menos de diez centímetros, los sedimentos están bien clasificados y compactados (con dureza), en las playas, la pendiente es muy baja, menos de cinco grados, por esto la tasa de movilidad de los sedimentos es baja, y la posibilidad de un entierro rápido es mínima. La presencia de infauna es relativamente baja.

Las acumulaciones del hidrocarburo líquido no viscoso, se mantiene en forma de parches aceitosos o bandas a lo largo de la zona intermareal superior. Las acumulaciones de petróleo crudo cubrirá la superficie completa de la playa cuando esta sea angosta y los residuos se queden estancados al bajar la marea. Se calcula una máxima penetración del hidrocarburo en arenas de grano fino a medio de 10 -15 cm. Organismos que viven en el sedimento de la playa, pueden morir por asfixia o la concentración de aceite letal en el agua intersticial y algunos efectos biológicos incluyen la disminución temporal de la fauna, que pueden afectar importantes áreas de forrajeo de aves playeras.

Algunas medidas inmediatas son: a) Estas playas se encuentran entre los tipos de costas para limpiar, b) La limpieza debería concentrarse en la eliminación del hidrocarburo en crudo y restos oleosos en la zona de resaca superior una vez haya llegado a la costa, c) El tráfico a través de las zonas afectadas debe ser muy limitado, para evitar la contaminación de las áreas limpias. d) Se recomienda la limpieza manual, en lugar de niveladoras y cargadoras frontales. A lo posible se aconseja reducir al mínimo el volumen

de arena retirado de la orilla. e) todos los esfuerzos deben centrarse en la prevención para que la mezcla de hidrocarburo no profundice en los sedimentos por el tráfico vehicular y peatonal y f) El trabajo mecánico de limpieza de sedimentos de un poco de aceite de la marea alta a la zona intermareal superior puede ser efectiva en el exterior de las playas.

Tipo 5. Permeabilidad medio-alto, con potencial alto de penetración y entierro de los hidrocarburos; infauna presente, pero no muy abundante

Estos tipos de costa, se caracterizan por ser playas de arena fina con grava ISA=5, con una inclinación moderada, compuesta de una mezcla de arena y gravas (el componente de gravas comprende entre el 20 al 80 por ciento de sedimentos totales).

Con frecuencia, se presentan en zonas de erosión detrás de una barrera de islas o una desembocadura de río en la parte interna de una bahía. Una localización significativa se observa dentro la bahía Herradura o en las cercanías de Montezuma y Cabuya (ver mapa 2). Aunque se califican en un rango medio, el comportamiento del hidrocarburo en crudo es de alta significancia, pues al entrar en contacto con los sedimentos se hace una pasta viscosa similar al asfalto, muy difícil de remover.

A manera de complemento, durante la realización del trabajo de campo, se localizó una particularidad sobre línea de costa en la desembocadura del río Tárcoles (ver foto 1), un área con alta concentración de desechos sólidos, agente que cumple la misma función que un sector de playa con sedimentos de grava o cantos rodados.

Foto 1. Playa en la desembocadura del río Tárcoles, sector con altas cantidades de desechos sólidos.



Fuentes: Trabajo de campo, octubre 2011.

Los desechos han penetrado en las arenas finas de la playa hasta 50 cm y otros se mantienen en el sustrato superior cubriendo en algunos sectores las arenas en un 100%. Este problema de contaminación, es un agente importante a considerar cuando el hidrocarburo en un estado viscoso entra en contacto con una playa de este tipo. Los efectos son los mismos que en un espacio costero de gravas y arenas, los desechos se mezclan y producen una capa dura como el asfalto, enterrando al hidrocarburo y contaminando la infauna presente en el subsuelo.

Los elementos característicos de los espacios costeros de arenas y gravas se resumen en que la permeabilidad del sustrato es media-alta (mezcla de arena y grava) lo cual permite que el hidrocarburo penetre hasta 50 cm. Las variaciones espaciales en la distribución de tamaños de grano son significativas, se encuentra al grano fino sedimentado (arena de piedras) por la acción de los ríos en la línea de marea alta y los sedimentos más gruesos (piedras o cantos rodados) en la punta de la playa. El componente de grava debe comprender al menos 20 por ciento de los sedimentos. La pendiente es intermedia, entre ocho y 15 grados. La movilidad de los sedimentos no es muy alta, sólo ocurre durante las tormentas, por lo tanto hay un gran potencial para el entierro del hidrocarburo. Los sedimentos son suaves, con baja transitabilidad, y las poblaciones de infauna y epifauna son bajas, excepto en los niveles más bajos intermareales.

Por su parte el en caso de pequeños derrames, el hidrocarburo se deposita a lo largo y por encima de la resaca de marea alta, los derrames grandes se extenderán a través de la zona intermareal, la penetración del hidrocarburo en los sedimentos de arena puede ser de hasta 50 cm, sin embargo, la fracción de arena puede ser muy móvil, y el comportamiento de aceite es muy similar en una playa de arena, siempre y cuando el porcentaje de arena exceda en aproximadamente un 40%. El entierro de hidrocarburo puede ser profunda y por encima de la línea de marea alta, donde el petróleo tiende a persistir, particularmente donde las playas son sólo de forma intermitente expuestas a las olas. En espacios protegidos de la playa, se pueden formar pavimentos asfaltados, si no hay eliminación de acumulaciones del hidrocarburo en crudo. Una vez formados, estos pavimentos asfálticos pueden persistir durante años.

Se recomienda que: a) Cuando el hidrocarburo esta fresco, la pulverización líquida a alta presión y/o la inyección de agua puede ser efectiva,

asegurándose de recuperar la totalidad del petróleo movilizado, b) Los aceites pesados y desgastados son más difíciles para eliminar, requiere raspado y/o rociado de agua caliente.

Tipo 6. Permeabilidad alta, con potencial alto de penetración y entierro del hidrocarburo

Al igual que en el Tipo 5, esta clasificación tiene impactos potencialmente negativos en los sectores donde el hidrocarburo en crudo penetra. La diferencia recae en la extensión del área. Ejemplo, en la sección de línea de costa que va desde Playa Cedro en Montezuma hasta punta Cabo Blanco (mapa 2), es una porción de terreno que se caracteriza por una plataforma de abrasión cubierta por arenas finas y medias con gravas y cantos rodados (clase=6), producto de tres agentes: el arranque de sedimentos de las zonas rocosas intermareal, el arrastre de partículas de los ríos cercanos y a la al arranque-arrastre-depositación de la dinámica del oleaje de sector marítimo de la zona.

Los elementos esenciales se describen por que el sustrato es muy permeable (gravas), con una penetración de hasta 100 cm, la pendiente es de baja a intermedia, entre 0 y 20 grados, el entierro rápido y la combinación del hidrocarburo a nivel superficial puede ocurrir durante las tormentas. Existe una gran variabilidad anual del hidrocarburo al grado de exposición, y por lo tanto en la frecuencia de la movilización por las olas. La penetración se puede extender a profundidades inferiores diferenciadas en el lapso de un año. Los sedimentos tienen el más bajo de la transitableidad en todas las playas. La Tasa de reposición natural de los sedimentos es la más lenta de todas las playas. Por último, la infauna y epifauna es baja, excepto en los niveles inferiores intermareales.

En cuanto al comportamiento de los hidrocarburos, las playas de grava se clasifican con la sensibilidad más alta dentro de las playas arenosas, principalmente por la posibilidad de penetración y entierro del hidrocarburo a una profundidad considerable. La lenta reposición de la línea de costa de forma natural hace la remoción de sedimentos contaminados altamente difícil, por lo tanto los esfuerzos de limpieza cobran altos recursos humanos y económicos. Para muchas playas de grava la acción de las olas no son lo suficientemente grandes como para remover los sedimentos contaminados a cierta profundidad, y en caso de que la ola sea suficiente para

la remoción, esta solo se produce una vez cada pocos años, lo que alarga el plazo de la permanencia del hidrocarburo en el subsuelo y al igual que en el Tipo 5, se pueden formar pavimentos asfaltados, si no hay eliminación de acumulaciones del hidrocarburo en crudo.

Las medidas de respuesta una vez que el hidrocarburo ha llegado a la línea de costa son mínimas, es sumamente costosa la remoción de los estratos contaminados. Se recomienda remover en su totalidad el sustrato con hidrocarburo y depositar un nuevo sedimento. Sin embargo, no es recomendado tomando en cuenta el impacto ambiente al estado natural del espacio costero. La mejor opción es no permitir la llegada del hidrocarburo, con la ayuda de barreras en sitios estratégicos.

Tipo 10. Los humedales con vegetación emergente y zonas bajo régimen de protección

Las áreas de mangle se pueden dividir en dos espacios en el litoral del golfo, la primera al interno del golfo, desde punta Naranjo hasta el estero de Puntarenas (ver mapa 2), y en segundo plano microespacios en los sectores donde existen desembocaduras de río y en las parte interna de las bahías.

Según la clasificación dentro del Tipo 10 encontramos cuatro diferentes clases de costa, las áreas con mangle sobre una base rocosa (10A), los mangles con una fachada de arenas (10B), los manglares y esteros (10C) y las zonas bajo régimen de protección (10D), Esta última clasificación se da por la alta sensibilidad que tiene un espacio con categoría de conservación, protección y reserva de especies silvestres (ver cuadro 1).

Cuadro 1. Zonas bajo régimen de protección sobre la línea de costa del Golfo de Nicoya

Categoría	Nombre
Parque Nacional	Palo Verde
Humedal de la Humanidad	Estero de Puntarenas y Marino de playa Blanca
Reserva Nacional Absoluta	Cabo Blanco y Nicolas Wessber
Reserva de Vida Silvestre	Romelia, Curú, Isla San Lucas, La Ensenada y Playa Hermosa
Reserva Biológica	Isla Negritos
Zona de Protección	Tivives

Fuente: Elaboración propia con datos del SINAC, 2012.

Los elementos esenciales que los caracterizan es que el terreno es plano y el sustrato puede estar conformado por barro, arena y lodo orgánico, existen diversos tipos de vegetación, los cuales incluye gramíneas herbáceas y vegetación leñosa, vegetación acuática flotante (VAF) y vegetación acuática sumergida (VAS), son espacio de alimentación, reproducción y anidación de muchas especies vertebradas e invertebradas. Las actividades comerciales e industriales de acuicultura, pesca y áreas de extracción de sal son características y además, representa una fuente de ingresos para los pobladores en actividades turísticas.

Por su parte, cuando la marea es alta, las manchas de hidrocarburo entran en los manglares y quedan depositadas sobre las raíces y el sedimento sale a la superficie cuando la marea retrocede. El alcance y la distribución de la contaminación pueden ser muy difíciles de evaluar en un bosque profundo poco tiempo después del derrame, ya que el hidrocarburo en el suelo puede ser invisible. En una etapa posterior se podrá usar el estudio aéreo si el hidrocarburo mata los manglares, cuando las zonas muertas sean fácilmente visibles debido a la defoliación. El petróleo pesado o viscoso puede matar los manglares al cubrir los poros de respiración de los árboles, asfixiando por tanto las raíces de la superficie que dependen de los poros para obtener oxígeno. Los organismos que viven en los manglares se ven afectados de dos formas: a) Puede haber muchas muertes por resultado directo del hidrocarburo. Éste, por ejemplo, puede penetrar en las galerías excavadas en los sedimentos, matando cangrejos y lombrices, o cubrir los moluscos que se encuentran en los sedimentos de la superficie y en las raíces aéreas y b) Los árboles muertos se pudren enseguida, lo que conlleva la pérdida del hábitat para los organismos que viven en las ramas, coberturas de los árboles y en los sistemas de raíces aéreas.

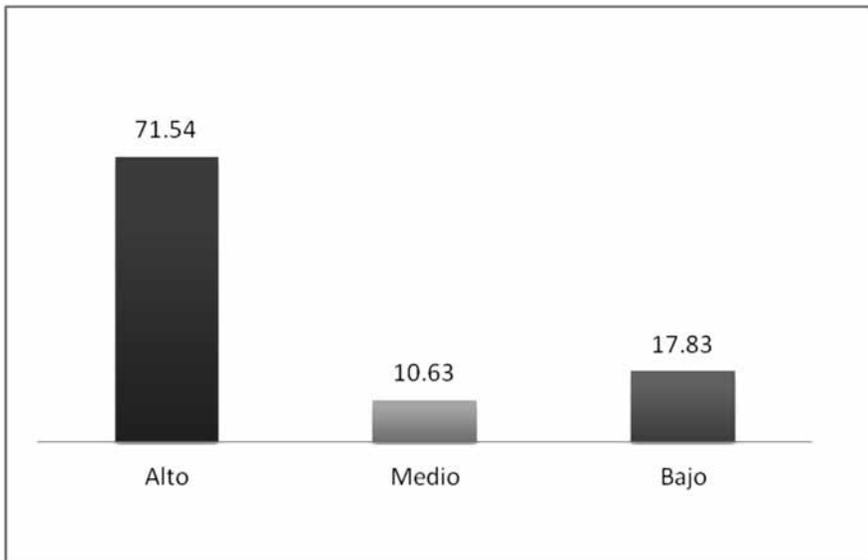
Por la sensibilidad de estos espacios costeros a los derrames de hidrocarburos y por ser zonas de protección, se pueden recomendar medidas antes de que la contaminación llegue a la línea de costa y una vez que esta haya entrado. Para el primer escenario se recomienda: a) Recuperación mecánica lejos de las costas de los manglares, b) Protección de las costas de manglar con barreras flotantes y c) Dispersión (con dispersantes de hidrocarburo) lejos de la costa. Sin embargo, esta medida puede ser la que suscita un mayor debate. Por el impacto que puede ocasionar en la dinámica del ecosistema, cuando el crudo es o no tratado.

Una vez que el hidrocarburo ha penetrado, las tareas de limpieza son arduas, minuciosa y con un grado de dificultad mayor, algunas medidas son: a) Barrera flotante y recuperación del hidrocarburo en la superficie del agua en los riachuelos del manglar, b) Bombeo del grueso del hidrocarburo desde los sedimentos de la superficie, las depresiones y los canales, c) Lavado a presión de los sedimentos superficiales y los árboles, llevando el hidrocarburo suelto a las zonas donde se pueda recoger y d) Uso de materiales absorbentes con posterior recolección y disposición.

1.1. Nivel de sensibilidad ambiental en el Golfo de Nicoya

En términos generales, el Golfo de Nicoya es un espacio marino-terrestre de alta sensibilidad ambiental, la tipología de costa, las especies biológicas y las actividades humanas serían perjudicadas fuertemente por los efectos de un derrame de hidrocarburos. En el gráfico 1 se resume la evaluación de la sensibilidad ambiental de la costa en los niveles alto-medio-bajo y en el mapa 3 la localización geográfica en las áreas costeras del golfo.

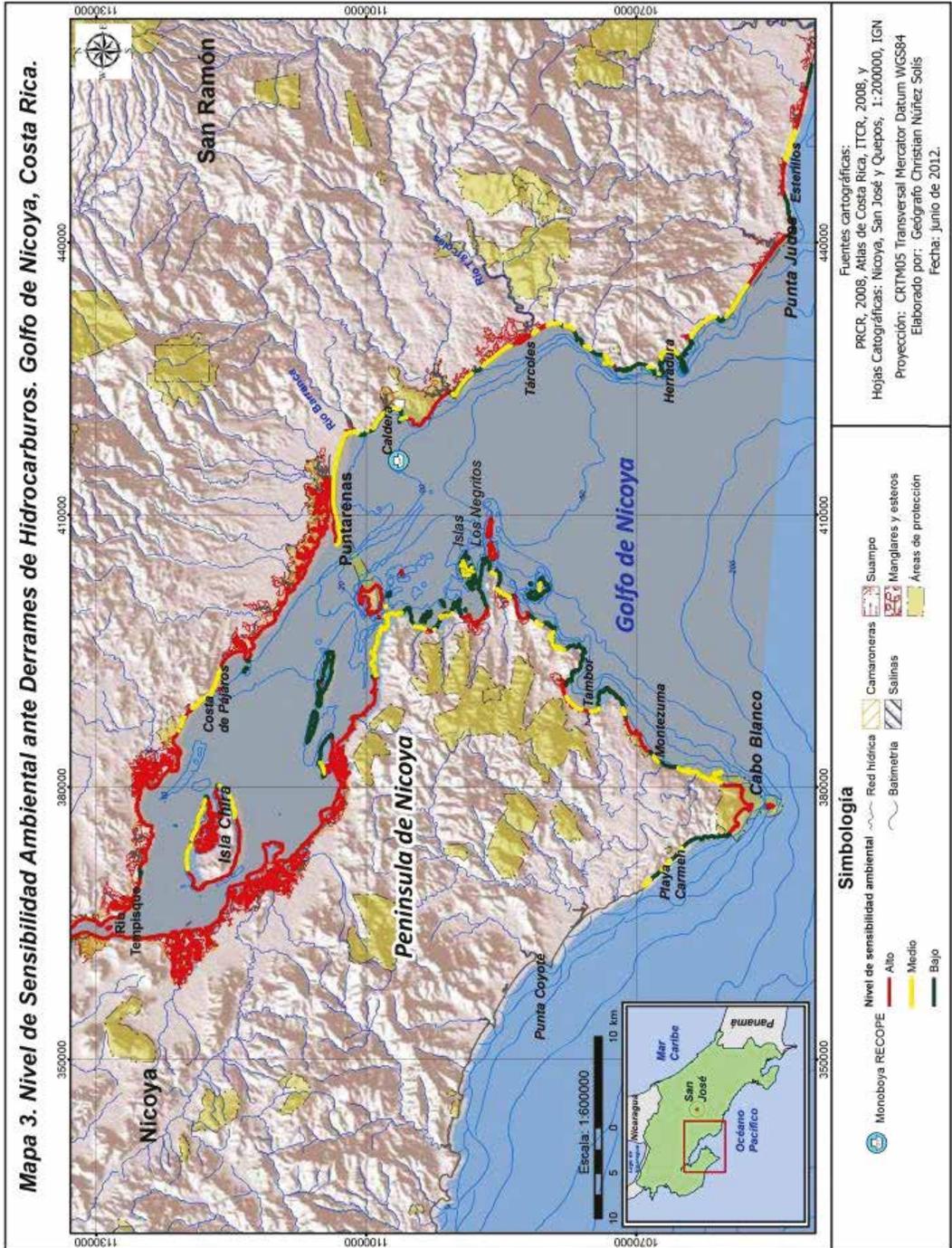
Gráfico 1. Nivel de Sensibilidad ambiental en porcentaje para el Golfo de Nicoya.



Fuente: Elaboración propia

Los resultados estiman que aproximadamente el 70% del área de estudio se encuentra en alta sensibilidad ambiental. Espacios localizados principalmente en los manglares y esteros son los lugares que ante un derrame de hidrocarburos sufrirían un impacto altamente significativo a los elementos ambientales y socioeconómicos de la región. La línea de costa al interno del golfo, desembocadura del río Tempisque hasta el estrecho entre Isla San Lucas y Puntarenas (ver mapa 3), es el espacio marítimo – costero de mayor sensibilidad ambiental en todo el área de estudio. Esto por la presencia de bosques de mangle, suelos lodosos, biodiversidad de flora y fauna y a las diferentes actividades socioeconómicas que se desarrollan dentro y fuera del estuario. Otros espacios altamente sensibles son las bahías y las áreas silvestres protegidas.

A pesar que la sensibilidad ambiental media significa aproximadamente un 10% del total, existen consideraciones importantes a tomar en cuenta, como lo son: a) Las áreas de costa, en Cabuya, en la que los materiales o sustratos están compuestos por gravas y arenas, son lugares de alta sensibilidad ambiental ante derrames de petróleo crudo, lo cual ocasionaría afectaciones por meses o años. b) Las playas en la desembocadura del río Tárcoles y Barranca presentan altas cantidades de contaminación por residuos sólidos, si un derrame llega a estas costas la limpieza sería dificultosa y los daños sustanciales y c) Las áreas de sensibilidad ambiental baja representan un 18% del área de estudio, son espacios de acantilados y plataformas de abrasión, donde la limpieza se puede dar de forma natural, sin embargo estos sitios no dejan de presentar una sensibilidad, recordando que todo cambio al estado natural de un hábitad es un impacto.



Escenario de aplicabilidad de los MASA

A manera de ensayo, existe un elemento a tomar en cuenta para formular un escenario de aplicabilidad de los MASA en caso de derrame de hidrocarburos. Este se estima en la eventualidad de una emergencia producto de una fuga en el futuro proyecto a desarrollarse por RECOPE de una monoboya de transporte de hidrocarburos. Esta edificación se localizará a 7 km dirección nor-oeste mar adentro en línea recta del poblado de Chacarita, Puntarenas sobre la curva batimétrica de -20m (mapa 3). Dos son en general los factores más importantes para la toma de decisiones: a) Aspectos relacionados con el vertido y su comportamiento, como lo son: la estimación de la cantidad de hidrocarburo derramado, tipo de hidrocarburo, la dirección de la mancha, la dinámica de las corrientes marinas, el oleaje, la batimetría, los vientos, época del año, entre otros. b) Un segundo análisis es la localización de los espacios de mayor sensibilidad ambiental, que son por consiguiente lugares donde el vertido no puede entrar y en el que se dirigirán todos los esfuerzos para que la mancha no los contamine.

Un rápido recorrido sobre el mapa 3 proporciona un panorama general de la situación, derivando en las siguientes observaciones:

La mancha del hidrocarburo no puede penetrar al interior del golfo por su alta sensibilidad ambiental, debe ser obstaculizado con barreras flotantes y tecnología adecuada en espacios estratégicos, localizados entre la isla San Lucas y Puntarenas.

Si el vertido es controlado se puede dar el arrastre de la mancha a sectores de sensibilidad media como playas de arena fina, estos puntos deber ser seleccionados bajo rigurosos criterios de ubicación a lo largo de Puntarenas, Barranca y Caldera.

Sin embargo, el propósito es impactar en lo menos posible el estado natural de los hábitats, por esto el arrastre y recolección producirá menos daños al ambiente en sectores de acantilados o mar abierto, los esfuerzos para lograr este cometido sería el objetivo principal.

Ahora bien, los especialistas tendrán que tomar en cuenta que si el escenario del derrame se presenta en época lluviosa, con precipitación constante, con vientos del suroeste, alto oleaje, en marea alta, con importantes descargas de caudal de los ríos adyacentes, con una sustancia de petróleo en crudo y un vertido mayor a 7 toneladas (50 barriles). El resultado

es un panorama altamente delicado, en que la toma de decisiones y el plan de contingencia deber ser oportuno y efectivo.

Discusión de Resultados

Al examinar el nivel de sensibilidad ambiental ante derrames de hidrocarburos localizados en zonas de mangle y esteros, la significancia arroja un impacto altamente negativo, según la clasificación de la NOAA y en concordancia con (Nilsen y Quesada, 2006), estos ecosistemas concentran una activa dinámica para los pobladores del golfo y la biodiversidad de sitio, si se toma en cuenta que: a) La actividad pesquera, acuicultura y salinas se extrae de estos hábitats. De los que dependen una gran cantidad de pobladores de las comunidades circundantes. b) Los bosques de mangle son un humedal de vida para un sin número de especies, vertebrados e invertebrados, que sirven de alimento, casa y reproducción. La cadena alimenticia socavaría a todos los niveles. c) Muchas personas alrededor del golfo dependen de las actividades turísticas y de las riquezas escénicas y biológicas en los esteros y manglares, las distorsiones a este ecosistema perjudicarían directamente a las comunidades dependientes de esta actividad. d) La pesca artesanal también sería una actividad en la que la población tendría un efecto negativo, cuando el hidrocarburo entra en las zonas fangosas y lodosa del mangle las primeras especies que contaminaría y envenenaría son a los bivalvos (pianguas y moluscos), cangrejos, camarones y algunos peces característicos de estos espacios.

En la escala media, hay que poner especial atención en aquellas áreas de costa en la que los materiales o sustratos estén compuestos por gravas y arenas (Bergoing, 1998). El sector de Cabuya sería en principio un espacio de sensibilidad alta. El derrame de un hidrocarburo de petróleo crudo, ocasionaría afectaciones por meses o años. La capa asfáltica que pueda generarse y el entierro conllevarían a un problema para la limpieza y la recuperación del estado natural, tanto para la biología local como para los pobladores que subsisten de esta área.

El impacto en playas de arenas finas y medias se resume en dos: a) La principal actividad humana sobre estas líneas de costa es la turística, que incluye una cierta cantidad de servicios, de los que dependen los pobladores locales, como son: la recreación, el hospedaje, la venta de comida, viajes dirigidos, entre otras. Todos estos aspectos se afectarían de

forma directa, golpeando fuertemente la economía local y a su vez nacional, recordando la importancia de estos espacios costeros para el desarrollo monetario de Costa Rica (Nilsen y Quesada, 2006) y b) La riqueza biológica de los sectores de playa es variada y múltiple, se encuentran aves, mamíferos, reptiles, anfibios e invertebrados diversos (Monge, 2004). Es un espacio de reproducción y alimentación, afectando el número y tipos de comunidades de fauna y flora.

Las playas en la desembocadura del río Tárcoles y Barranca presentan contaminación de residuos sólidos, aspecto que ya produce un impacto de salud pública, a elementos como el aire, el suelo, el agua, el paisaje, las especies biológicas y a los pobladores. Si un derrame llega a estas costas los daños se duplicarían y la limpieza sería en escala más difícil. En varias investigaciones (Castro, Jiménez, y León. 2000) concluyeron que el costo total de la contaminación doméstica y comercial que se realiza sobre las cuencas de los ríos Tárcoles, Tempisque, Barranca y el Golfo de Nicoya se estimó en \$218,4 millones (¢69.232 millones) al año.

A pesar que el 18% del área de estudio presenta una sensibilidad ambiental baja, y que de forma natural se puede dar la limpieza, no deja de ser una cifra de cuidado. Las mareas pueden mover la mancha de hidrocarburo a espacios abiertos mar adentro en la que existen peces, invertebrados y fauna marina afectándose de igual forma que en un espacio de sensibilidad medio o alto.

Se contabilizan en total 12 zonas bajo el régimen de protección, conservación o reserva y un parque nacional (SINAC, 2010), estas áreas son de alta sensibilidad por la categoría de importancia biológica. Los hidrocarburos que lleguen a estas áreas ocasionarían un impacto igual o mayor a los ocurridos en los manglares y esteros.

Como concluyen los estudios realizados por (Alvarado, Flores y Miranda, 2010) y (Moraga, 2009) es de vital importancia la incorporación de la sociedad civil. Los pobladores y vecinos de las áreas contaminadas son las personas que mejor conocen el espacio, deben de ser tomadas en cuenta y capacitadas dentro de los planes de respuesta en caso de existir un derrame que afecte la fauna y flora. Son en términos sociales y económicos los individuos más afectados por un derrame.

Referencias

- Alvarado, M, Flores, M y Miranda, P. (2011). Propuesta de zonificación turística como modelo de planificación territorial para comunidades del Golfo de Nicoya. *Revista Geográfica de América Central*. N° 46. I Semestre 2011. pp. 87–107.
- Bergoeing, J. P. (1998). *Geomorfología de Costa Rica*. San José: Instituto Geográfico Nacional.
- Bergoeing, J. P. y Brenes, L. (2007). *Práctica de la Geografía*. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Bergoeing, J.P. y Vargas–Ulate, G. (2010). *Diccionario de la Geografía*. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Castro, E, Jiménez, L y León, S. (2000). Valoración económico – ecológica de la degradación de las aguas del Golfo de Nicoya. (Resumen Ejecutivo). CINPE / UNA.
- Denyer, P. y Kussmaul, S. (Eds.) (2000). *Geología de Costa Rica*. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago.
- Flores Silva, E. (2004). *Geografía de Costa Rica*. Ed. 8ta. San José: Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Esquivel Jiménez, J. (2011). Sensibilidad ambiental ante derrame de hidrocarburos entre la desembocadura del río Matina y Puerto Limón, Costa Rica. Proyecto de Licenciatura, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
- International Petroleum Industry Environmental Conservation Association (IPIECA). Asociación Regional de Empresas de Petróleo y Gas Natural en Latinoamérica y el Caribe (ARPEL). (1990-2007). Preparación y respuesta ante derrames de hidrocarburos. Obtenido el 10 de octubre del 2011, desde http://www.ipieca.org/sites/default/files/publications/OSR_Summary_Spanish.pdf.
- Instituto Costarricense de Turismo. (Costa Rica). *Oferta de Hospedajes en los cantones de Nicoya, Nandayure, Cañas, Bagaces, Abangares, Puntarenas, Esparza, Garabito y Parrita*. Escala 1: 5000. Proyección Transversal de Mercator CRTM05. San José: Instituto Costarricense de Turismo, 2012.
- Instituto Geográfico Nacional. (Costa Rica). *Hojas cartográficas Abangares, Barranca, Berrugate, Cabuya, Chapernal, Golfo, Herradura, Parrita, Río Arío, Tárcoles, Tambor, Venado*. Escala 1: 50 000.

- Proyección Cónica Conforme de Lambert. San José: Instituto Geográfico Nacional, 1983-1989.
- Instituto Geográfico Nacional. (Costa Rica). Hojas cartográficas San José, Nicoya y Quepos. Escala 1: 200 000. Proyección Cónica Conforme de Lambert. San José: Instituto Geográfico Nacional, 1985.
- Atlas digital de Costa Rica. Escala 1:200 000. Proyección Cónica Conforme de Lambert. Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2008.
- Martínez Guingla, R. (2003). Mapas de sensibilidad ambiental, una herramienta para el diseño una de infraestructura costera y portuaria. Departamento de Oceanografía y Clima. Obtenido el 13 de octubre del 2011, desde <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/ecuador10/coste.pdf>.
- Monge Nájera, J. (2004). Historia Natural de Guanacaste. San José: Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Moraga, G (2011). Geografía cultural e identidad territorial: el caso de la comunidad de Cabuya, distrito de Cóbano, Puntarenas, 2009. Revista Geográfica de América Central. N° 46. I Semestre 2011. pp. 131–154.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2007). Environmental Sensitivity Index Map. Obtenido el 18 de agosto 2011, desde <http://response.restoration.noaa.gov/esi>.
- Nielsen Muñoz, V. y Quesada Alpízar, M. (Eds.). (2006). Informe Técnico: Ambientes Marino Costeros de Costa Rica. Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR) y The Nature Conservancy (TNC). San José.
- OMI-RAC/REMPEITC-Caribe. (2010). Regional Marine Pollution Emergency, Information and Training Center. Annex B Caribbean island OPRC Plan National Focal Points and Country Profiles. Obtenido el 01 agosto 2011, desde <http://cep.unep.org/racrempeitc/regional-oprc-plans/annex-b-country-profiles-focal-points/view>.
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). 2010. Mapa de Áreas Silvestres Protegidas de Costa Rica. Proyección WGS84. San José: USIG-INBIO.
- The International Tanker Owners Pollution Federation Limited (ITOPF). (2010). Oil Tanker Spill Statistics. Obtenido el 01 setiembre

2011, desde <http://www.itopf.com/-information%2Dservices/data%2Dand%2Dstatistics/statistics/>

Unidad Ejecutora del Proyecto Regularización Catastral y de Registro. (Costa Rica). Cartografía base: línea de costa, curvas de nivel, ríos y carreteras. Escala 1: 5000. Proyección Transversal de Mercator CRTM05. San José: Asamblea Legislativa, 2007.

Unidad Ejecutora del Proyecto Regularización Catastral y de Registro. (Costa Rica). Fotografías aéreas del área del Golfo de Nicoya. Escala 1: 25000. Proyección Transversal de Mercator CRTM05. San José: Asamblea Legislativa, 2007.