

IMPACTO ECOLÓGICO EN EL MANGLE ROJO (*Rhizophora mangle*) POSTERIOR AL DERRAME PETROLÍFERO DEL CARIBE PANAMEÑO



ECOLOGICAL IMPACT ON THE RED MANGROVE (*Rhizophora mangle*) AFTER THE PANAMANIAN CARIBBEAN OIL SPILL

Villarreal, Carlos Antonio; De León, Elías

 Carlos Antonio Villarreal
carlosantonio.villarreal@up.ac.pa
Universidad de Panamá, Panamá

 Elías De León
elías.deleon@up.ac.pa
Universidad de Panamá, Panamá

Centros: Revista Científica Universitaria
Universidad de Panamá, Panamá
ISSN-e: 2304-604X
Periodicidad: Semestral
vol. 11, núm. 2, 2022
revista.centros@up.ac.pa

Recepción: 07 Marzo 2022
Aprobación: 30 Mayo 2022

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/228/2283210015/>

Resumen: Esta investigación presenta el impacto ecológico en el crecimiento y desarrollo del mangle rojo después del derrame de petróleo en las costas del Caribe de Panamá. En las costas existen 14 de las 17 especies de manglares presentes en Latinoamérica. De estas, 7 se encuentran en el Caribe y 7 en el Pacífico representadas, principalmente por el mangle rojo. Además, el país cuenta con 1600 islas e islotes que contienen una diversidad de ecosistemas marinos, incluyendo los manglares, estuarios y litoral arenoso, fangoso, pantanoso o rocoso, así como pastos marinos y arrecifes coralinos. El derrame de petróleo ocurrió el 27 de abril de 1986 en una refinería en Bahía Las Minas, Panamá. A raíz de una ruptura de un tanque de almacenamiento donde se derramaron aproximadamente 38.3 millones de litros (240,000 barriles) de petróleo de peso mediano crudo. El desarrollo del estudio se basó fundamentalmente, en la medición de diámetro y altura de plantas adultas y plántulas de mangle rojo en 2 transectos en cada sitio de estudio (Bahía Las Minas, Isla Largo Remo, Galeta) y una parcela control en el Sendero Costa Nera. A través de la cual se espera conocer el impacto ecológico sufrido por el mangle rojo en su crecimiento y desarrollo luego del derrame de petróleo en las costas del Caribe en la República de Panamá. Se recomienda un Plan Nacional de contingencia a derrames de hidrocarburos como urgencia notoria, debido a la evidencia que se tiene en nuestra geografía, ya que cerca de 70 millones de toneladas de petróleo y sus derivados se transportan a través del Canal de Panamá.

Palabras clave: Manglares, contaminación, ecosistemas, ecológico, plántulas.

Abstract: This research presents the ecological impact on the growth and development of the red mangrove after the oil spill on the Caribbean coasts of Panama. On our shores, there are 14 of the 17 species of mangroves present in Latin America. 7 are in the Caribbean, and seven are in the Pacific, represented mainly by the red mangrove. In addition, the country has 1600 islands and islets containing various marine ecosystems, including mangroves, estuaries and sandy, muddy, swampy, or rocky coastline, and seagrass and coral reefs. On April 27, 1986, the oil spill occurred at a refinery in Bahía Las Minas, Panama. Following a rupture of a storage tank where approximately 38.3 million liters (240,000 barrels) of raw medium-weight oil were

spilled. The development of the study was fundamentally based on the measurement of diameter and height of adult plants and red mangrove seedlings in 2 plots in each study site (Bahía Las Minas, Isla Largo Remo, Galeta) a control plot on the Costa Nera Trail. It is hoped to know the ecological impact suffered by the red mangrove on its growth and development after the oil spill on the Caribbean coasts in the Republic of Panama. A National Contingency Plan for hydrocarbon spills is recommended as a notorious urgency due to the evidence in our geography, as nearly 70 million tons of oil and its derivatives are transported through the Panama Canal.

Keywords: Mangroves, pollution, ecosystems, ecological, seedlings.

INTRODUCCIÓN

Históricamente el uso de los manglares ha sido un argumento de oportunidades y requerimientos humanos del valor de este ecosistema. Dado que sólo crecen en zonas tropicales y subtropicales como las encontradas en muchos de los países latinoamericanos, donde los manglares tienen gran importancia como fuente de materia prima y alimentación barata; en algunos casos el manglar es la única fuente en su economía de subsistencia. La pesca de peces, crustáceos y moluscos ha sido practicada en muchos lugares desde épocas precolombinas y resulta ser una actividad compatible con ellos que mantienen la viabilidad de este sistema ecológico.

La extracción de madera para la producción de carbón, o su tala para la producción de sal es más común que la pesca, lo que tiene un mayor efecto sobre la ecología de los manglares, de igual forma hay que mencionar el efecto que el derrame de petróleo causa en la extinción de la flora y fauna marina que crece adjunto a la población de los manglares.

Fácilmente se identifica el mangle rojo en las costas del Pacífico y del Caribe panameño (STRI, 2000), gracias a sus características físicas, entre las que destaca su altura (de 5 a 25m) y su diámetro (de 10 a 50cm) y sus raíces arqueadas que sobresalen del tronco y se bifurcan hasta enterrarse. Igualmente, sus flores verde-amarillas y sus frutos ovalados (de 10 a 20 cm), permiten encontrarlos en los litorales, especialmente bajo condiciones de baja salinidad.

Sus usos en las actividades humanas varían, como lo menciona ANAM-ARAP (2013), que puede ser utilizados para usos medicinales aparte de todos los beneficios que proporciona al ambiente. Dada su condición ideal de salinidad, el mangle rojo es usualmente se ubica en las partes externas de los transectos de manglar y, como lo mencionan Garcés y Lozano (2021), los bordes de los canales.

La importancia ecológica y económica de los manglares es amplia, y desde el punto de vista de su valor económico directo, puede apreciarse su trascendencia si se tiene presente que aproximadamente dos terceras partes de las especies marinas del mundo dependen del aporte de materia orgánica procedentes de los manglares, sin dejar de mencionar que éste, es un hábitat para el crecimiento y desarrollo de algunos peces, moluscos y crustáceos.

Aparte de estos valores tienen importancia como especies “terráneas”, o sea especies fijadoras de sedimentos que no solo consolidan amplios segmentos del litoral, sino que progresivamente con su acción avanzan ganando terreno al mar. La destrucción de los manglares ha contribuido a procesos de erosión del oleaje o de corrientes.

En la República de Panamá antes de la década de los años sesenta, existían más de quinientos mil (500,000) hectáreas de manglares, superficie que ha ido disminuyendo de manera alarmante durante los últimos años,

estimándose, que ha sido reducido a ciento setenta mil ochocientos (170,800) hectáreas solamente y que dicha cifra cada vez disminuye más.

Las principales causas de esta deforestación masiva de los manglares están relacionadas con las actividades humanas como menciona Pittol (2021): transformación en tierras para la agricultura, ganadería, desarrollo urbano, desarrollo tecno-industrial y últimamente estanques para cultivo de camarones.

Los manglares, al estar próximos a la costa, sufren directamente del impacto de derrames de petróleo y otros hidrocarburos cerca de los litorales que tienen distintas afectaciones en los manglares, como menciona Picón (2021) y Pittol (2021), pueden afectar la biodiversidad y paisajes.

El estudio tiene como objetivo medir el nivel o grado de recuperación del mangle rojo, midiendo el grado de deterioro experimentado en sus raíces, ramas y hojas; tras del derrame de petróleo de la refinería de Bahía Las Minas de 1986 en el Caribe de Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este estudio investigativo se seleccionó el diseño experimental debido a que permite estudiar las relaciones de causalidad a través del control sistemático de la variable independiente.

La investigación se basa en delimitar dos transectos de 10 m² en tres sitios identificados en el área de Bahía Las Minas, Isla Largo Remo, Galeta y una parcela control en el área de Galeta al lado del Sendero Costa Nera, que nos permite la comparación de los sitios contaminados por el derrame de petróleo vs el transecto control no contaminada.

La información del presente estudio se logró mediante muestreos 1 y 2 en cada uno de los sitios y sus respectivos transectos, anotándose altura, diámetro, afloración (número de hojas) y número de ramas en árboles adultos, en plántulas se midió altura y número de hojas.

La Figura 1 muestra remarcada la porción costera del ecosistema marino afectado por el derrame de petróleo. Adicionalmente, presenta los transectos de Bahía las Minas (#1 y #2), junto con los transectos de Isla Remo (#3 y #4), y los transectos de Punta Galeta (#5 y #6). Finalmente, se ubica el transecto de control (#7).



FIGURA 1.
LOCALIZACIÓN DE LOS TRANSECTOS

Fuente 1. OpenStreetMaps (2022)

Para lograr la objetividad, se desarrollan instrumentos basados en visitas al campo durante la fase experimental. Las visitas al campo se completaron 2 veces al mes desde abril a septiembre de 2016 (6 meses).

TABLA N° 1
Materiales y Equipos

TABLA N° 1
Materiales y Equipos.

Materiales	Cantidad
Gasolina (transporte Panamá-Colón)	12 viajes
Gasolina (bote)	12 viajes
Cinta plástica (naranja, verde, celeste)	6
Barras de hierro	28
Tape	3
Pintura aerosol (verde, naranja)	4
Tack numerado	2 juegos
Alicate	1
Botas de caucho	1
Alambre dulce	3 rollos
Metro de madera	1
Poll	2
Cegueta	1
Tanque de 5 galones	1
Machete	1
Cámara	1
Rollos de fotografías	2
Anotador	1
Páginas blancas	16
Lápiz	1

La investigación se ha basado fundamentalmente, en la medición de diámetro y altura de plantas adultas y plántulas de mangle rojo en dos transectos en cada sitio de estudio (Bahía Las Minas, Isla Largo Remo, Galeta) y una parcela control en el Sendero Costa Nera.

La información obtenida ha sido considerada muy valiosa debido a las características que presenta el área, la cual es vulnerable al derrame de petróleo y sus derivados.

El interés de la investigación se centró en resaltar lo más relevante de la información que se ha obtenido a modo de comprobar nuestro supuesto original y lograr los objetivos propuestos.

Es importante mencionar que cuando nos referimos al sitio número 1 y sitio número 2 estamos hablando de los transectos que se marcaron en las áreas respectivas de estudio.

La lectura inicial y la lectura final se refieren a los datos recabados en el muestreo 1 y muestreo 2. En el estudio se delimitó la población de mangle rojo en plantas adultas y plántulas, en donde se estudió la altura, diámetro, número de hojas o afloraciones y número de ramas.

Parámetros que ayudaron a identificar la variable de crecimiento y desarrollo; finalmente se pudo obtener datos del índice de mortalidad tanto en plantas adultas como en plántulas.

RESULTADOS

TABLA 2
RESULTADOS DE CRECIMIENTO EN ALTURA Y DIÁMETRO SEGÚN SITIO

Nº	LUGAR O SITIO	ORIENTACIÓN	LECTURA INICIAL		LECTURA FINAL		INCREMENTOS	
			PROM. EN ALTURA	PROM. EN DIÁMETRO	PROM. EN ALTURA	PROM. EN DIÁMETRO	PROM. EN ALTURA	PROM. EN DIÁMETRO
1	BAHÍA LAS MINAS.	230° S-O	2.56	1.96	2.77	4.86	0.21	2.89
2	BAHÍA LAS MINAS.	220° S-O	5.63	6.13	5.9	14.56	0.27	8.43
1	ISLA LARGO REMO	75° N-E	1.89	1.63	2.01	3.8	0.12	2.17
2	ISLA LARGO REMO	62° N-E	1.77	1.64	1.83	3.87	0.07	2.23
1	GALETA		4.94	5.58	5.26	13.44	0.33	7.86
2	GALETA		2.43	3.27	2.61	7.46	0.18	4.19
1	CONTROL		1.83	1.34	2.21	3.49	0.38	2.15
	PROMEDIO GENERAL		3.01	3.08	3.23	7.35	0.22	4.27

Fuente: Autor

Según los resultados obtenidos podemos observar diferencias bien marcadas entre el sitio N° 1, sitio N° 2 y entre lecturas iniciales, finales; el sitio que tuvo un mayor incremento en crecimiento de altura fue Galeta sitio N° 1 con 0.33 en comparación con el transecto control con 0.38, seguido por Bahía Las Minas sitio N° 2 con 0.27 y el sitio N° 1 con 0.21, Galeta sitio N° 2 con 0.18, Isla Largo Remo sitio N° 1 con 0.12 y el sitio N° 2 con 0.07 y en el desarrollo en diámetro el mayor dato obtenido fue en Bahía Las Minas en el sitio N° 2 con 8.43 en comparación con el transecto control cuyo dato fue de 2.15, le siguen Galeta el sitio N° 1 con 7.86, y en sitio N° 2 con 4.19, Bahía Las Minas en el sitio N° 1 con 2.89, Isla Largo Remo en el sitio N° 2 con 2,23 y por último en el mismo lugar sitio N° 1 con 2.17.

El análisis de los datos obtenidos nos indica que se encontró un crecimiento mayor en altura registrado en el transecto control y en desarrollo el mayor dato registrado fue en Bahía Las Minas, esto hace evaluar que los factores climatológicos como lo son: el movimiento del aire, la temperatura, la pleamar (marea alta) y baja mar (marea baja, la precipitación pluvial; han determinado en porcentaje la descomposición del crudo derramado que no pudo ser colectado, aquel que va hacia el fondo del mar.

TABLA N° 3
Mortalidad de plantas adultas según sitio de la muestra

TABLA N° 3
 Mortalidad de plantas adultas según sitio de la muestra

N°	LUGAR O SITIO	ORIENTACIÓN	NÚMEROS DE MUESTRAS	PLANTAS VIVAS LECTURA FINAL	PLANTAS MUERTAS LECTURA FINAL	MORTALIDAD EN %
1	BAHÍA LAS MINAS.	230° S-O	142	##	13	9.15
2	BAHÍA LAS MINAS.	220° S-O	15	15	0	0
1	ISLA LARGO REMO	75° N-E	107	##	6	5.61
2	ISLA LARGO REMO	62° N-E	66	66	0	0
1	GALETA		32	32	0	0
2	GALETA		40	37	3	7.5
1	CONTROL		63	56	7	11.11
TOTAL			465	##	29	6.24

Fuente: Autor

Fuente: Autor

El análisis del mayor índice de mortalidad de plantas adultas fue en el transecto control con 11.11, le siguen en Bahía Las Minas en el sitio N° 1 con 9.15, en Galeta sitio N° 2, con 7.50 y por último Isla Largo Remo sitio N° 1 con 5.61, en Bahía Las Minas sitio N° 2 y Galeta sitio N° 1 no presentaron mortalidad en los árboles seleccionados para el estudio.

Al analizar los resultados podemos describir que en los ecosistemas marinos existen diferentes mecanismos de sobrepoblación donde juega un papel muy relevante los nutrientes del suelo, disposición de la luz solar, disponibilidad del agua en la estación seca y lluviosa de los trópicos, factores que son indispensables para los bosques de los manglares.

TABLA 4
Crecimiento respecto al transecto control (valores normalizados)

Nº	LUGAR O SITIO	ORIENTACIÓN	NÚMEROS DE MUESTRAS	PLANTAS VIVAS LECTURA 2	PLANTAS MUERTAS LECTURA 2	MORTALIDAD EN %
1	BAHÍA LAS MINAS.	230° S-O	17	12	5	29.41
2	BAHÍA LAS MINAS.	220° S-O	40	21	19	47.5
1	ISLA LARGO REMO	75° N-E	30	20	10	33.33
2	ISLA LARGO REMO	62° N-E	25	19	6	24
1	GALETA		40	23	17	42.5
2	GALETA		21	15	6	29.57
1	CONTROL		20	10	10	50
	TOTAL		193	120	73	37.82

Fuente: Autor

El porcentaje de mortalidad en plántulas se reflejó de la siguiente manera: en el transecto control se registró el 50%, le siguen Bahía Las Minas sitio N° 2 con 47.50, Galeta sitio N° 1 con 42.50, Isla Largo Remo sitio N° 1 con 33.33, Bahía Las Minas sitio N° 1 con 29.41, Galeta sitio N° 2 con 28.57, Isla Largo Remo sitio N° 2 24.00.

Al igual que las plantas adultas de los bosques de manglares, las plántulas no escapan de las necesidades que estén presentes en el sustrato, donde se implanta la semilla del mangle no siempre va a contar con los requerimientos internos y externos necesarios para el crecimiento y desarrollo del mismo.

TABLA 5
CRECIMIENTO RESPECTO AL TRANSECTO CONTROL (VALORES NORMALIZADOS)

Nº	LUGAR O SITIO	ORIENTACIÓN	CRECIMIENTO EN ALTURA %	CRECIMIENTO EN DIÁMETRO %	FACTOR DE CRECIMIENTO	FACTOR NORMALIZADO
1	BAHÍA LAS MINAS.	230° S-O	8.12	147.34	1195.92	0.36
2	BAHÍA LAS MINAS.	220° S-O	4.75	137.37	652.31	0.19
1	ISLA LARGO REMO	75° N-E	6.24	133.61	833.63	0.25
2	ISLA LARGO REMO	62° N-E	3.75	135.87	508.91	0.15
1	GALETA		6.6	140.73	928.97	0.28
2	GALETA		7.61	128.11	974.47	0.29
1	CONTROL		20.87	160.94	3358.52	1

Fuente: Autor

Nuestra parcela control es quien nos demuestra el mayor índice de crecimiento y factor normalizado con 3358.52; 1,00, le sigue Bahía Las Minas sitio N° 1 con 1195.92; 0.36, Galeta sitio N° 2 con 974.47; 0.29, Galeta sitio N° 1 con 928.97; 0.28, Isla Largo Remo sitio N° 1 con 833.63; 0.25, Bahía Las Minas sitio N° 2 con 652.31; 0.19 y por último Isla Largo Remo sitio N° 2 con 508,91; 0.15.

Podemos analizar de los datos obtenidos que en la Isla Largo Remo sitio N° 2 hay un menor crecimiento y que se debe a las condiciones que no favorecieron la recolección y dispersión del derrame de petróleo que afecto con mayor incidencia, cabe mencionar que al proceder rápidamente en la recolección del crudo el mismo se sedimenta y es un factor que altera las condiciones normales de crecimiento de los manglares a pesar que Bahía Las Minas fue el punto de epicentro del desastre ecológico, las posiciones geográficas y los cambios climáticos de cada zona juega un papel fundamental en la recuperación de los diferentes ecosistemas marinos sucesivos.

TABLA 6
CRECIMIENTO PORCENTUAL EN EL NÚMERO DE AFLORACIÓN SEGÚN SITIOS

Nº	LUGAR O SITIO	ORIENTACIÓN	AFLORACIÓN INICIAL	AFLORACIÓN FINAL	INCREMENTO	INCREMENTO %
1	BAHÍA LAS MINAS.	230° S-O	124	118	-6	-4.84
2	BAHÍA LAS MINAS.	220° S-O	97	92	-5	-5.15
1	ISLA LARGO REMO	75° N-E	135	183	48	35.56
2	ISLA LARGO REMO	62° N-E	145	189	44	30.34
1	GALETA		125	134	9	7.2
2	GALETA		123	159	36	29.27
1	CONTROL		166	226	60	36.14

Fuente: Autor

Los resultados obtenidos de incremento y porcentaje de crecimiento en orden decreciente el mayor valor se obtuvo en el transecto de control con 60; 36.14 le siguen Isla Largo Remo sitio N° 1 con 48; 35.56, Isla Largo Remo sitio N° 2 con 44; 30.34, Galeta sitio N° 2 con 36; 29.27, Galeta sitio N° 1 con 9; 7.20, Bahía Las Minas sitio N° 2 con 5; 5.15 y por último Bahía Las Minas sitio N° 1 con 6; 4.84.

Analizando los resultados podemos exponer que las afloraciones en los manglares es una variable que nos permiten identificar y/o comprobar nuestro objetivo planteado. El mayor incremento en afloración lo presenta el transecto control, posterior ambos sitios de Isla Largo Remo, Galeta en el sitio N° 2, N° 1 y en Bahía Las Minas ambos sitios reflejan un bajo incremento.

TABLA 7
CRECIMIENTO PORCENTUAL EN NÚMERO DE RAMAS SEGÚN SITIO

TABLA N° 7
Crecimiento porcentual en número de ramas según sitio

Nº	LUGAR O SITIO	ORIENTACIÓN	AFLOACIÓN INICIAL	AFLOACIÓN FINAL	INCREMENTO	INCREMENTO %
1	BAHÍA LAS MINAS.	230° S-O	124	118	-6	-4.84
2	BAHÍA LAS MINAS.	220° S-O	97	92	-5	-5.15
1	ISLA LARGO REMO	75° N-E	135	183	48	35.56
2	ISLA LARGO REMO	62° N-E	145	189	44	30.34
1	GALETA		125	134	9	7.2
2	GALETA		123	159	36	29.27
1	CONTROL		166	226	60	36.14
Nº	LUGAR O SITIO	ORIENTACIÓN	RAMAS INICIAL	RAMAS FINAL	INCREMENTO	INCREMENTO %
1	BAHÍA LAS MINAS.	230° S-O	11	19	8	72.73
2	BAHÍA LAS MINAS.	220° S-O	8	12	4	50
1	ISLA LARGO REMO	75° N-E	9	13	4	44.44
2	ISLA LARGO REMO	62° N-E	9	14	5	55.56
1	GALETA		10	9	-1	-10
2	GALETA		10	13	3	30
1	CONTROL		9	9	0	0

Fuente: Autor

Fuente: Autor

El crecimiento porcentual en el número de las ramas según el sitio lo obtuvimos de la señalización al azar en las ramas de árboles adultos mediante una cinta enumerada de donde presentamos los valores de incremento y porcentaje de crecimiento, en Bahía Las Minas sitio N° 1 es de 8; 72.73, Isla Largo Remo sitio N° 2 con 5; 55.56, Bahía Las Minas sitio N° 2 es de 4; 50.00, Isla Largo Remo sitio N° 1 con 4; 44.44, Galeta sitio N° 2 con 3; 30.00, Galeta sitio N° 1 con 1; 10.00 y el transecto control no registro ningún incremento en ramas de diferencias en cuanto a la lectura final de la lectura inicial.

En los datos obtenidos en el incremento de afloraciones que es igual al número de hojas y en número de ramas podemos pensar que existe una competencia entre plantas adultas y plántulas o plantas jóvenes por adquirir los nutrientes o también que los componentes biodegradables no actúan en la brevedad necesaria sucesivo a la larga estación seca, otra opinión puede estar en que la época seca la planta detiene su incremento de hojas y ramas para aumentar en altura y diámetro una vez iniciada la temporada lluviosa cuando la faculten las sales minerales y nutrientes necesarios para el crecimiento y desarrollo de la planta.

DISCUSIÓN

En conclusión, tras el derrame de petróleo en 1986 ocurrido en el caribe de Panamá, observamos en las áreas de estudio, que la calidad del crecimiento del Mangle Rojo (*Rhizophora mangle*) hubo un impacto ecológico que se demuestra en los parámetros estudiados como su altura, diámetro, el ramaje y afloraciones; en los tres sitios investigados, comparados con la muestra control, ubicada en el Sendero Costa Nera a 700 metros sur del Laboratorio de Galeta.

El nivel de impacto ambiental sobre el mangle rojo, refleja una marcada disminución en la calidad de la especie notándose una mediana población en árboles de estatura media, se hace necesario mencionar el hallazgo observado de la presencia de muy pocos árboles adultos en los sitios estudiados, pero con mayor influencia en Bahía Las Minas sitio N° 2 la escasez de plantas adultas, así como también en plántulas sin tener que compararla con el transecto control.

En los demás sitios se pudo encontrar una ligera varianza que pueden ser relativo a los factores extrínsecos e intrínsecos que se desarrollan en el área como los son: mareas, movimiento del viento precipitación fluvial, temperatura, salinización y nutrientes del suelo.

Es necesario crear conciencia a las autoridades gubernamentales, empresa privada y sociedad en general sobre el lugar que le corresponde al manglar entre un número finito de recursos naturales cuya utilización y conservación máxima la estabilidad de los ecosistemas marinos del país, refuerza la economía y contribuye en gran medida a enriquecer la vida marina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANAM-ARAP. (2013). Manglares de Panamá: Importancia, mejores prácticas y regulaciones vigentes. Panamá: Editorial Nova Art.
- Earp, H.S., Prinz, N., Cziesielski, M.J. y Andskog, M. For a world without boundaries: connectivity between marine tropical ecosystems. In time of change. YOUMARES 8 – Oceans Across Boundaries: Learning from each other, Proceeding of the 2017 Conference, pp. 125-144 (2018). doi:10.1007/978-3-319-93284-2_9.
- Explotación petrolera en manglares”, Oilwatch, Boletín Tegantai N° 10, http://www.oilwatch.org/index.php?option=com_content&task=view&id=112&Itemid=43&lang.
- Garcés, H. G., & Lozano, J. (2021). Características estructurales del Mangle Rojo (*Rhizophora mangle*) en Isla Payardi, Colón, Panamá. *Tecnociencia*, 23(2), 5-15.
- Guzman, H.M., Kaiser, S. y Weil, E. (2020) Assessing the longterm effects of a catastrophic oil spill on subtidal coral reef communities off the Caribbean coast of Panama. *Mar. Biodivers.* 50, 28. doi.org/10.1007/s12526-020-01057-9.
- Klein E. (2020) Derrame Golfo Triste. Informe Técnico. Laboratorio de Sensores Remotos. Universidad Simón Bolívar. Caracas.
- Organización Marítima Internacional, ed. (2005). *MANUAL SOBRE LA CONTAMINACIÓN OCACIONADA POR HIDROCARBUROS – SECCIÓN IV*. IMO Publishing. p. 236. ISBN 9789280100822.
- Picón, S.J. (2021). *Revisión documental sobre el impacto ambiental ocasionado por la contaminación de hidrocarburos en los manglares de Colombia*. Repositorio Institucional RI-UTS.
- Pittol, M. B. (2021). Impactos de los derrames de hidrocarburos sobre los ecosistemas de manglar. *Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales*, 81(1), 53-57.
- Severeyn, H.J., Delgado, J., Godoy, A. y García de Severeyn, Y. (2003) Efecto del derrame del petróleo del buque Nissos Amorgos sobre la fauna macro-invertebrada bentónica del golfo de Venezuela: cinco años después. *Ecotrópicos* 16 (2), 83-90.
- STRI. (2000). *Manglares en Panamá: viviendo en el límite. Un puente entre el currículo de Panamá y el programa educativo ambiental marino del STRI*. Panamá: STRI.