LA SENSIBILIDAD AMBIENTAL
DE LOS ECOSISTEMAS COSTEROS DE EL SALVADOR ANTE DERRAMES DE HIDROCARBUROS

José Enrique Barraza
Biólogo marino

UFG
www.ufg.edu.sv
Editores
Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación

LA SENSIBILIDAD AMBIENTAL
DE LOS ECOSISTEMAS COSTEROS DE EL SALVADOR ANTE DERRAMES DE HIDROCARBUROS

José Enrique Barraza
Biólogo marino

UNIVERSIDAD FRANCISCO GAVIDIA
UFG Tecnología, Innovación y Calidad

Misión
La formación de profesionales competentes, innovadores, emprendedores y **éticos, mediante la aplicación de un proceso académico de calidad que les permita desarrollarse en un mundo globalizado.**

Visión
Ser la mejor universidad salvadoreña, con proyección global, que se caracteriza por la calidad de sus graduados, de su investigación, de su responsabilidad social y de su tecnología.

Consejo Directivo

Presidenta:	MEd. Rosario Melgar de Varela
Vicepresidenta:	Dra. Leticia Andino de Rivera
Secretaria General:	MEd. Teresa de Jesús González de Mendoza
Primer Vocal:	Dr. e Ing. Mario Antonio Ruiz Ramírez

Rector
Dr. e Ing. Mario Antonio Ruiz Ramírez

Vicerrectora
Dra. Leticia Andino de Rivera

Secretaria General
MEd. Teresa de Jesús González de Mendoza

Dirección y contacto
Universidad Francisco Gavidia: Calle El Progreso No. 2748, Edificio de Rectoría, San Salvador, El Salvador. Tel. (503) 2249-2700

www.ufg.edu.sv

Misión
Diseñar, promover y acompañar iniciativas, políticas, programas y proyectos académicos empresariales para el desarrollo de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación que impacten en la productividad y competitividad de El Salvador.

Visión
Ser el instituto científico líder en El Salvador en el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación.

Director
Oscar Picardo Joao, PhD.

UFG EDITORES

Coordinación
Jenny Lozano

Corrector de estilo
Lic. Carlos Alberto Saz

Diseñador
Gustavo Adalberto Menjívar

DIRECCIÓN Y CONTACTO
Universidad Francisco Gavidia: Calle El Progreso No. 2748, Edificio de Rectoría, San Salvador, El Salvador.
Tel.: (503) 2249-2700 y (503) 2249-2716
Correo electrónico: editores@ufg.edu.sv
www.ufg.edu.sv

DE ESTA EDICIÓN

Título: La sensibilidad ambiental de los ecosistemas costeros de El Salvador ante derrames de hidrocarburos.

Autor: José Enrique Barraza

La investigación contó con el apoyo de Guarda-Recursos del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales asignados a: área natural protegida natural Complejo Los Cóbanos y sitio Ramsar Complejo Bahía de Jiquilisco.

Colección: Ciencias del mar

ISBN 978-99923-47-62-1

Primera Edición
©Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación (ICTI), 2017

El contenido y opiniones vertidas en la publicación son responsabilidad exclusiva del autor. Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento, sin previa autorización de los editores.

Edición de 300 ejemplares.

Impreso en Talleres Gráficos UCA
Agosto 2017, San Salvador, República de El Salvador, América Central.

Consejo de Redacción

Oscar Picardo Joao
Director del Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación (ICTI-UFG)

Rainer Christoph
Investigador Nanotecnia del ICTI-UFG

Rolando Balmore Pacheco
Director de Egresados y Graduados UFG

Francois Malgouyres (Francia)
Ejecutivo del Ministerio Francés de Educación

Robinson Salazar Pérez (México)
Investigador de la Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), México y Coordinador del Programa de Doctorado en Ciencias Políticas

Fernando Amestoy Rosso (Uruguay)
Director en Polo Tecnológico de Pando (Facultad de Química, UDELAR)
Presente en Parque Científico – Tecnológico de Pando

Índice de contenido

Introducción 9

Materiales y Métodos 10

Resultados y discusión 10

Los ecosistemas litorales 11

Playas de arena 11

Manglares 12

Playas rocosas 13

Acantilados 14

Playones (bajos) 15

Pantanos o zanjas con agua permanente, usualmente de agua dulce 16

Rompeolas, espolones, muelles 17

Granulometría 17

Mapas de sensibilidad ambiental 19

Glosario 28

Literatura citada 28

INTRODUCCIÓN

El transporte de hidrocarburos a escala global se efectúa mediante buques de grandes dimensiones a través de los diferentes océanos. Al ocurrir un accidente marítimo en zonas costeras, ya sea en buques, otras embarcaciones o infraestructura de almacenamiento, este material puede derramarse en el mar y alcanzar las zonas litorales causando impactos ambientales, sociales, económicos y hasta políticos (Sindermann, 2006).

Los derrames de hidrocarburos presentan varios mecanismos de afectación a los ecosistemas costeros, siendo algunos de ellos los siguientes: a) La viscosidad que permite que el petróleo crudo y varios de sus derivados se adhieran a seres vivos. b) La toxicidad de estos compuestos. c) Su lenta degradación. Esto permite una severa alteración de lenta reversibilidad en los ambientes afectados, que se refleja en importantes pérdidas de organismos marinos, algunos de los cuales presentan importancia pesquera (TITOPF, 1987; NOAA, 2001; Sindermann, 2006).

Los daños que ocasionan los hidrocarburos a los ecosistemas antes mencionados dependen de varios factores, como cantidad derramada, patrones meteorológicos, hidrodinámica, geomorfología de los ambientes litorales, biodiversidad asociada, ciclos biológicos de fauna, respuesta al derrame. Uno de los principales es el tamaño del grano de arena, grava o cantos rodados, así como la ocurrencia de hendiduras, ya que el petróleo o derivados viscosos penetran en esos espacios o se hunden bajo granos gruesos, y su remoción puede tomar hasta más de 10 años (RPI, 1999; Sindermann, 2006), afectando procesos biológicos o actividades económicas.

En muchos países con tráfico marítimo han ocurrido derrames de hidrocarburos, incluyendo uno de petróleo en una planta almacenadora ubicada en Puerto Sandino, en la costa pacífica de Nicaragua, sucedido en agosto de 2016, que aparentemente no alcanzó las costas salvadoreñas en el golfo de Fonseca. En El Salvador, durante la transferencia de este tipo de material desde un buque tanquero a tierra firme, se registró un importante derrame de aproximadamente 400 barriles de petróleo reconstituido (Recon) en el Puerto de Acajutla, en junio de 1994. Autoridades nacionales y expertos extranjeros monitorearon la mancha del hidrocarburo sobre el mar, así como los niveles de estos compuestos y otros contaminantes en organismos bioindicadores, agua y sedimentos marinos cercanos (Michel y Henry, 1997; Michel y Zengel, 1998; Cotsapas *et al.*, 2000). Las autoridades ambientales del momento facilitaron la contratación de expertos internacionales que coordinaron con funcionarios nacionales en recursos marinos la elaboración de un atlas de mapas de sensibilidad de la costa de El Salvador ante derrame de hidrocarburos, que derivó en la producción de dos documentos impresos e información digital (RPI, 1999), con la finalidad de facilitar la toma de decisiones en un posible futuro incidente.

Los principales ecosistemas litorales y sublitorales del país son playas arenosas y su vegetación asociada, playas rocosas, playones de marea, manglares, pantanos costeros (Cotsapas *et al.*, 2000; Barraza, 2014a,b).

Las playas arenosas componen el ecosistema dominante del litoral salvadoreño, y a éstas se asocian unos remanentes de vegetación de playa, ya escasos en el país. Los fondos y playas rocosas reflejan la actividad volcánica reciente del país y se ubican en el departamento de Sonsonate, La Libertad, San Miguel y La Unión; por ejemplo, el área natural protegida de Los Cóbanos, y las playas El Zonte, El Cuco y Las Tunas, respectivamente. Los playones de marea se ubican en espacios interiores protegidos, usualmente estuarios, y se caracterizan por presentar pendientes muy suaves, así como se ubican a poca profundidad, por lo que quedan expuestos durante las mareas bajas. Los manglares también son parte de los estuarios y se caracterizan por presentar una vegetación de cuatro a cinco especies de árboles y arbustos adaptados a sobrevivir en fondos lodosos y a las variaciones de las mareas. Los más representativos del país son Barra de Santiago, Estero de Jaltepeque, Bahía de Jiquilisco y Bahía de La Unión. Usualmente, tras los manglares en tierra firme se encuentran pantanos donde predomina el agua dulce y a veces salinidades mínimas menores a 5 parte por mil; un ejemplo es “El Aguaje”, que se ubica al Norte del estero de Jaltepeque.

La hidrodinámica es importante ya que olas intensas degradan con mayor rapidez a este tipo de compuestos; en cambio en zonas de baja dinámica, la degradación es más lenta (Acuña *et al.*, 1996).

Los índices de sensibilidad ambiental de zonas costeras referidas, que se han generado en Centroamérica y El Salvador, proponen el siguiente orden decreciente de resistencia a los derrames mencionados: Acantilados> zonas rocosas compactas> arenas finas de alta energía> arenas finas> arenas gruesas> gravas> rocosas con espacios o hendiduras> arrecifes de coral> manglares-pantanos costeros (Acuña *et al.*, 1996; RPI, 1999; Núñez-Solís, 2012).

Se propone este documento, con información ambiental actualizada, como una herramienta que facilite la selección de decisiones apropiadas por parte de

autoridades nacionales, ante un evento de este tipo. Y al mismo tiempo, que apoye los procesos de reclamo por daños y gastos incluidos por limpieza, durante un derrame de petróleo e hidrocarburos pesados.

Los mapas presentados en este documento y sus versiones digitales no tienen el objetivo de representar límites fronterizos de El Salvador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Basado en la metodología de Acuña *et al.* (1996), RPI (1999) se recolectaron muestras de sedimento para determinar el tamaño de grano, que permitió precisar las playas donde un hidrocarburo podría penetrar con mayor profundidad. Al mismo tiempo, se caracterizó la biodiversidad de la zona, así como la presencia de infraestructura de índole productiva o residencial. Las veinte playas arenosas seleccionadas por la representatividad de la biodiversidad nacional se detallan así: 1) Barra de Santiago. 2) Metalío. 3) Acajutla, zona muelle antiguo. 4) Acajutla, zona industrial del Puerto. 5) Los Cóbanos. 6) Barra Ciega. 7) Barra Salada. 8) Mizata. 9) Conchalío. 10) San Diego. 11) La Zunganera. 12) San Marcelino. 13) Punta San Juan. 14) Isla San Sebastián. 15) El Espino. 16) El Cuco. 17) El Icacal. 18) El Tamarindo. 19) Punta Chiquirín. 20) Isla Periquito. El Cuadro n.° 1 incluye las coordenadas geográficas, según numeral.

Cuadro n.° 1
Coordenadas geográficas de playas donde se recolectó arena para análisis granulométrico. ***G:*** *grados,* ***M:*** *minutos,* ***S:*** *segundos.*

PLAYAS	LATITUD NORTE			LONGITUD OESTE		
	G	M	S	G	M	S
1	13	42	1.4	90	01	42.9
2	13	37	51.3	89	53	26.3
3	13	35	37.9	89	50	9.1
4	13	43	9.4	89	49	56.5
5	13	31	26.7	89	48	25.2
6	13	31	42.9	89	43	50.8
7	13	32	0.2	89	41	5.7
8	13	30	41.9	89	35	58.5
9	13	28	59.5	89	20	19.7
10	13	23	37.3	89	16	43.8
11	13	24	9.2	89	07	36.8
12	13	20	59.7	89	01	28.7
13	13	10	12.6	88	27	21.3
14	13	10	50.3	88	26	42.9
15	13	10	20.8	88	18	26.0
16	13	10	20.1	88	06	34.7
17	13	09	56.0	88	01	28.9
18	13	10	53.8	87	54	57.0
19	13	17	43.6	87	46	56.6
20	13	23	17.8	87	50	52.7

La recolecta de sedimento arenoso se realizó entre los meses de enero y febrero de 2017 , el tamaño medio de grano se determinó mediante la fórmula siguiente: Media de tamaño de grano= (16Q+50Q+84Q)/3, donde Q: percentil, de acuerdo a RPI (1999) y Mustain (2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tipo dominante de mareas en El Salvador es semidiurna, es decir que generalmente ocurren dos períodos de bajamar y dos de pleamar en 24 horas, con una amplitud media de marea viva de 3.23 m (Gierloff-Emden, 1976). Las amplitudes entre bajamar y pleamar oscilan entre los -0.4 m a 3.9 m aproximadamente en el golfo de Fonseca y una amplitud menor en la línea litoral adyacente al Océano Pacífico, que oscila de -0.3 m a 2.6 m aproximadamente (DGOA, 2017).

LOS ECOSISTEMAS LITORALES

A continuación se describen los principales ecosistemas costeros de El Salvador y sus variantes o combinaciones, detallando características principales.

Playas de arena

Es el principal tipo de ecosistema litoral de El Salvador, que se interrumpe por zonas rocosas y bocanas de estuarios o ríos. Las franjas litorales que incluyen a este ecosistema son estos: a) Desde Bola de Monte hasta la zona de la playa pública denominada Acajutla, donde se ubican restos del muelle antiguo. b) Barra Ciega a Sihuapilapa. c) Las Flores a El Espino (la franja más larga). d) El Cuco a El Icacal. e) Playas cortas en las islas del golfo de Fonseca.

Las zonas litorales adyacentes al Océano Pacífico están expuestas a un oleaje intenso la mayor parte del año, lo que crea condiciones de alta oxigenación y degradación de materia orgánica. Las expuestas a oleaje menos intenso dentro de estuarios, presentan reducción en los procesos ya mencionados.

La flora característica de este ecosistema es una variación del bosque tropical seco, adaptado a las condiciones de la costa, particularmente altas temperaturas, salinidad, brisa. Las principales especies que Gierloff-Emden (1976), así como Flores y Rosales (1978) incluyen las herbáceas siguientes: *Cenchrus echinatus* (mozote), C. *spinifex* (mozote), *Euphorbia hirta* (golondrina), *Heliotropium curassavicum*, *Ipomoea pes-caprae* (campanilla), *Jouvea pilosa* (mozote), *Pectis multiflosculosa* (flor amarilla), *Uniola pittieri* (espiga), de las cuales las últimas tres se registran en ambientes litorales marinos.[1] Dentro de los arbustos y árboles de ambientes terrestres que se han adaptado a este ambiente se encuentran estos: *Caesalpinia crista* (avellana), *Mimosa teniuflora* (carbón negro), *Pithecelobium dulce* (mangollano).[2]

La flora ya mencionada es muy importante porque funciona como hábitat de mucha fauna terrestre que habita en estas zonas: cangrejos, mamíferos, reptiles, entre otros. También, esta vegetación arbórea ha permitido sobrevivir a la tortuga carey (*Eretmochelys imbricata*), muy escasa en el Océano Pacífico Tropical Este, al anidar en playas arenosas estuarinas de la Bahía de Jiquilisco, que previenen la acción de depredadores silvestres y domésticos, permitiendo un mayor éxito de eclosión (Liles *et al.*, 2015).

Alguna fauna propiamente marina que habita en la zona intermareal de estas playas la conforman: los gastrópodos (caracoles) *Olivella semistriata* y *Agaronia propatula*; el bivalvo (conchas) *Donax* sp., los poliquetos (gusanos) *Hemipodia pustulata*, *Lumbrineris* sp., *Nephtys* sp., *Pisionidens indica*; los crustáceos (cangrejos y similares) *Emerita* sp. *Excirolana brasiliensis*, *Hoplocypode occidentalis*, *Ocypode gaudichaudii*; el equinoideo (galleta de mar) *Mellita* sp. (Barraza, 2008, 2017; Rivera y Romero-de Rivera, 2008; Cyrus *et al.*, 2012; Sakai y Türkay, 2013). Muchas playas arenosas tropicales son importantes zonas de anidación de tortugas marinas.

Debido al desordenado crecimiento de infraestructura asociada al turismo y la recreación, este ecosistema está severamente fragmentado y reducido a relictos de esta vegetación en algunas zonas como la isla de San Sebastián, la península San Juan de Gozo, El Icacal (Figuras n.° 1 y n.° 2, respectivamente), así como litorales arenosos de algunas islas no perturbadas del golfo de Fonseca. Aparte de la importancia en conservación de fauna terrestre y marina, esta formación vegetal brinda estabilidad al litoral arenoso, limitando procesos erosivos, marejadas y estabilizando las dunas de playa, muy escasas en el país.

Figura n.° 1. Vegetación de playa herbácea y arbórea. El Icacal.

1 www.gbif.org

2 www.gbif.org

Figura n.° 2. Vegetación de playa herbácea y arbórea. Isla San Sebastián.

Manglares

Los principales bosques halófitos o manglares del país se encuentran en la Barra de Santiago, la Barra Salada, Cangrejera, Estero de Jaltepeque, Bahía de Jiquilisco (Figura n.° 3), El Icacal, El Tamarindo y la Bahía de La Unión.

Estos ecosistemas se encuentran ubicados dentro de los principales estuarios del país. Los estuarios son valles hundidos donde se mezcla el agua dulce de los ríos con el agua salada del océano, creando condiciones únicas de marea y salinidad que han permitido la existencia de especies adaptadas. Un grupo de estas especies son los árboles que componen el bosque de manglar: *Rhizophora mangle, Rhizophora racemosa, Laguncularia racemosa, Avicennia bicolor, Avicennia germinans,* el helecho: *Acrostichum aureum,* varias algas (Tejada, 2013), entre otras.

El sedimento fino es común en los manglares; por ello, las diferentes especies arbóreas se han adaptado con raíces elevadas que mejoran su anclaje, así como estructuras que permiten el intercambio gaseoso aéreo y no bajo el agua, ya que el oxígeno es muy escaso en este tipo de substrato. También regulan la sal del agua que les rodea permanentemente, mediante la eliminación de hojas que concentran iones o exudan minerales mediante pecíolos y hojas.

Son zonas altamente productivas debido a que concentran nutrientes, y los manglares aportan hojarasca para las cadenas alimenticias. Por ello muchas especies de importancia pesquera se refugian en este ecosistema durante las primeras fases de sus ciclos de vida. Alguna de la fauna vertebrada asociada a este ecosistema la componen animales como estos: *Procyon lotor* (mapache), *Iguana* (iguana), *Ctenosaura flavidorsalis* (garrobo), *Crocodylus acutus* (cocodrilo), *Canis latrans* (coyote), *Platalea ajaia* (espátula rosada). Dentro de los principales invertebrados que habitan en el sedimento intermareal se encuentran los siguientes: los bivalvos *Anadara similis* (curil), *A. tuberculosa* (concha negra), *Chione subrugosa, Leukoma asperrima, Polymesoda mexicana, Tellina ecuatoriana*, las últimas cinco conocidas como almejas; los gusanos poliquetos *Armandia salvadoriana, Acesta lopezi lopezi, Capitella capitata, Lumbrineris* sp., *Paraprionospio pinnata*; los crustáceos *Ucides occidentalis* (punche), *Uca* sp. (violinista); entre otros (Barraza, 2010, 2011; Rivera y Cuellar, 2010). Varias especies de aves residen de manera temporal o permanente en los manglares.

Figura n.° 3. Bosque de manglar en Bahía de Jiquilisco.

Playas rocosas

Las principales zonas rocosas intermareales y submareales de El Salvador se encuentran en los departamentos de Sonsonate, La Libertad, San Miguel y La Unión.

También el área natural protegida Complejo Los Cóbanos, la franja entre Mizata y la zona rocosa de la playa El Tunco, un pequeño parche rocoso en El Obispo, El Cuco, Las Tunas y gran parte de la línea litoral del departamento de La Unión en el golfo de Fonseca, incluyendo las islas. Esta franja usualmente está asociada a acantilados y montañas cercanas al océano; sin embargo, estas formaciones geológicas se tratarán en otra sección más adelante.

Dentro de las zonas rocosas intermareales existen variaciones y combinaciones en el país. Las principales son las plataformas o terrazas rocosas y peñascos intermareales y submareales, ambos de origen volcánico (Gierloff-Emden, 1976). Las primeras ocurren en el área natural protegida Complejo Los Cóbanos, Mizata (Figura n.° 4), Las Tunas-Punta Amapala. Los peñascos o grandes rocas se encuentran en las mismas zonas mencionadas, incluyendo también El Cuco, la parte del litoral del departamento de La Unión adyacente al golfo de Fonseca, y las islas dentro del mismo (Figura n.° 5).

En gran parte de la franja litoral del país, estos ambientes están expuestos a la intensa hidrodinámica del oleaje, con cierta atenuación en áreas protegidas del oleaje dentro del golfo de Fonseca tanto área continental como insular.

Figura n.° 4. Plataforma rocosa intermareal. Mizata.

Figura n.° 5. Peñascos intermareales. Golfo de Fonseca.

Las zonas rocosas intermareales son hábitat de algunas especies que se mencionan a continuación: macroalgas, gastrópodos (caracoles) como *Nerita* sp., *Stramonita biserialis, Vasula melones*; el quitón: *Chiton stokesii* (cuca de mar); los bivalvos *Saccostrea palmula* (ostra de piedra), *Modiolus capax* (almeja de piedra); los cangrejos apretadores *Menippe frontalis, Ozius verreauxii,* que posiblemente solo ocurren en el golfo de Fonseca en el territorio nacional; los equinodermos *Echinometra vanbrunti* (erizo de mar), *Ophicoma alexandri* (estrella frágil).

Dentro de las variaciones o combinaciones que las playas rocosas de El Salvador presentan está la ocurrencia de cantos rodados sobre sedimento arenoso, comunes en franjas cercanas a ríos que atraviesan montañas aledañas al océano; por ejemplo, en las zonas de confluencia del Océano Pacífico, con los siguientes ríos: Mizata, La Perla, El Sunzal, Grande (El Tunco), Chimalapa, entre otros. Otras zonas donde ocurren son El Cuco y el departamento de La Unión. La fauna que habita en este tipo de hábitat particularmente está adaptada al sedimento arenoso, y algunas especies toman ventaja de las estructuras rocosas, como la ostra mencionada en el párrafo anterior, gusanos poliquetos serpúlidos y cangrejos de la familia *Porcellanidae*.

Figura n.° 6. Cantos rodados intermareales expuestos. Playa El Tunco.

También dentro del ambiente estuarino del golfo se encuentra una combinación de características únicas, como la ocurrencia de manglares de baja altura en zonas intermareales con peñascos sobre playón de sedimento fino blando donde la hidrodinámica es de menor intensidad, como lo muestra la Figura n.° 7. La peculiaridad de baja altura se debe al mayor gasto energético que las especies arbóreas del bosque salado realizan para adaptarse a aguas de alta salinidad; por ello se le considera una ecorregión única en el mundo: manglares del golfo de Fonseca.[3]

3 https://www.worldwildlife.org/ecoregions/nt1412

Figura n.° 7. Manglar asociado a peñascos sobre playón de sedimento fino. Isla Periquito.

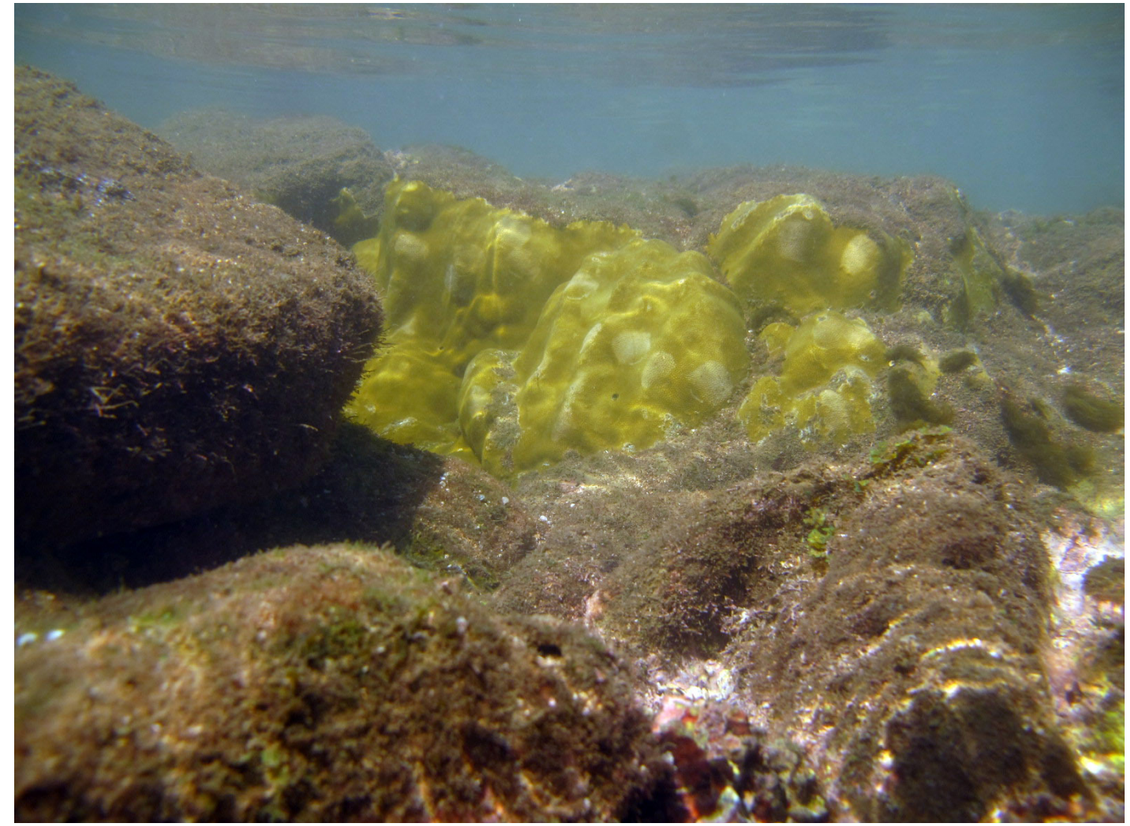


Figura n.° 8. Peñasco y colonia de P. lobata sobre terraza sólida submareal de muy poca profundidad durante marea baja extrema de diciembre de 2013.

Otra variante dentro del litoral rocoso se encuentra en el área natural protegida Complejo Los Cóbanos, donde existen terrazas compactas de arena, otros materiales, peñascos intermareales (Gierfloff-Emden, 1976; Orellana-Amador, 1985) y las únicas colonias de coral que forman arrecifes en el país (Reyes-Bonilla y Barraza, 2003; Segovia-Prado y Navarrete-Calero, 2007; Alvarado *et al.*, 2017). La zona intermareal y submareal poco profunda es hábitat de *Porites lobata*, coral constructor de arrecifes (Figura n.° 8), así como *Psammocora obtusangula* y *P. stellata*, aunque en menor cobertura (López y Jiménez, 2008). Desde el año 2014 se ha observado un intenso blanqueamiento asociado principalmente al calentamiento del agua y períodos continuos de ausencia de lluvias y nubes, evento que en Australia se relacionó con la pérdida de corales pétreos (Ainsworth *et al.*, 2016). Evento observado entre los de meses de junio y julio.

Acantilados

Los acantilados se encuentran en la forma abrupta en que las sierras de la costa de El Bálsamo (Figura n.° 9), Jucuarán y el volcán de Conchagua se encuentran con el Océano Pacífico; también ocurren en las islas del golfo de Fonseca. La hidrodinámica en estos ambientes es elevada y se caracteriza por el choque de las olas con la superficie dura vertical, generando ondas de retorno hacia el océano. Presentan alturas verticales o con pendiente muy intensa hacia el océano; las alturas oscilan entre 7 hasta 25 metros sobre el nivel del mar (Gierloff-Emden, 1976; DGOA, 2017). En la base de estos acantilados se encuentran escombros, cantos rodados o peñascos, y también existen pequeñas ensenadas de playas de arena, algunas de

ellas cubiertas durante la marea alta. Además, existen cavernas, particularmente en la sierra del Bálsamo. Todas estas combinaciones de elementos físicos y químicos han creado condiciones especiales para la ocurrencia de ciertas especies de fauna intermareal como *C. stokesii* (cuca de mar), *Plicopurpura pansa* (caracol de tinte), *M. capax, Eriphides hispida, Pollicipes elegans* (percebes), *Geograpsus stormi*, *Grapsus grapsus*; los dos últimos cangrejos; (Walther *et al*., 2013; Barraza, 2014a). Algunas especies de aves y murciélagos anidan en estas áreas.

Playones o bajos

Son zonas de sedimentos arenosos, fangosos o combinación de ambos, con pendiente escasa que durante la marea baja quedan expuestos. Se ubican principalmente en estuarios del país como la Barra de Santiago, el Estero de Jaltepeque, la Bahía de Jiquilisco, el Estero El Tamarindo y la Bahía de La Unión.

Se caracterizan por una reducida hidrodinámica, incidiendo en una menor oxigenación en el agua sobre el sedimento, así como la intersticial. Usualmente son zonas altamente productivas, cuya fauna varía según la naturaleza del sedimento. En los arenosos (Figura n.° 10) es común observar a la almeja del género *Donax*, de importancia alimenticia para humanos; gusano (*Sipunculus*), que se utiliza como carnada para pescar; el equinoideo *Mellita* sp., así como algunos gusanos poliquetos.

Figura n.° 9. Acantilado. Mizata.

Figura n.° 10. Playón (bajo) intermareal arenoso. El Tamarindo.

Figura n.° 11. Playón (bajo) intermareal de fango principalmente y otros materiales. Isla Periquito, bahía de La Unión.

En los playones o bajos intermareales de sedimento más fino (Figura n.° 11), se observan las almejas mencionadas y otras, los bivalvos *Anadara grandis* (casco de burro) y *Mytella* sp. (mejillón); octópodos (pulpos). Y en el caso de que existan rocas o peñascos, se incrementa la riqueza de especies con ostras de las especies *Crassostrea corteziensis* y *Saccostrea palmula*. Diferentes especies de aves se alimentan en estas áreas.

Una combinación de componentes ambientales costeros ha permitido que en un playón arenoso-fangoso de la Bahía de Jiquilisco, exista una pradera marina estable desde hace más de quince años (Figura n.° 12). La planta que la caracteriza es *Halodule wrightii* (Barraza, 2010), que se presenta en la Figura n.° 13. En este caso se trata de un hábitat único en el país, aunque se ha observado aparecer y desaparecer en zonas próximas a la bocana El Zapote, en Barra de Santiago, en similar período de tiempo. Tortugas marinas de diferentes tamaños, principalmente carey (*E. imbricata*), circulan frecuentemente en la pradera marina de Bahía de Jiquilisco.

Figura n.° 12. Pradera marina en playón intermareal durante la marea baja. Al fondo, vegetación arbórea de playa. Punta San Juan, Corral de mulas, Bahía de Jiquilisco.

Figura n.° 13. Pradera marina de *H. wrighthii*. Bahía de Jiquilisco.

Pantanos o zanjas con agua permanente, usualmente de agua dulce

Se caracterizan por presentar sedimentos blandos en zonas inmediatas a la costa, usualmente tras los manglares. El agua generalmente es dulce y algunas veces puede presentar bajos niveles de salinidad (menor de 5 partes por mil), según las mareas y las lluvias. La hidrología es variada, pero todos presentan baja hidrodinámica en ausencia de lluvias intensas.

Este tipo de ecosistema ocurre en el "Zanjón del Chino", al noroeste de los manglares de la Barra de Santiago; "El Aguaje", al noreste de los manglares del Estero de Jaltepeque; y la laguna San Juan, al oeste de la península de San Juan del Gozo.

En primer lugar, se caracteriza por presentar plantas flotantes, donde se ha documentado la presencia de *Pistia stratiotes*, *Lemna* sp. incluso cianobacterias, particularmente durante la estación seca, ya que durante la lluviosa pueden ocurrir desbordamientos. Es el único lugar del país en conexión con los manglares aledaños de la Barra de Santiago, donde habita *Atractosteus tropicus* (machorra, especie en peligro de extinción, según listado oficial), también circulan cocodrilos (*Crocodylus acutus*), otros peces anádromos y camarones continentales.

Figura n.° 14. Vegetación emergente (*Typha* sp.) en El Aguaje, sitio Ramsar, complejo Jaltepeque.

El Aguaje presenta importantes zonas dominadas por *Typha* sp. (tule, Figura n.° 14), cuya distribución está restringida por la influencia de la salinidad del agua y la hidrografía. La fauna acuática comprende camarón de agua dulce (*Palaeomon* spp.), peces como *Dormitator latifrons*, *Gobionellus microdon*, *Lutjanus* sp. (pargo), entre otros, así como aves residentes y migratorias.

También la laguna San Juan (76 hectáreas) está asociada al régimen natural de mareas. Además recibe la influencia de inundaciones durante períodos de lluvias intensas. La planta acuática *Typha* sp. existe en algunas orillas. Las especies de fauna acuática comunes son *Penaeus* sp. (camarón de mar), *D. latifrons* (sambo o pululo), *G. microdon* (luciérnaga), así como varias especies de aves (Piche-Pérez, 2013).

Rompeolas, espolones, muelles

Las estructuras construidas por humanos en zonas litorales también son hábitat de varias especies de flora y fauna acuática. La presencia de muchas especies depende del tipo de material utilizado, disposición del mismo, ocurrencia de hendiduras o grietas, oleaje, salinidad, sedimentación y uso de la infraestructura. Usualmente, la fauna y la flora circundantes toman ventaja de este nuevo hábitat para colonizar, particularmente los que prefieren zonas rocosas. Algunos ejemplos son muelles como el de la Comisión Ejecutiva Portuaria (Figura n.° 15) y de pescadores artesanales en Acajutla, Puerto El Triunfo y varios en las bahías de Jiquilisco y La Unión.

Figura n.° 15. Rompeolas de diferente origen en el muelle del Puerto de Acajutla (CEPA).

En resumen, la sensibilidad ante un derrame de hidrocarburos pesados en estos ecosistemas litorales descritos, depende de la biodiversidad asociada, la hidrodinámica local, condiciones meteorológicas y de las primeras acciones tomadas para contener o atenuar impactos ambientales. El efecto de la marea es inevitable y debe considerarse en estas acciones a tomar: la marea alta lleva el petróleo o derivados a la línea de alta marea y cuando ocurre la bajamar, este material penetra hendiduras, grietas y espacios, o queda disperso sobre la franja intermareal. Mayor detalle al respecto se abordará más adelante, en la sección de sensibilidad ante este tipo de incidentes.

GRANULOMETRÍA

Los resultados de los análisis de granulometría se resumen en el Cuadro n.° 2. Los valores oscilaron entre 0.11 mm y 2.27 mm (3.14Φ, -1.18Φ, respectivamente). Los granos más gruesos se encontraron en isla Periquito, Los Cóbanos y la zona industrial de Acajutla. Los más finos en El Espino, El Icacal, Punta San Juan del Gozo, indicando que las primeras playas son más vulnerables a penetración de hidrocarburos pesados, lo que las vuelve más sensibles a este tipo de incidentes. Lo contrario ocurriría en las otras tres franjas litorales, ya que al presentar sedimentos finos o muy finos, la penetración de derivados pesados de petróleo se restringe a una estrecha capa superior.

Cuadro n.° 2

Tipos de grano según tamaño y sus proporciones. A: Arena, F: finos, G: gravas, P: promedio. $\Phi = -\log_2$ diámetro de grano (mm).

ZONA	P (mm)	Φ	%G	%A	%F	COMPARACIÓN ESTUDIOS 1999, 2011 Y COMENTARIOS
1) Barra de Santiago	0.27	1.89	0	93	7	Arena de tamaño medio. Los datos de 1999 reflejaron un promedio menor: 0.202 mm en comparación al presente, posiblemente porque la muestra de ese estudio se tomó cerca de la bocana El Zapote.
2) Metalío	0.21	2.25	0	100	0	Arena de tamaño fino. Sin datos para comparar.
3) Acajutla, muelle antiguo	0.17	2.53	0	98	2	Arena fina. Curva granulométrica similar (2011), aunque más amplia que en este estudio.
4) Acajutla, zona industrial	1.87	-0.90	13	84	4	Arena fina. Sin datos para comparar.
5) Los Cóbanos	2.03	-1.02	1	99	0	Alcanza el tamaño de grava, aunque se puede asociar a las conchas y los corales triturados, principalmente. En 1999 se detectó arena gruesa de 0.545 mm, mucho menor al detectado en éste. Curva granulométrica similar con investigación de 2011. Aunque con límite superior diferente: un poco más alto en el presente estudio. La fuerte cantidad de carbonatos confirma lo planteado por este estudio: casi toda la muestra corresponde a concha triturada.
6) Barra Ciega	0.25	2.00	0	94	6	Arena tamaño medio. Sin datos para comparar.
7) Barra Salada	0.33	1.61	0	100	0	Arena tamaño medio. Sin datos para comparar.
8) Mizata	0.24	2.04	0	97	3	Arena tamaño fino. Sin datos para comparar.
9) Conchalío	0.23	2.10	1	99	0	Arena tamaño fino. En 1999 se determinó un tamaño de grano promedio de 0.186 mm, un poco menor al registrado actualmente. Sin datos de 2011 para comparar.
10) San Diego	0.36	1.49	0	100	0	Arena tamaño medio. Similar tendencia, aunque el límite superior es menor en este estudio en comparación con el análisis de 2011.
11) La Zunganera	0.32	1.66	0	99	1	Arena de tamaño medio. En 1999 el tamaño de grano promedio fue de 0.441 mm, un poco mayor que el observado en este análisis. Sin datos.
12) San Marcelino	0.30	1.74	0	100	0	Arena de tamaño medio. Rango de tamaño de grano menor en muestreo menor en comparación al de 2011.
13) Punta San Juan del Gozo	0.17	2.53	0	99	1	Arena de tamaño fino. Sin datos para comparar.
14) Isla San Sebastián	0.22	2.16	0	100	0	Arena de tamaño fino. Sin datos para comparar.
15) El Espino	0.11	3.14	0	98	2	Arena de tamaño muy fino. El estudio de 1999 reflejó un promedio de 12 mm, muy similar al actual. Sin datos de 2011 para comparar.
16) El Cuco	0.18	2.47	0	100	0	Arena de tamaño fino. En 1999 el tamaño de grano promedio fue de 0.134 mm, un poco menor al actual.Sin datos de 2011 para comparar.
17) El Icacal	0.15	2.77	0	99	1	Arena de tamaño fino. Sin datos para comparar.

ZONA	P (mm)	Φ	%G	%A	%F	COMPARACIÓN ESTUDIOS 1999, 2011 Y COMENTARIOS
18) El Tamarindo	0.25	2.02	0	100	0	Arena de tamaño medio. En 1999 el tamaño promedio fue de 0.182 mm, menor al registrado actualmente. Sin datos de 2011 para comparar.
19) Punta Chiquirín	0.32	1.66	2	98	0	Arena de tamaño medio. Sin datos para comparar.
20) Isla Periquito	2.27	-1.18	23	77	0	Grava. El análisis granulométrico señala importante abundancia de conchas trituradas que posiblemente representan a las gravas.

Los análisis indican que el tamaño de grano de la mayoría de muestras se ubican dentro de las categorías arena fina y media. El efecto de hidrocarburos pesados casi sería el mismo: acumulación en la franja superior de la playa, con un daño relativamente bajo (TITOPF, 1987). La penetración podría ser un poco más profunda en el sedimento arenoso con partículas de conchas trituradas que alcanzan el tamaño tipo grava (superior a 2 mm), presentando un daño ambiental mayor.

MAPAS DE SENSIBILIDAD AMBIENTAL

La preparación de mapas incluyó un análisis de la biodiversidad presente, hidrodinámica (oleaje), tipos de substratos y componentes socioeconómicos principales del litoral salvadoreño, señalado por bandas, polígonos o tramas de colores que reflejan su sensibilidad con valores del 1 al 7, siendo el primer hábitat (acantilados) el que presenta mayor resiliencia a un derrame de hidrocarburos pesados en El Salvador (Acuña *et al.*, 1996; RPI, 1999; NOAA, 2001; Núñez-Solís, 2012). Por el contrario, los que presentan un índice de 7 son los más sensibles: áreas con manglares y pantanos litorales. Los ecosistemas que este documento presenta son estos: playas arenosas, playones (bajos) intermareales, playas rocosas expuestas y protegidas de las olas, acantilados, pantanos de agua dulce y rara vez salada, manglares, rompeolas construidos por humanos y arrecifes rocosos con asentamientos de coral, los cuales se han clasificado y detallado en el Cuadro n.° 3.

Esto indica que la priorización de esfuerzos ante un derrame de hidrocarburos, particularmente pesados, deberá orientarse a evitar que estos derivados de petróleo alcancen los ecosistemas costeros más sensibles ya mencionados, considerando que los efectos permanecerán por largo tiempo, limitando la restauración ya sea asistida o natural.

Cuadro n.° 3

Identificación y clasificación de la sensibilidad de los hábitats costeros de El Salvador ante un derrame de hidrocarburos, particularmente pesados. S: *sensibilidad ambiental. 1: poco sensible, 7: muy sensible.*

Color y patrón de delimitación	Hábitats involucrados	S	Consideraciones
Línea color naranja alterna con negro	Acantilados rocosos o de arcilla compacta (talpetate) expuestos	1	Los acantilados pueden degradar rápidamente los hidrocarburos pesados, por descomposición generada por el fuerte oleaje. Los cantos rodados o peñascos ofrecen cierta vulnerabilidad porque el hidrocarburo penetraría los huecos entre estas rocas, dificultando su remoción o degradación natural. Poca biota marina se asocia a los cantos rodados o peñascos intermareales.
Línea continua amarilla	Playa de arena fina	2	La arena fina, en este caso de 0.125 a 0.250 mm de tamaño de grano (Mustain, 2007), no permite la penetración de hidrocarburos al presentar espacios muy reducidos entre los granos. Esta categoría incluye arenas muy finas y gruesas que se detectaron en este estudio (Cuadro n.° 2). Además la importante hidrodinámica degrada los hidrocarburos. Los únicos remanentes de vegetación de playa (V) del país están asociadas a este tipo de hábitat. La ocurrencia de cantos rodados (C) eleva la sensibilidad ambiental de este tipo de ecosistema costero, según la ubicación: intermareal o supralitoral. En el primer caso el efecto de un derrame de hidrocarburo pesado causaría mayor impacto por el manejo asociado al canto rodado en una zona intermareal. En el segundo, el manejo podría ser menos complicado. Este ecosistema presenta áreas importantes del turismo nacional (T) y de anidación de tortugas marinas que son especies en peligro de extinción a nivel nacional e internacional (E).
Línea roja	Playa de arena gruesa	3	Sedimentos con tamaño de grano superior a 0.250 mm. Permite penetración de hidrocarburos a zonas inferiores. Presentan biodiversidad imporante (E, T). Un derrame de hidrocarburo presenta mayor impacto que hábitats anteriores. Ocurre en Los Cóbanos e Isla Periquito.
Línea gris	Rompeolas expuestos a olas	4	La acción de las olas permitiría la degradación paulatina del hidrocarburo, aunque podría tomar tiempo si existen espacios donde se aloje el petróleo. Por ejemplo en el muelle (M) de Acajutla.
Línea celeste	Playones (bajos) intermareales de arena, fango o mezcla de ambos	5	El hidrocarburo se adhiere a los sedimentos al bajar la marea, y por gravedad alcanzaría capas inferiores. Las labores de limpieza deben ser cuidadosas para prevenir que el hidrocarburo penetre más profundo por acción física de maquinaria o humanos. Especies amenazadas y en peligro de extinción a nivel nacional e internacional presentes (E). Pastos marinos (P) de la Bahía de Jiquilisco y relictos de vegetación de playa (V). Importante e inmediata mortalidad de esa vegetación sumergida e invertebrados asociados, se observó en un derrame de petróleo en Panamá en 1986 (Jackson *et al.*, 1989).
Línea negra	Playas rocosas intermareales y submareales, incluyendo peñascos, terrazas y arcilla compacta (talpetate)	6	La acción de las olas podría degradar rápidamente el hidrocarburo. Este tipo de hábitat es más sensible si existen hendiduras, huecos entre las rocas o peñascos y si la hidrodinámica es reducida, por ejemplo en la bahía de La Unión. Especies amenazadas y en peligro de extinción (E) a nivel nacional e internacional presentes.

Color y patrón de delimitación	Hábitats involucrados	S	Consideraciones
Áreas con líneas oblícuas de color rosado	Arrecifes rocosos intermareales y submareales con asentamientos de coral duro hasta de 3 metros de profundidad	7	Impacto severo por la sensibilidad de los corales y la gran cantidad de hendiduras, huecos y grietas en este ambiente. Especies en peligro y amenazadas a nivel nacional e internacional (E). También existen proyectos de acuacultura (Q) adyacentes al área natural protegida Complejo Los Cóbanos. El derrame de hidrocarburo en Acajutla causó la pérdida de colonias de coral formador de arrecife (Molina, 1996).
Línea continua o polígono azul	Pantano o zanjas con agua permanente, usualmente de agua dulce, a veces con salinidad baja	8	Impacto muy severo. El lento movimiento del agua no facilitaría la degradación del hidrocarburo. Las maniobras de limpieza podrían causar más daño al hundir el hidrocarburo en capas profundas de sedimento fino.
Áreas con pequeños círculos verdes	Pantano o zanjas con agua permanente, usualmente de agua salada (manglares).	8	Impacto muy severo incluyendo muerte de los árboles del bosque salado. Importantes mortalidades se registraron rápidamente después de un derrame de petróleo en Panamá (Jackson *et al.*, 1989). El lento movimiento del agua no facilitaría la degradación del hidrocarburo. Las maniobras de limpieza podrían causar más daño al hundir el hidrocarburo en capas profundas de sedimento fino. Especies amenazadas y en peligro a nivel nacional y mundial presentes (E), también proyectos de acuacultura (Q).

Los mapas que se presentan a continuación, detallan una serie de líneas o polígonos de colores y una simbología que identifican tipos de ecosistemas costeros del país, así como su sensibilidad ambiental ante un eventual derrame de hidrocarburos pesados. Las letras en los mapas se explican en el Cuadro n.° 3. En ese sentido, los acantilados expuestos a las olas son los más resilientes, debido a que esos compuestos se degradarían rápidamente por acciones físicas limitando el daño ambiental. Por el contrario, si el derrame alcanzara a los manglares y pantanos costeros, causaría un daño intenso, debido a la mortandad de flora y fauna acuática y hasta terrestre que podría ocasionar, y se adicionaría la lenta degradación asociada a la baja hidrodinámica, característica que además, también depende de las maniobras de restauración que se realicen, ya que en estos casos las actividades de limpieza mal orientadas podrían hundir el hidrocarburo en el sedimento fino, incrementando el daño y el período de degradacion, por lo que es recomendable realizar maniobras de restauración carentes de efectos secundarios negativos y/o dejar a la propia naturaleza actuar.

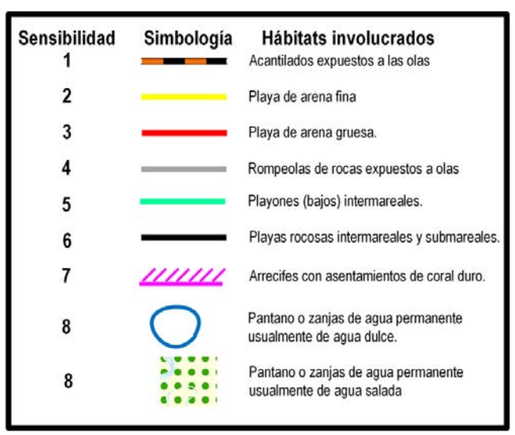
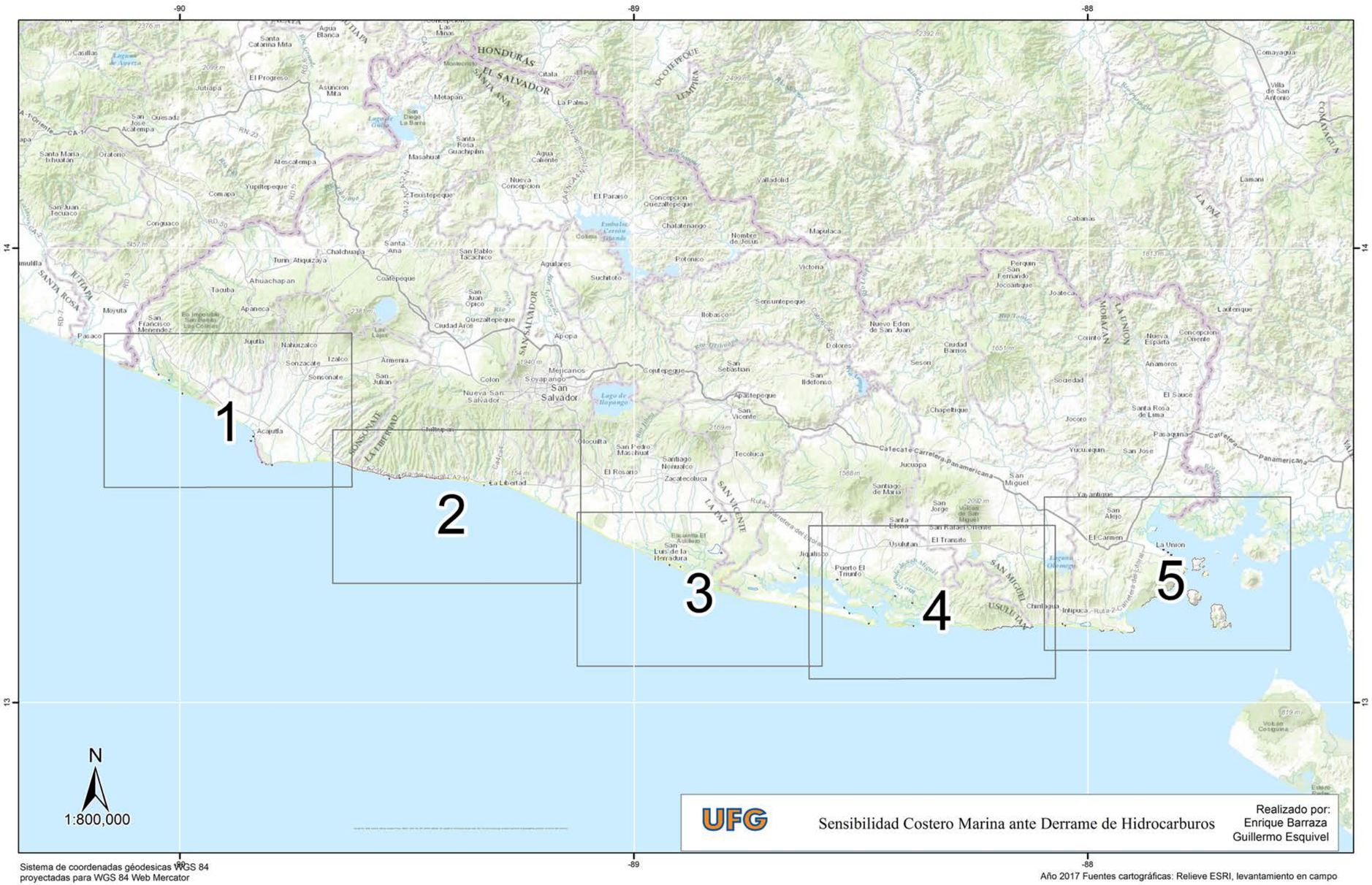
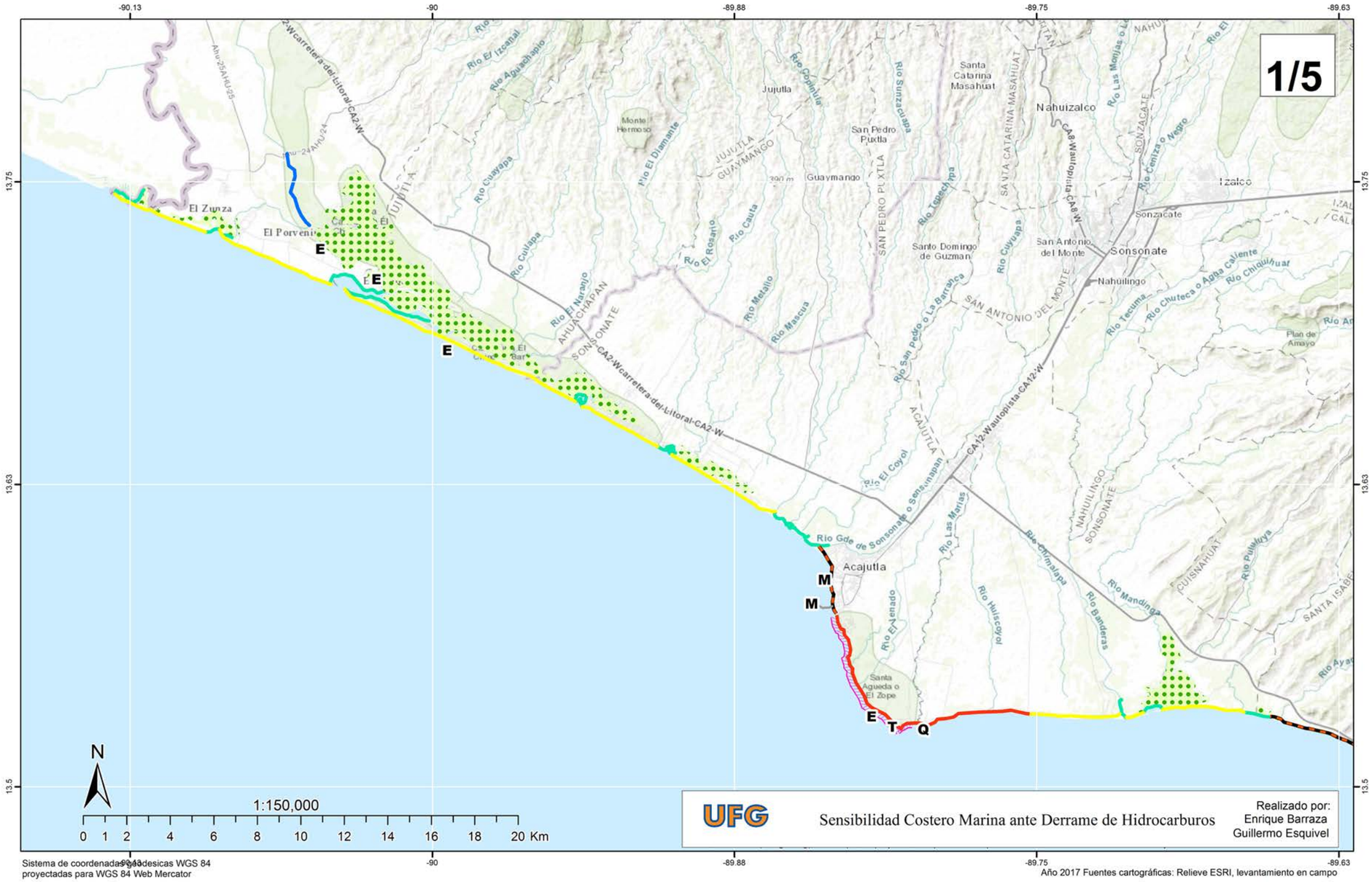


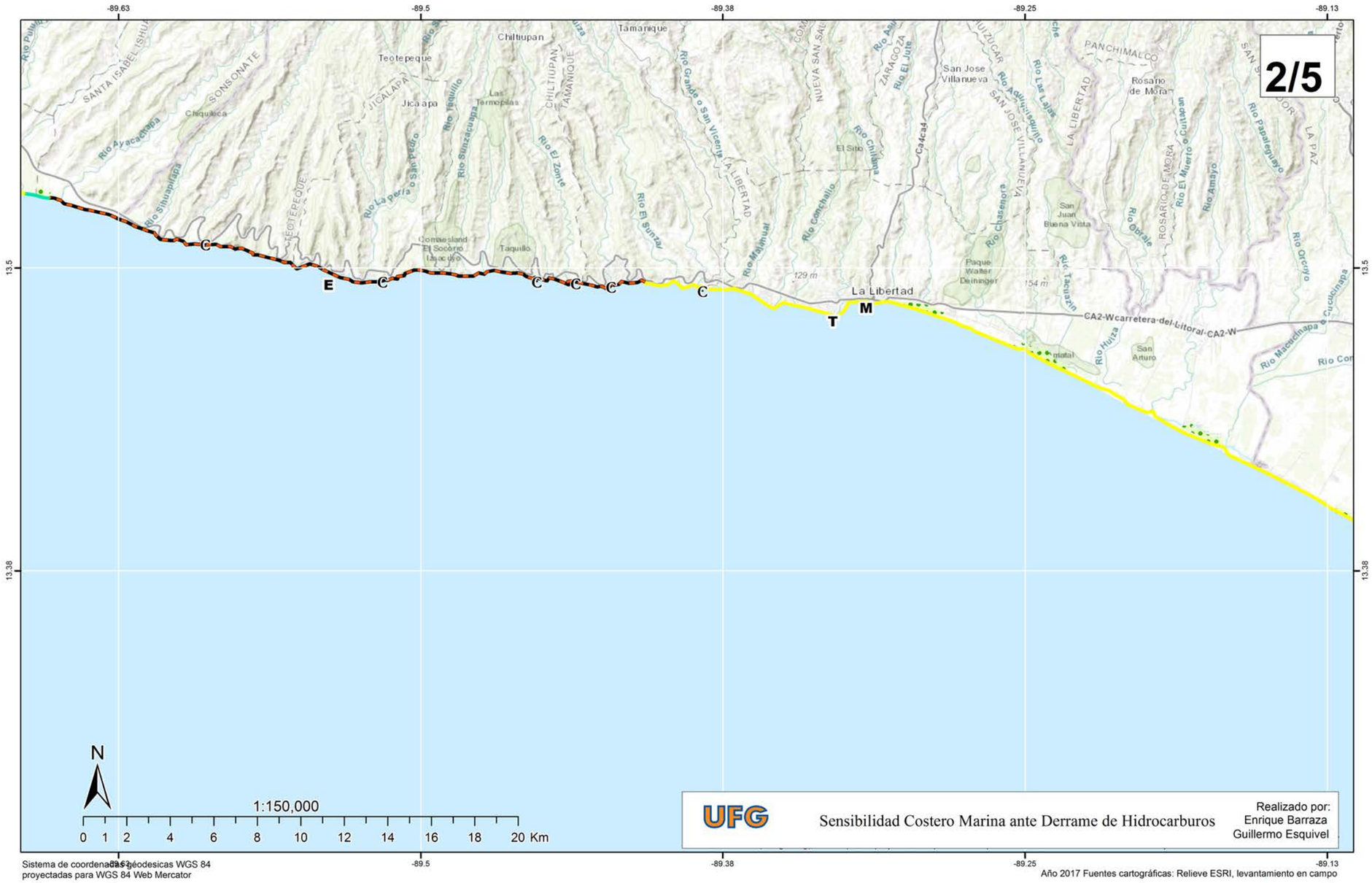
Figura n.° 16. Simbología utilizada en los mapas.



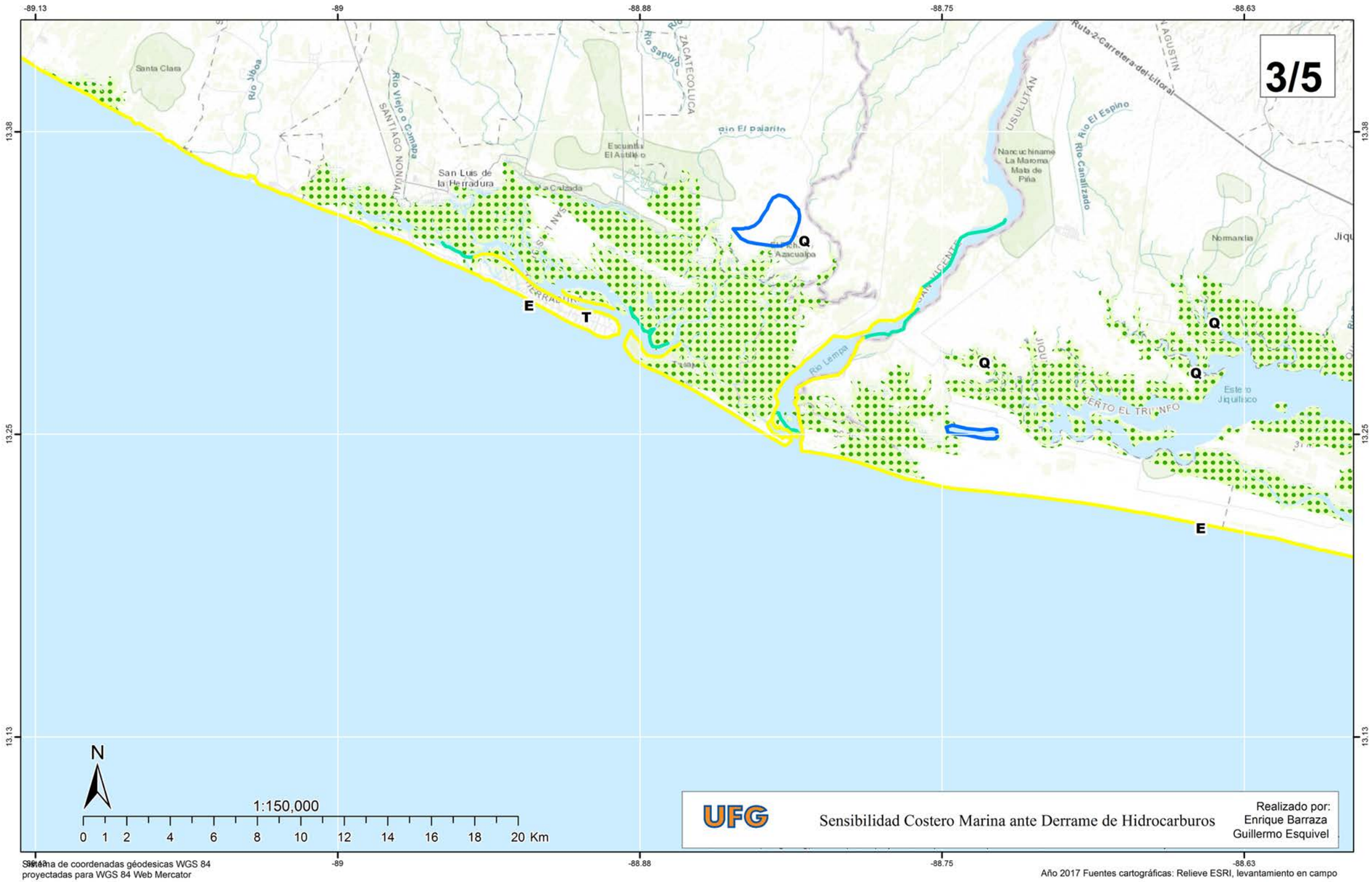
Mapa n.° 1. Mapa de El Salvador y su división en cuadrantes utilizados.



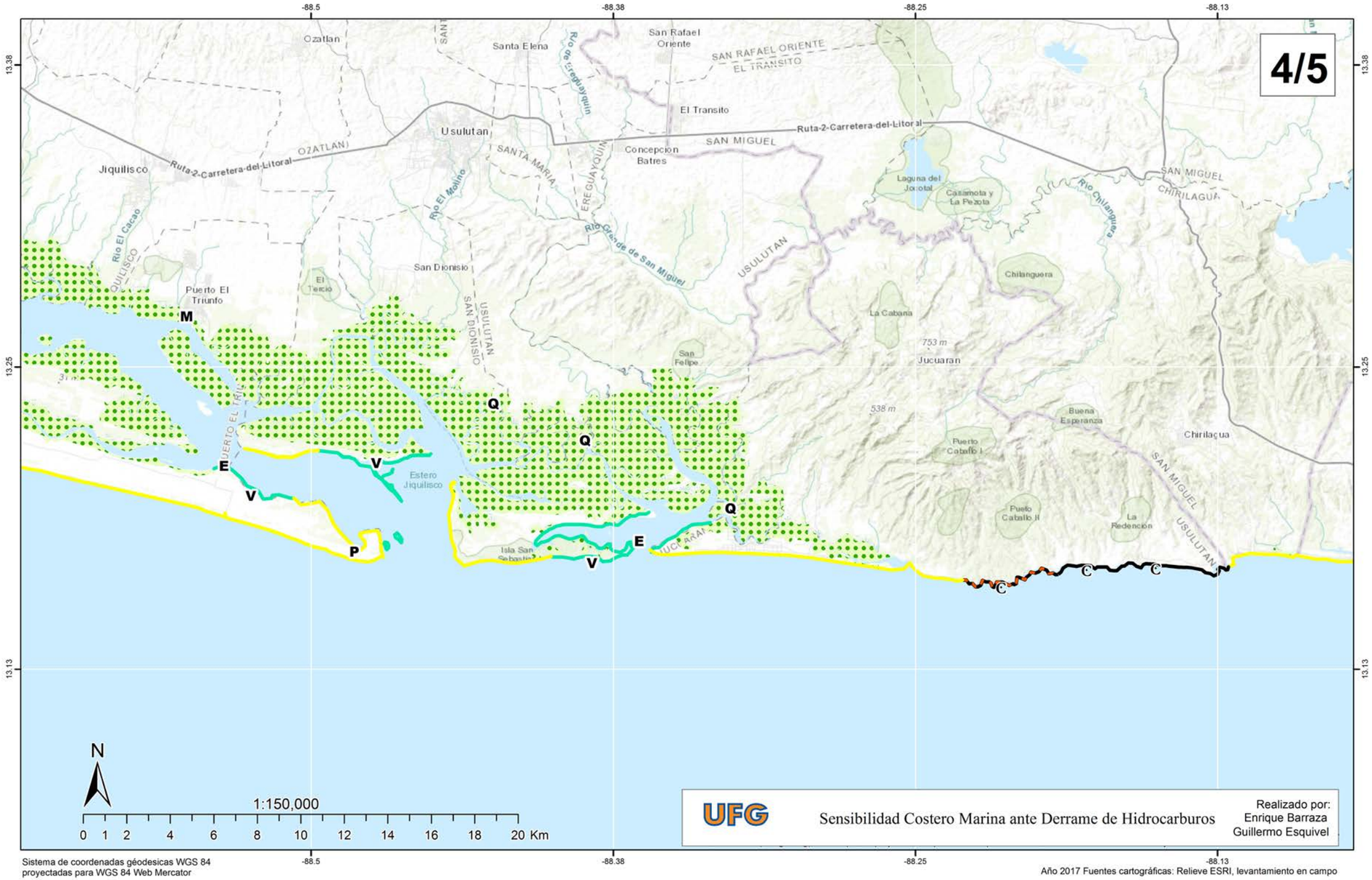
Mapa n.° 2. Sensibilidad ambiental del cuadrante 1 (Zona Occidental) del litoral de El Salvador.



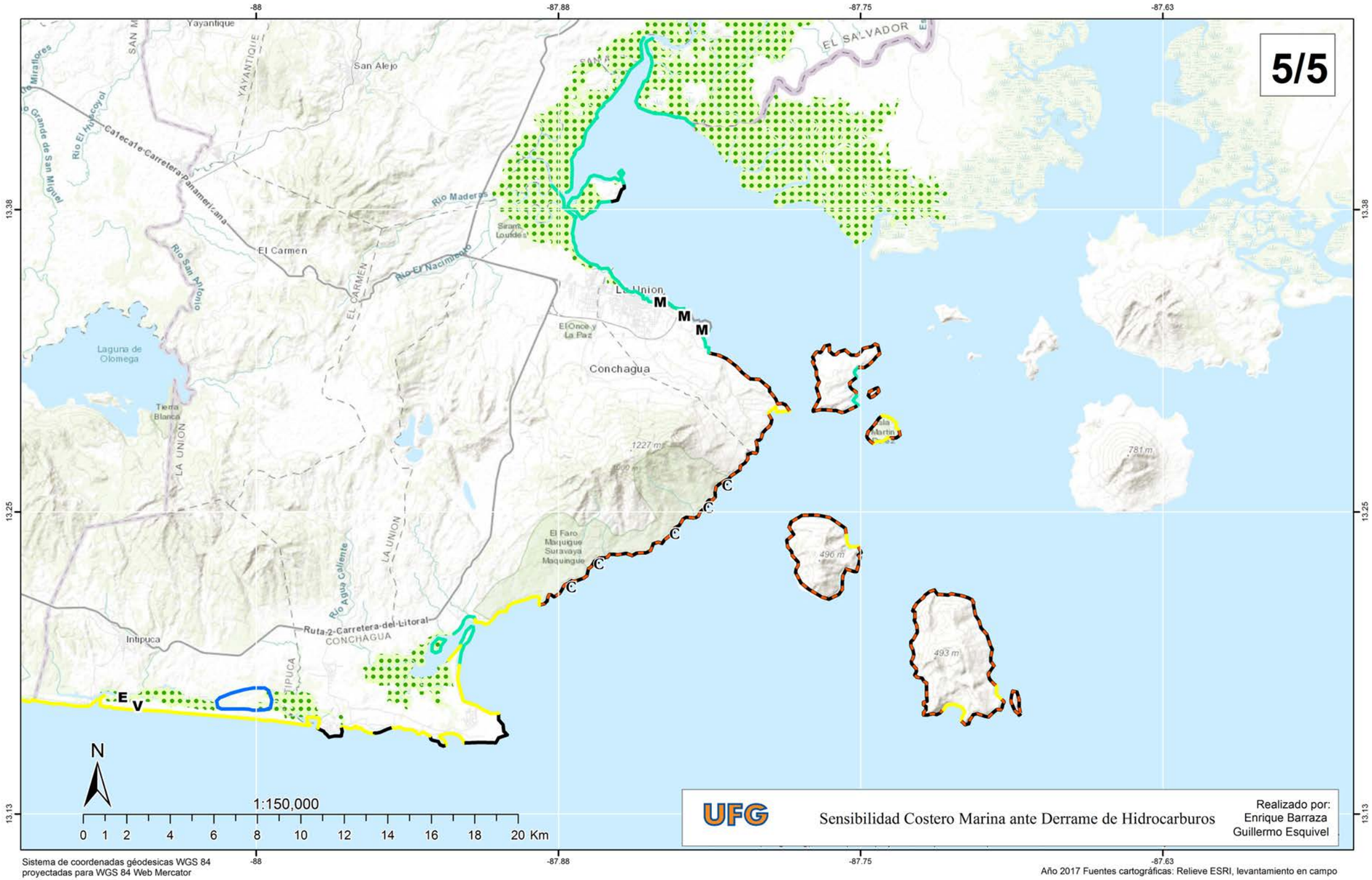
Mapa n.° 3. Sensibilidad ambiental del cuadrante 2 (Zona Occidental-Central) del litoral de El Salvador.



Mapa n.° 4. Sensibilidad ambiental del cuadrante 3 (Zona Paracentral) del litoral de El Salvador.



Mapa n.° 5. Sensibilidad ambiental del cuadrante 4 (Zona Oriental) del litoral de El Salvador.



Mapa n.° 6. Sensibilidad ambiental del cuadrante 5 (Zona Oriental) del litoral de El Salvador incluyendo el golfo de Fonseca.

GLOSARIO

Biodiversidad: variación entre ecosistemas, especies y genes de un lugar determinado.

Degradación: Descomposición de una o varias substancias en material más simple por causa de bacterias, lluvia, sol, viento, etc.

Ecosistema: espacio donde seres vivos interactúan con componentes sin vida como agua, aire, tierra, luz, roca, entre otros.

Granulometría: relativo al tamaño de grano de sedimentos.

Hidrocarburo: Compuesto de moleculas de carbono e hidrógeno con baja solubilidad en el agua que usualmente se asocian a derivados de petróleo.

Hidrodinámica: Movimiento de líquidos por diversas causas.

Litoral: Franja de transición entre tierra firme y un cuerpo de agua.

Mareas: Cambio del nivel del mar en relación tierra firme por influencia de la Luna y el Sol.

Toxicidad: Grado o capacidad de una substancia para causar daño a seres vivos.

LITERATURA CITADA

Acuña, J.E., J. Cortés, M.M. Murillo. 1996. Mapa de sensibilidad ambiental para derrames de petróleo en las costas de Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 44: 463-470

Ainsworth, T.D., S.F. Heron, J.C. Ortiz, P.J. Mumby, A. Grech. 2016. Climate change disables coral bleaching protection on the Great Barrier Reef. Science 352 (6238): 338-342.

Alvarado, J.J., O. Aburto-Oropeza, R. Abad, E. Barraza, M. Brandt, J. Cantera, P. Estrada, C.F. Faymer, A.G. Guzmán-Mora, J.J. Herlan & J.L. Maté. 2017. Coral Reef Conservation in the Eastern Tropical Pacific. In: P.W. Glynn, D.P. Manzelo & I.C. Enochs (Eds.). Coral Reefs of the World Vol. 8, Springer 565-592, 666 pp.

Barraza-Sandoval, J.E. 2010. Biodiversidad de Bahía de Jiquilisco. In: C.G. Rivera & T. C. Cuéllar. El Ecosistema de Manglar de la Bahía de Jiquilisco. Universidad de El Salvador. 13-32, 231 pp.

Barraza, J. E. 2011. Áreas marinas protegidas en El Salvador: un arrecife rocoso y un estuario. Revista Parques No. 1. FAO. (www.revistaparques.org)

Barraza, JE. 2014a. Invertebrados marinos de El Salvador. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 96 pp.

Barraza, JE. 2014b. Peces estuarinos y marinos de El Salvador. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 66 pp.

Cotsapas, L., T, Zengel, J.E. Barraza. 2000. El Salvador. In: Seas at the Millenium: An Environmental Evaluation. Ed. C.R.C. Sheppard. Vol. I Regional Chapters: Europe, The Americas and West Africa. Chapter 34. 545-558. Pergamon.

Cyrus, A.Z., S.D. Rupert, A.S. Silva, M. Graf, J.C. Rappaport, F.V. Paladino, W.S. Peters. 2012. The behavioural and sensory ecology of *Agaronia propatula* (Caenogastropoda: Olividae), a swash-surfing predator on sandy beaches of the Panamic fauna province. J. Molluscan Studies 78 (3): 235-245

Dirección General del Observatorio Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2011. Caracterización de arena de playas en la zona paracentral y occidental de El Salvador. 13 pp.

Dirección General del Observatorio Ambiental, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2017. Almanaque Marino-Astronómico 2017. San Salvador, El Salvador. 71 pp.

Freedman, B. Environmental Ecology. 1989. Academic Press. 424 pp.

Gierloff-Emden, 1976. H. G. La Costa de El Salvador. La Costa de El Salvador. Ministerio de Educación, Dirección de Publicaciones. 273 pp.

Huettmann, F. 2015. Central American Biodiversity. Springer. 811 pp.

Jackson, J.B.C., J.D. Cubit, B.D. Keller, V. Batista, K. Burns, H.M. Caffey, R.L. Caldwell, S.D. Garrity, C.D. Getter, C. González, H.M. Guzman, K.W. Kaufmann,

Knap, A.H., S.C. Levings, M.J. Marshall, R. Steger, R.C. Thompson, E. Weil. 1989. Ecological Effectos of a major oil sipill on Panamanian coastal marine communities. Science 243: 37-44.

Liles, M.J., M.J. Peterson, J.A. Seminoff, E. Altamirano, A.V. Henríquez, A.R. Gaos, V. Gadea, J. Urteaga, P. Torres, B.P. Wallace, T.R. Peterson. 2015. One size does not fit all: Importance of adjusting conservation practices for endangered hawksbill turtles to address local nesting habitat needs in the eastern Pacific Ocean. Biological Conservation 184: 405-413.

López, W., C. Jiménez. 2008. Primer registro de *Psammocora obtusangula* y *P. stellata* (Anthozoa: Scleractinia: Siderastreidae) para la costa salvadoreña. Resuúmenes XII Congreso de la Sociedad Mesoamericana para la Biología y la Conservación (SMBC), San Salvador, El Salvador. Mesoamericana 12 (3): 99.

Matta, M., D., E. McKinnie, E. Barraza, J. Serricano. 2002. Hurricane Mitch reconstruction/Gulf of Fonseca contaminant survey and assessment. Office of Response and Restoration, NOAA Ocean Service. Seattle. 46 pp.

Michel, J., C.B. Henry, 1997. Oil uptake and depuration in oysters alter use of dispersants in shallow water in El Salvador. Spill Science & Techonolgy Bulletin 4: 57-70.

Michel, J., S. Zengel, 1998. Monitoring of oysters and sediments in Acajutla, El Salvador. Mar. Poll. Bull. 36: 256-266.

Molina, O.A. 1996. Comparación de la cobertura de los arrecifes coralinos antes y después del derrame de petróleo, Los Cóbanos, Sonsonate, 1993-1995. Escuela de Biología, Universidad de El Salvador. 46 pp.

Mustain, N.M. Grain size distribution of Beach and nearshore sediments of the Santa Barbara litoral cell: implications for Beach noureshment. M.Sc. Thesis. University of California at Santa Cruz. 118 pp.

National Oceanic and Atmospheric Administration. 2001. Hábitats Costeros Característicos. Selección de Alternativas para Responder a Derrames de Petróleo. 83 pp.

Nuñez-Solís, C. 2012. Clasificación de la línea según grado de sensibilidad ambiental ante derrames de hidrocarburos en el golfo de Nicoya para el año 2012. Revista Geográfica de América Central 51: 39-66.

Piche-Pérez, D.G. 2013. Comparación de la avifauna acuática de cuatro sitios en la península San Juan del gozo, bahía de Jiquilisco, El Salvador. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad de El Salvador. 85 pp.

Research Planning Inc. 1999. Levantamiento y mapeo de Índices de sensibilidad ambiental de la línea costero-marina entre las desembocaduras de los ríos Paz y Lempa de El Salvador. Vol 1.

Reyes-Bonilla, H., J.E. Barraza, 2003. Corals and associated marine communities from El Salvador. In: Coral reefs of Latin America. Ed. J. Cortés. 351-360, 497 pp. Elsevier.

Sakai, K., M. Türkay. 2013. Revision of the genus *Ocypode* with the description of a new genus, *Hoplocypode* (Crustacea: Decapoda: Brachiuya). Memoirs of the Queensland Museum-Nature 56 (2): 665-793.

Segovia-Prado, J.V., M.R. Navarrete-Calero. 2007. Biodiversidad en Parches de Corales Hermatípicos (*Porites lobata* y *Pocillopora* spp.) en la Zona Intermareal del Sistema Arrecifal de Los Cóbanos, Departamento de Sonsonate, El Salvador. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador. 63 pp.

Sindermann, C.J. 2006. Coastal Pollution. Taylor & Francis. 280 pp.

The International Tanker Owners Pollution Federation. 1987. Reacción ante derrames de hidrocarburo en el mar. Londres.

Walther, K., S.E. Crickenberger, S. Marchant, P.B. Marko, A.L. Moran. 2013. Thermal tolerance of larvae of *Pollicipes elegans*, a marine species with an antitropical distribution. Mar Biol: 160: 2723-2732.

LA SENSIBILIDAD AMBIENTAL
DE LOS ECOSISTEMAS COSTEROS DE EL SALVADOR ANTE DERRAMES DE HIDROCARBUROS

Sobre esta investigación

La investigación abarcó zonas representativas de los principales ecosistemas litorales marinos de El Salvador: playas de arena, manglares, playas rocosas, acantilados, playones o bajos, pantanos o zanjas con agua permanente, estructuras artificiales. El cálculo de la sensibilidad ambiental incluyó recorridos en diferentes áreas costeras, medición de tamaño de grano de sedimentos, morfología, biodiversidad asociada, así como infraestructura presente. Los resultados ubicaron a la sensibilidad ambiental de los ecosistemas costeros del país de la siguiente forma en orden decreciente: acantilados>playas de arena fina>rompeolas>playones (bajos)>playas rocosas>arrecifes rocosos con asentamientos de coral>pantanos o zanjas de agua permanente>manglares. En algunas ocasiones estos hábitats se combinan, lo que crea condiciones especiales de sensibilidad.

José Enrique Barraza

El autor estudió licenciatura en Biología en la Universidad de El Salvador entre 1984 a 1988. Completó la Maestría en Ciencias de la Universidad Texas A&M, en 1993. Se graduó de Doctor en Ciencias Biológicas de la Universidad de Santiago de Compostela, en España, en el año 2000. Durante sus ejercicios académicos de postgrado, se especializó en ecología marina, incluyendo bentos y circulación de contaminantes en cadenas alimenticias acuáticas. Ha publicado investigaciones sobre fauna acuática marina y continental; y niveles de contaminantes en ecosistemas acuáticos mediante la utilización de biomonitores; en artículos científicos de revistas especializadas, capítulos de libros, libros, conferencias nacionales e internacionales. Ha colaborado como Director del Museo de Historia Natural de El Salvador, funcionario de la Secretaría Ejecutiva del Medio Ambiente, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Actualmente es investigador asociado al Instituto de Ciencia, Innovación y Tecnología del la Universidad Francisco Gavidia.