

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/337424161>

IMPACTOS DE LA CONTAMINACIÓN SOBRE LOS MANGLARES DE ECUADOR

Chapter · November 2019

CITATIONS

2

READS

7,901

4 authors, including:



Beatriz Pernia

Universidad de Guayaquil (UG)

45 PUBLICATIONS 117 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Mariuxi Mero

Universidad de Guayaquil (UG)

10 PUBLICATIONS 20 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Xavier Cornejo

Universidad de Guayaquil (UG)

108 PUBLICATIONS 515 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Contaminación por cadmio en Ecuador [View project](#)



EVALUACIÓN DE PLANTAS TERRESTRES Y ACUATICAS CON POTENCIAL PARA FITORREMEDIACIÓN DE CADMIO [View project](#)

IMPACTOS DE LA CONTAMINACIÓN SOBRE LOS MANGLARES DE ECUADOR

Beatriz Pernía

Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil. Av. Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo,
Guayaquil, Ecuador, C.P. 090150
Email: beatrizpernia@gmail.com

Mariuxi Mero

Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil. Av. Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo,
Guayaquil, Ecuador, C.P. 090150

Xavier Cornejo

Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil. Av. Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo,
Guayaquil, Ecuador, C.P. 090150

Josué Zambrano

Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil. Av. Raúl Gómez Lince s/n y Av. Juan Tanca Marengo,
Guayaquil, Ecuador, C.P. 090150

1. Introducción

Los manglares son formaciones de arbustos y árboles que albergan una gran cantidad de aves, peces, moluscos y crustáceos. Son áreas de reproducción y alimentación de muchas especies que representan la fuente económica para las comunidades locales (Goncalves & Geraldo, 2007). Los ecosistemas de manglar son altamente productivos y generan una gran cantidad de nutrientes, los cuales son exportados por las mareas a las aguas marinas de la franja litoral más cercana a la costa, donde son aprovechados por pastos marinos y una variedad de peces, crustáceos y moluscos que tienen importancia comercial (Díaz, 2011).

Los bosques de mangles en Ecuador abarcan aproximadamente 157.094,28 ha, poseen una flora constituida por manglares mayores como: *Rhizophora mangle*, *R. racemosa*, *R. x harrisonii*, *Laguncularia racemosa* var. *racemosa*, *L. racemosa* var. *glabriflora*, *Conocarpus erectus* y *Avicennia germinans* (Cornejo, 2014a). En la fauna de los manglares destacan las especies de cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*), jaibas (*Callinectes arcuatus*, *C. toxotes*), camarones (*Litopenaeus stylirostris*, *L. vannamei*), concha prieta (*Anadara tuberculosa*, *A. similis*), mejillones (*Mytella guyanensis*), ostras (*Crassostrea columbiensis*) y numerosas de especies de peces (Cornejo, 2014b).

Sin embargo, los manglares en Ecuador se encuentran afectados por las actividades humanas tales como: i) la tala, para la obtención de madera, la construcción de camaroneras y construcción de viviendas; ii) el desarrollo urbanístico que altera los procesos hidráulicos y geomorfológicos; iii) la sobreexplotación de los recursos con la pesca indiscriminada, que altera la composición, estructura y función del ecosistema; iv) el irrespeto a las vedas de pesca y captura de cangrejos, v) la acuicultura, la cual altera los ecosistemas de manglar para cultivo de camarones o peces introduciendo especies exóticas que pueden desplazar a las nativas; y vi) la contaminación ambiental por aguas servidas, bacterias y virus patógenos, desechos sólidos, desechos agroindustriales, metales pesados y los derrames de hidrocarburos (Ellison y Farnsworth, 1996; FAO, 2007; Díaz, 2011; Urquiza et al., 2011; Poveda y Avilés, 2018).

Uno de los sistemas de manglar más emblemático por su contaminación en Ecuador es el Estero Salado, localizado en la ciudad de Guayaquil. Este brazo de mar ha sufrido alteraciones tales como la deforestación, pérdida de superficie por rellenos parciales para transformación del uso de suelos por el crecimiento urbano, falta de renovación de sus aguas (Holden, 1978), descargas de aguas servidas e industriales sin tratamiento (EMAG, 1978; Cárdenas, 2010; Pernía et al., 2018), incremento de la concentración de coliformes fecales y bacterias patógenas (Baños, 2012; Quijije, 2015; Vargas, 2015), aumento en las concentraciones de nitrógeno y fósforo (Twilley, 1989), contaminación con hidrocarburos (Thiakos, 2000; Rodríguez, 2005; Cárdenas, 2010), aceites y grasas (Cárdenas, 2010; Alcívar, 2016), metales pesados (Fernández-Cadena et al., 2014; Pernía et al., 2018), detergentes y cloraminas (CAAM, 1996). Esta contaminación ha generado un impacto negativo sobre la diversidad y abundancia de la flora y fauna del Estero Salado (Hidroestudios, 2003; Cárdenas, 2010; Cárdenas y Mair, 2014).

Sin embargo, las otras áreas de manglar en el litoral ecuatoriano han sido poco estudiadas. Es por ello, que el objetivo de la presente investigación fue evidenciar los principales problemas de contaminación en los manglares de la costa ecuatoriana y su impacto sobre la flora y fauna.

2. Materiales y métodos

Con la finalidad de integrar los datos de contaminación en los manglares de Ecuador y el impacto sobre la flora y fauna se realizó una búsqueda en las bases de datos Web of Science (1984-2019), Scopus, Latindex, Google Scholar, informes técnicos y tesis en los repositorios de las Universidades de Ecuador. El criterio para utilizar los datos de tesis fue que hubiesen sido obtenidos en laboratorios con los parámetros acreditados con la norma ISO 17025.

La búsqueda generó matrices para agua, sedimentos y organismos. Cada matriz tubo una dimensión $n \times p$, donde n es el número total de localidades y p las concentraciones de metales pesados (Cd, Pb y Hg), hidrocarburos totales de petróleo (TPH, por sus siglas en inglés), aceites y grasas, coliformes totales y *Escherichia coli*. En la Tabla 1 se resumen las áreas de estudio, provincias, coordenadas geográficas y los autores.

Tabla 1. Área de estudio

Provincia	Localidad	Coordenadas UTM WGS84		Autores
		ZONA 17S		
		x	y	
El Oro	Estero El Macho	619557	9639597	Ramírez, 2017
El Oro	Estero Santa Rosa	608046	9630323	Senior et al., 2015
El Oro	Estero Huylá a	612847	9639710	González et al., 2018
El Oro	Estero Huylá b	612476	9639678	González et al., 2018
El Oro	Estero Huylá c	612323	9639611	González et al., 2018
El Oro	Estero Huylá d	612220	9639420	González et al., 2018
El Oro	Estero Huylá e	611874	9639263	González et al., 2018
El Oro	Estero Huylá f	611738	9638879	González et al., 2018
El Oro	Estero Huylá g	611620	9638304	González et al., 2018
El Oro	Estero Huylá h	611074	9638229	González et al., 2018
El Oro	Estero Huylá i	610739	9638237	González et al., 2018
El Oro	Estero Huylá j	611015	9638142	Marín et al., 2016
El Oro	El Coco	612071	9643398	Marín et al., 2016
El Oro	Bajo Alto	622693	9658919	Marín et al., 2016
Guayas	Estero Salado a	620901	9759998	Fernández et al., 2014
Guayas	Estero Salado b	620919	9759887	Fernández et al., 2014
Guayas	Estero Salado c	620874	9759810	Fernández et al., 2014
Guayas	Estero Salado d	620920	9759752	Fernández et al., 2014
Guayas	Estero Salado e	621100	9759702	Fernández et al., 2014
Guayas	Estero Salado f	621230	9759377	Fernández et al., 2014
Guayas	Estero Salado g	621477	9759248	Fernández et al., 2014
Guayas	Estero Salado h	621948	9759245	Fernández et al., 2014

Guayas	Estero Salado i	622461	9758336	Fernández et al., 2014
Guayas	Estero Salado j	620371	9760671	Calle et al., 2018
Guayas	Puente Ecológico	625514	9753770	Alcívar y Mosquera, 2011
Guayas	Puente Miraflores	620175	9760914	Alcívar y Mosquera, 2011
Guayas	Segundo Puente Perimetral	620778	9752467	Alcívar y Mosquera, 2011
Guayas	Fertisa	621242	9750957	Alcívar y Mosquera, 2011
Guayas	Puente Portete	618148	9757280	Jiménez, 2012
Guayas	Puente Portete	618136	9757297	Rodríguez, 2013
Guayas	Puente Portete	618138	9757299	Pernía et al., 2018
Guayas	Puente Portete	618130	9757293	Pernía et al., 2018
Guayas	Puente Portete	618124	9757297	Pernía et al., 2018
Guayas	Puente 5 de junio	622235	9758000	Rodríguez, 2013
Guayas	Puerto El Morro	577716	9711444	Mero et al., 2012
Guayas	Puerto Hondo	608432	9757591	Siguencia, 2010;
	Cerrito de los			Calleset al., 2018
Guayas	Morreños	621494	9726847	Arcos et al., 2009;
Guayas	Estero Marcelita	577984	9711778	Arcos et al., 2010
Guayas	Estero Caballito	579574	971150	Delgado y Pernía, 2018
Guayas	Estero Chalaco	580077	9711344	Delgado y Pernía, 2018
Guayas	Estero Chapón	578552	9712315	Delgado y Pernía, 2018
Guayas	Isla Santay	625916	9753382	Mero et al., 2019
Guayas	Canal de Jambelí	605745	964158	Chalen, 2010
Guayas	Churute	640032	9722097	Proaño, 2016
Guayas	Canal Matorrillos	637238	9721210	Proaño, 2016
Guayas	Boca de álamos	642474	9717081	Proaño, 2016
Guayas	Naranjal	642032	9710606	Proaño, 2016
	Estuario del Río			Barahona y Tapia, 2010; Palacio 2013;
Manabí	Chone	564986	9933356	Pozo-Miranda, 2017
Manabí	Estero Ébano	574270	9925188	Gobierno Provincial de Manabí, 2014
Manabí	Estero Ébano	573277	9925188	Gobierno Provincial de Manabí, 2014
Manabí	Estero Ébano	572585	9926133	Gobierno Provincial de Manabí, 2014

Manabí	Estero Ébano	572397	9927572	Gobierno Provincial de Manabí, 2014
Manabí	Estero Ébano	570870	9927999	Gobierno Provincial de Manabí, 2014
Manabí	Estero Ébano	569102	9927711	Gobierno Provincial de Manabí, 2014
Manabí	Estero Ébano	569102	9927712	Gobierno Provincial de Manabí, 2014
Manabí	Estero Ébano	568944	9927381	Gobierno Provincial de Manabí, 2014
Esmeraldas	Estuario Río Esmeraldas	651466	107851	Hurtado et al., 2012 Rodríguez, 2004;
Esmeraldas	Atacames Reserva de Manglares	628752	96712	Hurtado et al., 2012
Esmeraldas	Cayapas-Mataje	729816	140939	Hurtado et al., 2012; Trejos et al., 2015

Se realizaron análisis descriptivos para cada una de las variables, se calcularon las medias y desviaciones estándar por localidad y por sustratos, se realizaron mapas de cajas y un mapa de calor para determinar cómo se agrupaban las localidades según las concentraciones de metales pesados. Todos los análisis y gráficas se realizaron usando el paquete estadístico Minitab versión 17. Se ubicaron y graficaron en el mapa de Ecuador los puntos críticos de contaminación utilizando el Programa QGIS versión 3.4.3.

3. Resultados

Los manglares en Ecuador presentan principalmente problemas de contaminación por metales pesados e hidrocarburos como consecuencia de las actividades industriales, en especial la minería, la actividad portuaria y la industria petrolera (Figura 1). Además, se identificó contaminación por coliformes totales y *Escherichia coli*, debido a las descargas de aguas servidas sin previo tratamiento a los esteros donde se encuentran los manglares y la disposición inadecuada de los desechos sólidos por parte de las comunidades aledañas a los ríos que desembocan en áreas de manglar.

La actividad agrícola también genera impactos en el manglar por el uso excesivo de pesticidas y fertilizantes, y la actividad acuícola produce contaminación biológica por la introducción de especies exóticas, bacterias y virus que impactan el equilibrio del ecosistema. Tanto la actividad agrícola como la acuícola aportan grandes cantidades de nutrientes al

agua, en especial nitrógeno y fósforo, que en exceso generan eutrofización del cuerpo de agua.

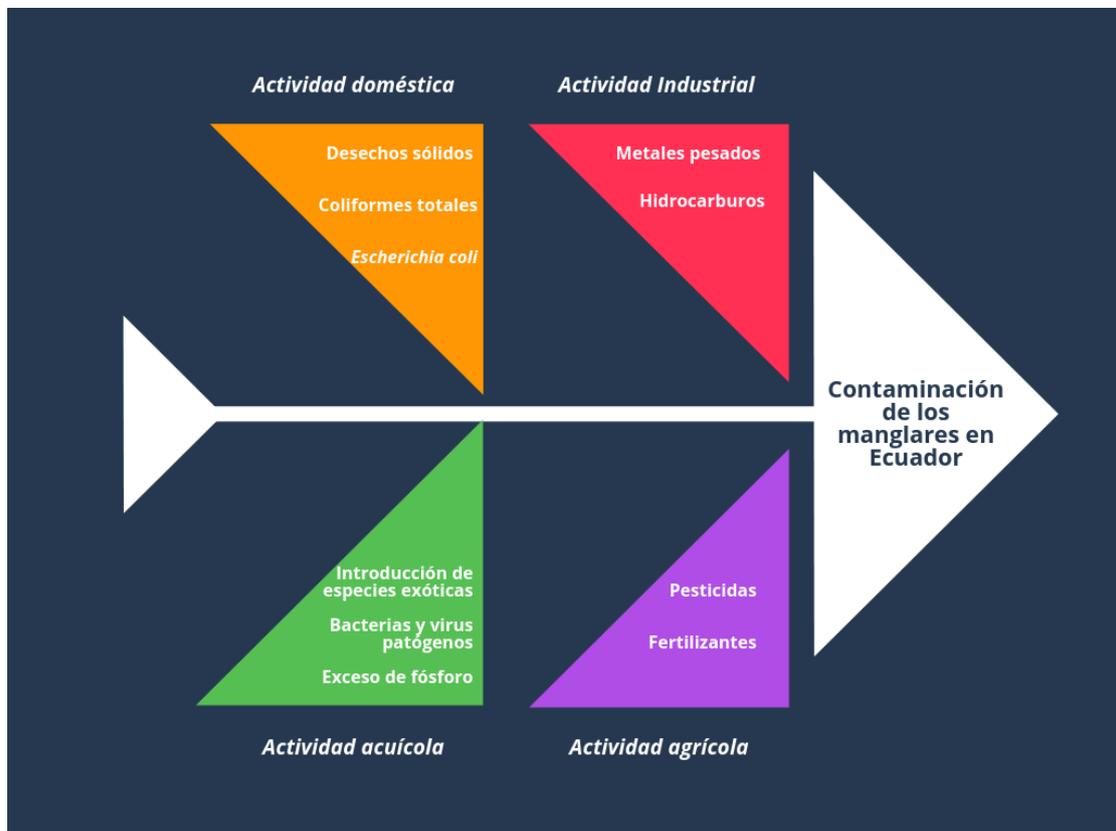


Figura 1. Diagrama de causa y efecto de la contaminación en los Manglares de Ecuador.

A continuación, se detallan cada uno de los tipos de contaminación y sus impactos:

Contaminación por metales pesados

Los metales pesados se consideran contaminantes peligrosos debido a que pueden cambiar la estructura del ambiente y los organismos vivos (Järup, 2003; Yan et al., 2017). Las altas concentraciones de metales pesados en los sedimentos pueden reducir la densidad y la diversidad de los organismos al afectar el equilibrio de la cadena alimentaria. También pueden alterar la supervivencia, el metabolismo, el crecimiento y la reproducción de organismos (Wright y Welbourn, 2002).

De todos los contaminantes, los metales pesados han recibido una atención especial debido a que no son biodegradables, son tóxicos en bajas concentraciones y tienden a acumularse en las zonas costeras y estuarinas (Lacerda et al., 1988). Además de ello, son acumulados por los organismos acuáticos generando un proceso de bioacumulación y bioamplificación

(Pernía et al., 2008). Los metales pesados constituyen un peligro para la biota acuática, el ser humano y para el ambiente en general y suelen acumularse principalmente en los sedimentos superficiales de los ríos y estuarios (Bohn et al., 2001; Correa et al., 2005)

En las zonas de manglares en Ecuador se ha registrado principalmente contaminación por los metales pesados cadmio, plomo y mercurio (Fernández et al., 2014; Calles et al., 2018; Pernía et al., 2018). Sin embargo, Fernández et al. (2014) encontró contaminación por cobre (47,08-204,1 mg/kg), níquel (42,39-60,14 mg/kg), vanadio (96,82-159,88 mg/kg) y zinc (93,95-527,17 mg/kg) en el Estero Salado, en la provincia de Guayas.

Con la finalidad de evaluar la contaminación por metales pesados en áreas de manglar de las diferentes provincias de Ecuador se recopilaron las concentraciones de Cd, Pb y Hg.

Cadmio

El cadmio (Cd) es un metal pesado tóxico que se acumula en los sistemas vivos, tiene una vida media larga y se bioacumula en plantas, invertebrados y vertebrados. Los efectos tóxicos en el ser humano después de la exposición incluyen el retraso del crecimiento y la toxicidad del sistema orgánico, toxicidad renal y hepática. A nivel molecular, el Cd conduce a la producción de especies reactivas de oxígeno, daño al ADN e inhibición de la reparación del ADN lo que degenera en cáncer (Zhang y Reynolds, 2019). Este metal compite con el calcio y se ha descrito que es capaz de generar osteoporosis, osteomalacia y malformaciones en los huesos.

La exposición a Cd también se ha asociado en el ser humano, a diversas enfermedades renales (Suwazono et al., 2006), hipertensión (Gallagher y Meliker, 2010), anemia, osteoporosis (Järup y Alfvén, 2004), osteomalacia (WHO, 2010), diabetes (Schwartz et al., 2003), anosmia, rinitis crónica, eosinofilia (Henson y Chedrese, 2004) y algunos tipos de cáncer, tales como: leucemia (Henson y Chedrese, 2004), cáncer de mama (McElroy et al., 2006), páncreas, pulmones (Henson y Chedrese, 2004) y próstata (Julin et al., 2012). En peces, aves y mamíferos este metal genera reducción de crecimiento, anemia, hipertensión, disrupciones endócrinas y en anfibios decrecimiento de la metamorfosis (Richardson et al., 1974; Revis et al., 1981; Vásquez et al., 2005; Burger, 2008).

En la Figura 2 se observa que las concentraciones de Cd en sedimentos de las áreas de manglar en Ecuador superan el límite máximo permisible en 7 de 8 localidades. La localidad con menor concentración de Cd fue el estero Ébano en la provincia de Manabí ($0,01 \pm 0,007$ mg/kg) y las zonas con mayor concentración del metal pesado fueron el Estero Salado ($4,32 \pm 3,94$ mg/kg), el Golfo de Guayaquil ($2,82 \pm 1,65$ mg/kg, máx.: 13,91) y la Reserva Ecológica Manglares Churute ($7,39 \pm 5,35$ mg/kg, máx.: 15,97), las cuales superan el límite máximo permisible de Cd según la normativa ecuatoriana (0,5 mg/kg), la normativa canadiense (0,7 mg/kg) y el nivel de efecto probable (4,02 mg/kg) propuesto por la Administración Nacional

Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés), poniendo en riesgo a la flora y la fauna.

En la Figura 3 se muestra un mapa con la distribución de Cd en sedimento de las provincias de Guayas, El Oro y Manabí, donde se evidencia que existe mayor contaminación en la provincia de Guayas, en especial en el Estero Salado y en la Reserva de Manglares Churute. Para la provincia de Esmeraldas no se hallaron datos disponibles por lo que se recomienda realizar investigaciones en los estuarios de los ríos Esmeraldas y Atacames.

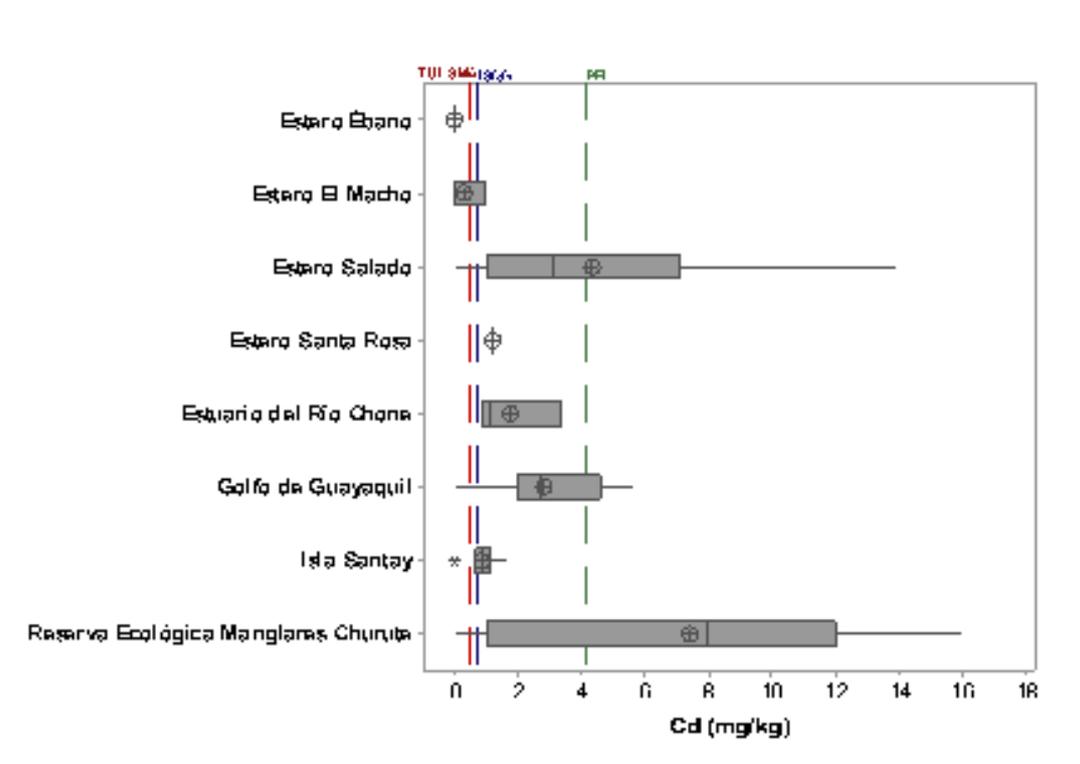


Figura 2. Concentración de Cd en los sedimentos de diversas áreas de manglar en Ecuador. El Símbolo indica la media de la concentración por localidad. * Indica los valores atípicos. TULSMA: límite máximo permisible según el texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente de Ecuador para Cd en suelo. ISQG: límite máximo permisible de Cd en sedimento según la norma canadiense. PEL: nivel de efecto probable según la NOAA.

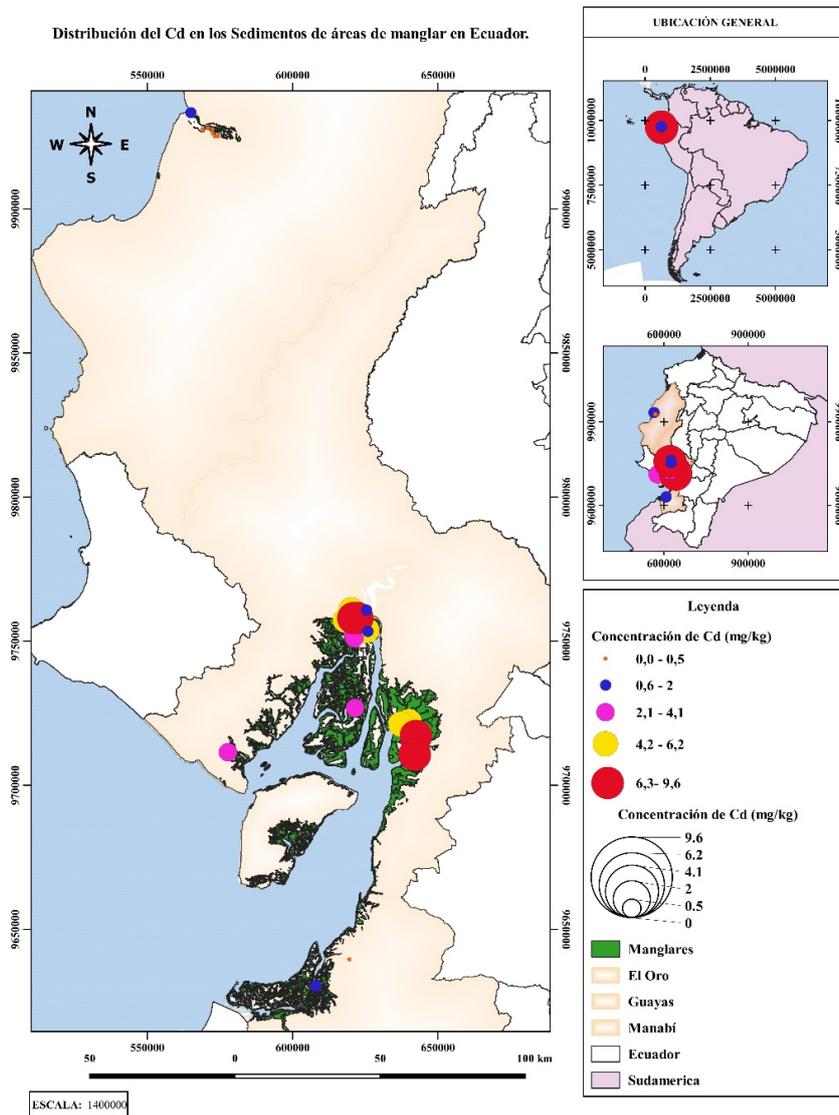


Figura 3. Distribución de Cd en sedimento en áreas de manglar de las Provincias de Guayas, El Oro y Manabí.

Con respecto a la fauna de los manglares, se ha demostrado la acumulación de Cd en los bivalvos *Anadara* sp. (Mendoza, 2014), *Anadara tuberculosa* (Mero et al., 2012; Arizaga y Lemos, 2016; Siguenza, 2016; Cedeño y Zambrano, 2017), *Crassostrea columbiensis* (Mero, 2010; Jiménez, 2012; Castro, 2015; Tovar, 2017), *Donax* sp. (Mero et al., 2012), *Mytella guyanensis* (Mero, 2010), y *Mytella strigata* (Mero, 2010), en los cangrejos *Callinectes* sp.

(Macías, 2015) y *Ucides occidentalis* (Siavichay, 2013; Fey y Castro, 2013), y en los gasterópodos *Cerithidea mazatlanica* y *Littorina varia* (Pernía et al., 2018).

En la Figura 4 se muestran los niveles de Cd registrados en los organismos acuáticos. Se aprecia que todos los bivalvos y gasterópodos han acumulado el metal pesado y se encuentran cercanos al límite máximo permisible para consumo humano según la Unión Europea y el *Codex Alimentarius* (1,5 mg/L). Sólo el mejillón y el cangrejo rojo presentaron concentraciones inferiores a las permitidas.

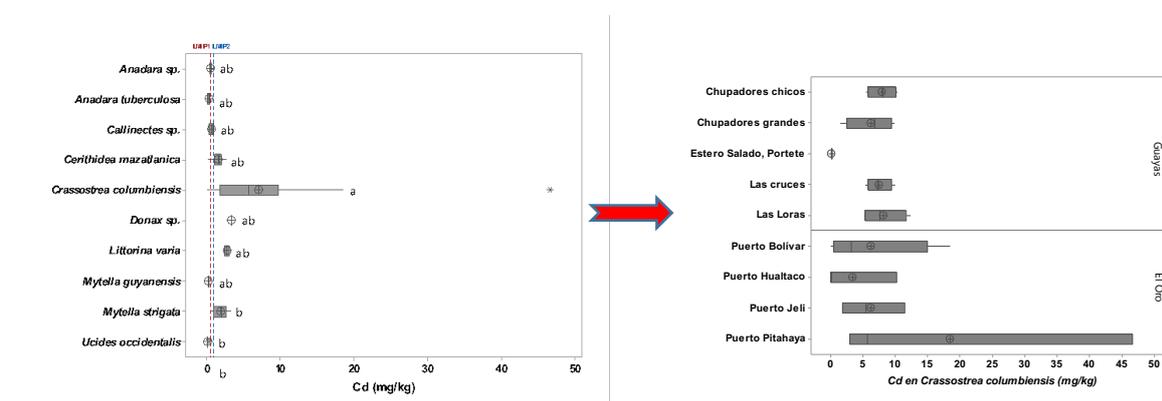


Figura 4. Concentración de Cd en bivalvos, crustáceos y gasterópodos en áreas de manglar en Ecuador. LMP1: límite máximo permisible de Cd en crustáceos, LMP2: límite máximo de Cd en bivalvos según la Unión Europea.

Por el contrario, *Crassostrea columbiensis* fue el organismo que acumuló las mayores concentraciones de Cd, en especial en Puerto Pitahaya (media: 18,4 mg/kg; máx: 46,6 mg/kg) seguido por Puerto Bolívar (media: 6,24 mg/kg; máx: 18,44 mg/kg), ambas localidades se encuentran ubicadas en la provincia de El Oro, sin embargo, no existen diferencias significativas al compararlos con los ostiones capturados en la provincia de Guayas ($p > 0,05$).

De igual manera, se ha encontrado en plantas acumulación de Cd. En el caso de *Rhizophora mangle*, esta ha demostrado ser una buena indicadora de la presencia de metales pesados. En el Canal El Macho se registraron concentraciones de 0,1-0,25 mg/kg en hojas de *R. mangle*, pero a diferencia de este estudio, Pernía et al. (2018) no encontraron concentración alguna en las hojas de mangle rojo en el Estero Salado (a nivel del Puente Portete) pero en este último estudio el Cd no se hallaba biodisponible en el sedimento y por ello las plantas no acumularon el metal. Mientras que, en la Isla Santay Bravo (2017) registró valores de 0,03-2,89 mg/kg de Cd en las hojas de *R. mangle*.

Otras especies de plantas en áreas de manglar en Ecuador han acumulado Cd en sus hojas tales como *Crinum kunthianum* ($0,74 \pm 0,35$ mg/kg) y *Sphagneticola trilobata* (0,73 mg/kg) en

la Isla Santay (Bravo, 2017). La acumulación de Cd por estas especies es un riesgo para el ecosistema debido a que las plantas son el primer eslabón en la cadena alimenticia, lo que expone a los animales herbívoros a almacenar cantidades considerables de este metal y al ser consumidos por otros animales, se bioamplifica la contaminación por este elemento (Burger, 2008).

En otros países se ha demostrado que las especies bentónicas se ven afectadas por exponerse a elevadas concentraciones de Cd (Fanny et al., 2013). Otras investigaciones han demostrado que el Cd es tóxico para los organismos expuestos a este en los sedimentos (Occhiogrosso, et al., 1979; Traunspurger y Drews, 1996; Ordonez et al., 2011). Alguno de los efectos demostrados son la alteración del ciclo gametogénico de la almeja *Ruditapes decussates* (Smaoui-damak et al., 2006) y la reducción de la densidad de macroinvertebrados bentónicos (Ordonez et al., 2011). También se han descrito efectos de los metales pesados sobre las plantas como inhibición de la germinación y el crecimiento, clorosis, estrés oxidativo (Pernía et al., 2008; Castrillo et al., 2012; Benavides et al., 2018).

Plomo

El Pb es un metal pesado que genera alteraciones en el estatus iónico celular y estrés oxidativo, lo que trae como consecuencia disrupciones endócrinas, inhibición de la actividad enzimática, muerte celular, genotoxicidad y problemas inflamatorios (Lassiter et al., 2015). También se ha atribuido al Pb la inhibición de la síntesis de hemoglobina, generando anemia (Counter et al., 2012), incremento de la presión sanguínea, daño renal (Batuman et al., 1981; Poma, 2008), perturbaciones en el sistema nervioso central y cáncer de estómago y pulmones (Mushak, 2011). Además, los niños son muy sensibles al Pb, el cual genera retraso en el desarrollo mental e intelectual (Poma, 2008).

En los animales el Pb genera retardos en la maduración, afecta la cantidad y calidad de la esperma y produce cambios conductuales en mamíferos, invertebrados y en las aves puede ser mortal a bajas concentraciones (Lassiter et al., 2015). También se ha descrito que este metal genera la muerte y la disminución en abundancia y diversidad de los invertebrados bentónicos (Environment Canada, 1998).

El límite máximo permisible de Pb en suelo según la normativa ecuatoriana es de 19 mg/kg, según la normativa canadiense la concentración máxima en sedimentos no debe superar los 30,2 mg/kg y el nivel de efecto probable sobre la flora y fauna es de 112 mg/kg, según la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés). En la Figura 5 se observa que a nivel general el plomo en el sedimento se encuentra por debajo del límite máximo permisible a excepción del Estero El Macho (media: 57,44 mg/kg; máx: 72,30 mg/kg) y el Estero Salado (media: 55,45 mg/kg; máx: 523,8 mg/kg). Con respecto al nivel de efecto

probable, solo lo supera el Estero Saldo con valores de 102,97 y 523,8 mg/kg, ambas estaciones en el puente 5 de Junio (Rodríguez, 2013).

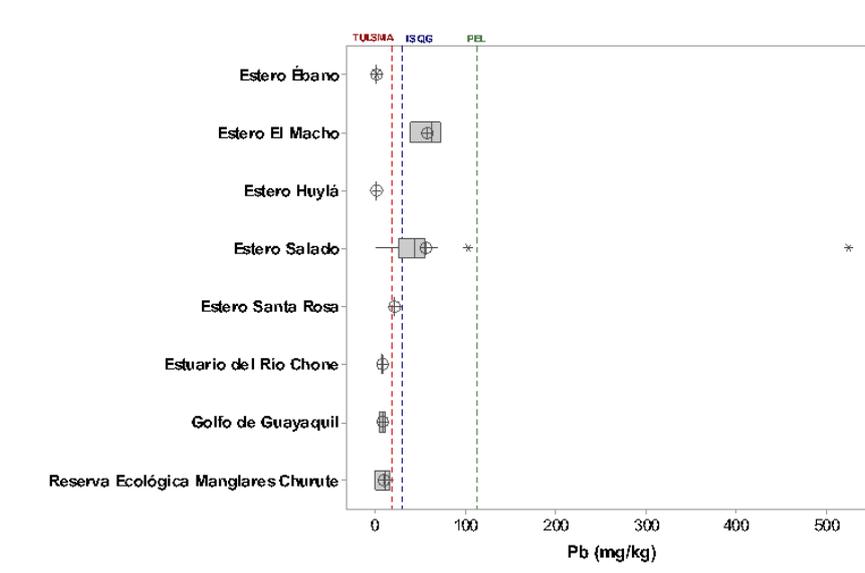


Figura 5. Concentración de Pb en los sedimentos de diversas áreas de manglar en Ecuador. El asterisco (*) indica los valores atípicos. TULSMA: límite máximo permisible según el texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente de Ecuador para Cd en suelo. ISQG: límite máximo permisible de Cd en sedimento según la norma canadiense. PEL: nivel de efecto probable según la NOAA.

En la figura 6 se observa la distribución de plomo en los sedimentos de las zonas de manglar en las diferentes provincias, donde se evidencia que las mayores concentraciones de plomo se encuentran en la provincia de Guayas, seguida por El Oro, pero sólo supera el límite de efecto probable la provincia de Guayas en el Estero Salado.

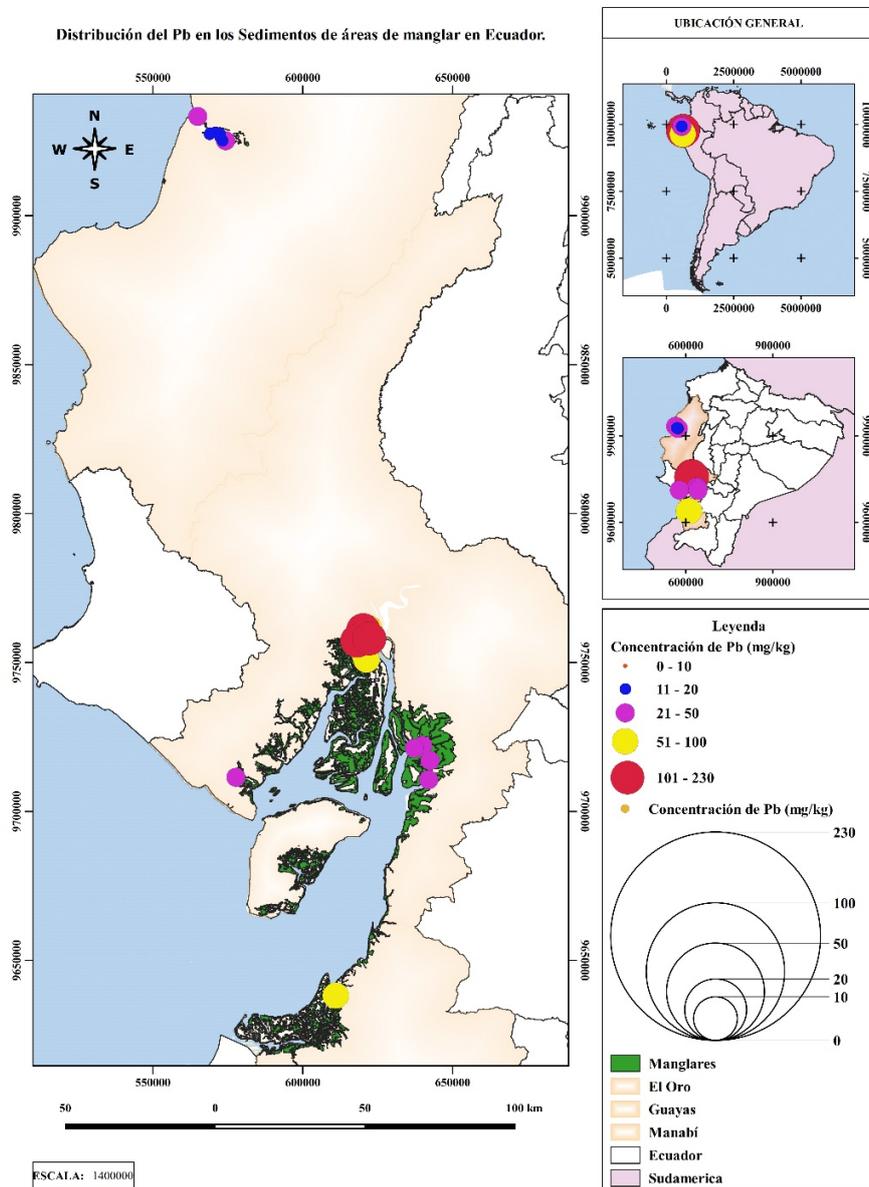


Figura 6. Distribución de Pb en sedimento en áreas de manglar de las Provincias de Guayas, El Oro y Manabí

Se ha encontrado plomo en las especies de cangrejos *Callinectes* sp. (Macías, 2015) y *Ucides occidentalis* (Siavichay, 2013; Feys y Castro, 2013; Ayala-Armijos et al., 2015; Chuquimarca y Lemos, 2015), en los gasterópodos *Cerithidea mazatlanica* y *Littorina varia* (Alcívar y Mosquera, 2011; Pernía et al., 2018) y en los bivalvos *Donax* sp. (Mero et al., 2012), *Crassostrea columbiensis*

(Mero, 2010; Jiménez, 2012; Castro, 2015; Tovar, 2017), *Mytella guyanensis* (Mero, 2010; Rodríguez, 2013; Castro, 2017) y *Mytella strigata* (Mero, 2010).

En la Figura 7 se muestra que las especies con mayor capacidad de acumulación de plomo son los gasterópodos *Littorina varia* (media: 18,27 mg/kg; máx: 22,78 mg/kg) seguida de *Cerithidea mazatlanica* (media: 10,84 mg/kg; máx: 21,25 mg/kg), a diferencia del Cd que fue bioacumulado preferentemente por los bivalvos. Es importante mencionar que aun cuando la concentración de Pb en sedimentos se encontraba por debajo de los límites admisibles, los organismos acumularon plomo sobre los niveles permisibles para su consumo, indicando que dichos valores en sedimentos presentan una irregularidad y deberían reducirse.

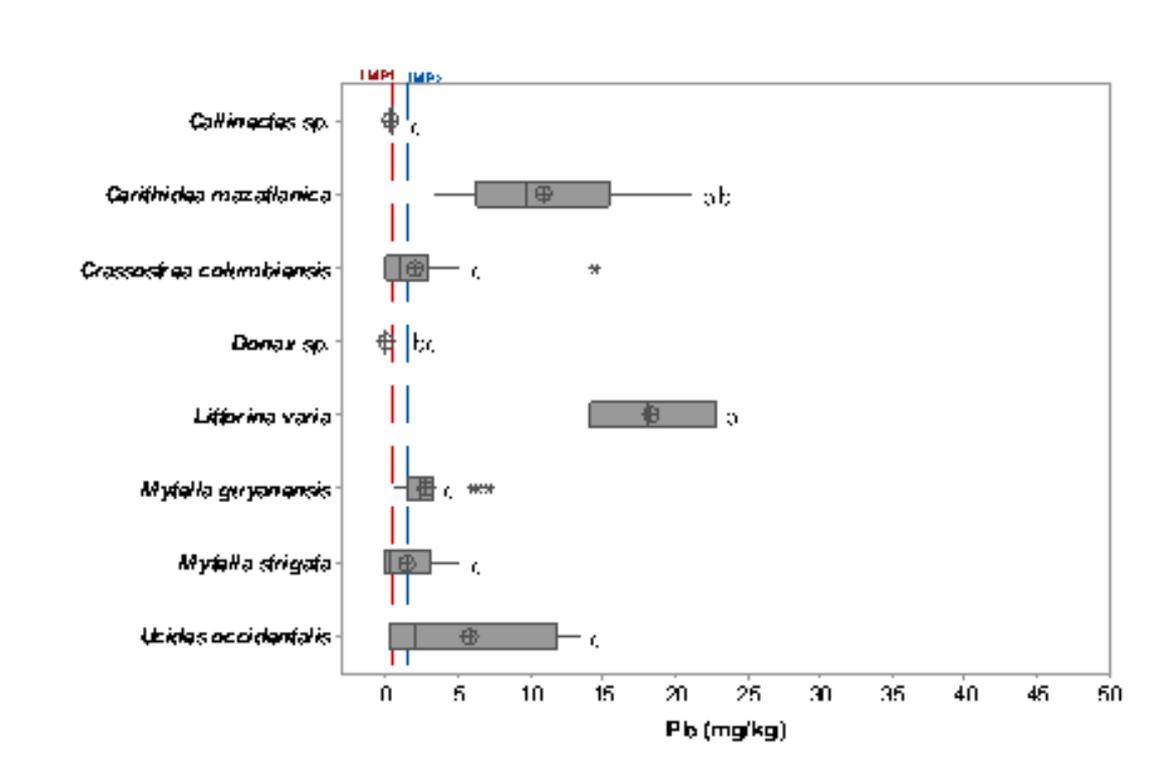


Figura 7. Concentración de Pb en bivalvos, crustáceos y gasterópodos de las provincias de Esmeraldas, Guayas, Manabí y El Oro. LMP1: límite máximo permisible de Cd en crustáceos, LMP2: límite máximo de Cd en bivalvos según la Unión Europea.

Mercurio

El mercurio es un metal pesado tóxico, volátil, de fácil transferencia en el agua y el aire, capaz de generar efectos letales en los organismos, incluyendo alteraciones del sistema nervioso central, genéticas y mutagénesis (WHO, 2017). Dentro de las fuentes naturales de mercurio tenemos los fenómenos geológicos como la meteorización, la erosión de las rocas y la lixiviación, la desgasificación de la corteza terrestre y el vulcanismo (Pozada y Arroyave, 2006;

Senior, 2014). Sin embargo, la liberación del mercurio en el ambiente proviene principalmente de la actividad humana, en especial de las plantas de cloro, pintura, instrumentos de medición, en la industria odontológica, usinas eléctricas de carbón, sistemas de calefacción residenciales, los incineradores de residuos, y de la minería (Sadiq, 1992; WHO, 2017).

Una vez que entra en el medio ambiente, el mercurio elemental se transforma naturalmente en metilmercurio que se bioacumula en peces y crustáceos (WHO, 2017)- Es por ello, que el nivel de mercurio en la biota, es utilizado como un bioindicador que proporciona la evidencia directa de la biodisponibilidad y bioacumulación del mercurio que se encuentra en los suelos, sedimentos, agua o aire del ecosistema (Veiga y Baker 2004). En este sentido, los bivalvos, se han utilizado como indicadores de contaminación costera en estudios de monitoreo de todo el mundo (Géret et al., 2002; Angelo et al., 2007; Cevik et al., 2008).

Con respecto a la contaminación de mercurio en la provincia de Guayas se han descrito concentraciones de 3,67-7,61 mg/kg, asociadas a zonas perturbadas como es el caso de las zonas costeras, que representa el sitio de entrada de los metales a través de las descargas fluviales y los ríos.

Por otro lado, según Chalén (2010) los niveles de Hg en la zona costera de la provincia de El Oro, se encuentran en el mismo orden de magnitud a las realizadas en zonas profundas en el litoral de la zona estuarina externa del Golfo de Guayaquil (0,6-1 mg/kg) y el canal de Jambelí (0,94 – 1,04 mg/kg). Sin embargo, en el año 2015, Marín et al. (2016) encontraron altos niveles de mercurio en el sedimento de los esteros Huylá (6,57-7,61 mg/kg), Bajo Alto (3,46-4,83 mg/kg) y El Coco (4,40 mg/kg), lo cual representa un riesgo para la biota y para la salud humana.

También es importante considerar la concentración de efecto probable (PEL), la cual señala que dosis superiores a 0,70 mg/kg, pueden generar efectos sobre la biota; en este sentido se puede asumir que los sedimentos de la zona costera de la provincia de El Oro y el Golfo de Guayaquil podrían representar un riesgo para la salud de los ecosistemas, incluyendo al hombre.

En la provincia de Esmeraldas hay pocos estudios en el área de manglar, sin embargo, Rebolledo y Jiménez (2012) demostró la existencia de contaminación por mercurio en agua y sedimentos de varios ríos de la región pertenecientes al sistema hidrográfico Santiago-Cayapas, como consecuencia de la actividad minera. Encontraron altas concentraciones de mercurio en el Río Cachaví (0,0037 mg/L), Río Zapatillo (0,0034 mg/L), Río Santiago-Playa del Oro (0,0014 mg/L), Río Bogotá (0,0011 mg/L) y Río Tululbi (0,001 mg/L) (Rebolledo y Jiménez, 2012). De allí la importancia de realizar estudios de metales pesados en los estuarios de la provincia de Esmeraldas.

El límite máximo permisible de Hg según la normativa ecuatoriana es 0,1 mg/kg, la normativa canadiense indica un máximo de 0,13 mg/kg y el nivel de efecto probable propuesto por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés) es de 0,7

mg/kg. En la Figura 8 se muestra los valores de Hg por localidades, apreciándose elevadas concentraciones en el Estero Huylá (media: 3,46 mg/kg; min: 0,89 mg/kg; max: 7,05 mg/kg con valores atípicos de 7,06 mg/kg) y en el Estero Salado (media: 1,64 mg/kg; min: 0,21 mg/kg; max: 2,76 mg/kg), seguido por el Golfo de Guayaquil (media: 0,65 mg/kg; min: 0 mg/kg; max: 1,53 mg/kg), el Estuario del Río Atacames (0,67 mg/kg) y el Estero Ébanos (media: 0,33 mg/kg; min: 0,017 mg/kg; max: 0,54 mg/kg; valor atípico de 1,56 mg/kg).

Por otro lado, el mercurio no fue detectado en el Estuario del río Esmeraldas, ni en la Reserva de Manglares Cayapas-Mataje, ubicadas en la provincia de Esmeraldas y por el contrario, se registraron valores superiores al nivel de efecto probable en el Estero Huylá de la provincia del Oro, en el Estero Salado y el Golfo de Guayaquil en la provincia de Guayas (Figura 8).

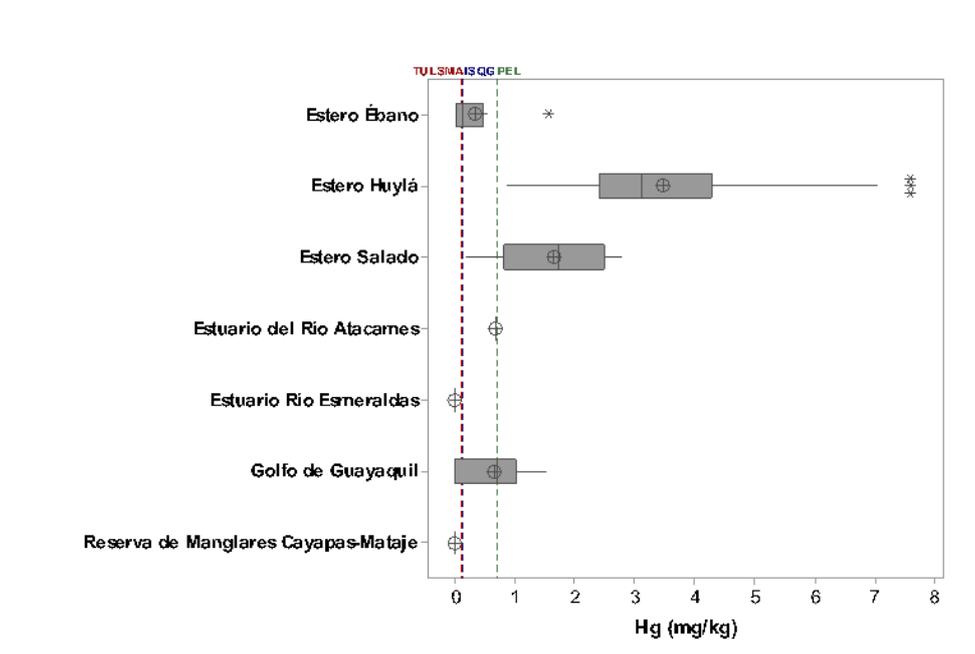


Figura 8. Concentración de Hg en los sedimentos de diversas áreas de manglar en Ecuador. * Indica los valores atípicos. TULSMA: límite máximo permisible según el texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente de Ecuador para Hg en suelo. ISQG: límite máximo permisible en sedimento según la norma canadiense. PEL: nivel de efecto probable según la NOAA

En la Figura 9 se muestra la distribución espacial del Hg en las zonas de manglar y se evidencia que los problemas más graves de contaminación se ubican en la provincia del Oro, seguido por la provincia del Guayas. En los manglares de la provincia de Guayas, Calles et al. (2018), mencionan que estos se encuentran afectados por la expansión urbana y el crecimiento

industrial de la ciudad de Guayaquil y, en la Provincia del Oro Marín et al., (2016) indican que en esta provincia se llevan a cabo actividades acuícolas, agrícolas y mineras, lo que ha deteriorado los ecosistemas y no descartan que las descargas de los agroquímicos residuales con altos niveles de Hg del Cantón Machala, hayan contribuido a la presencia de este metal en los ecosistemas.

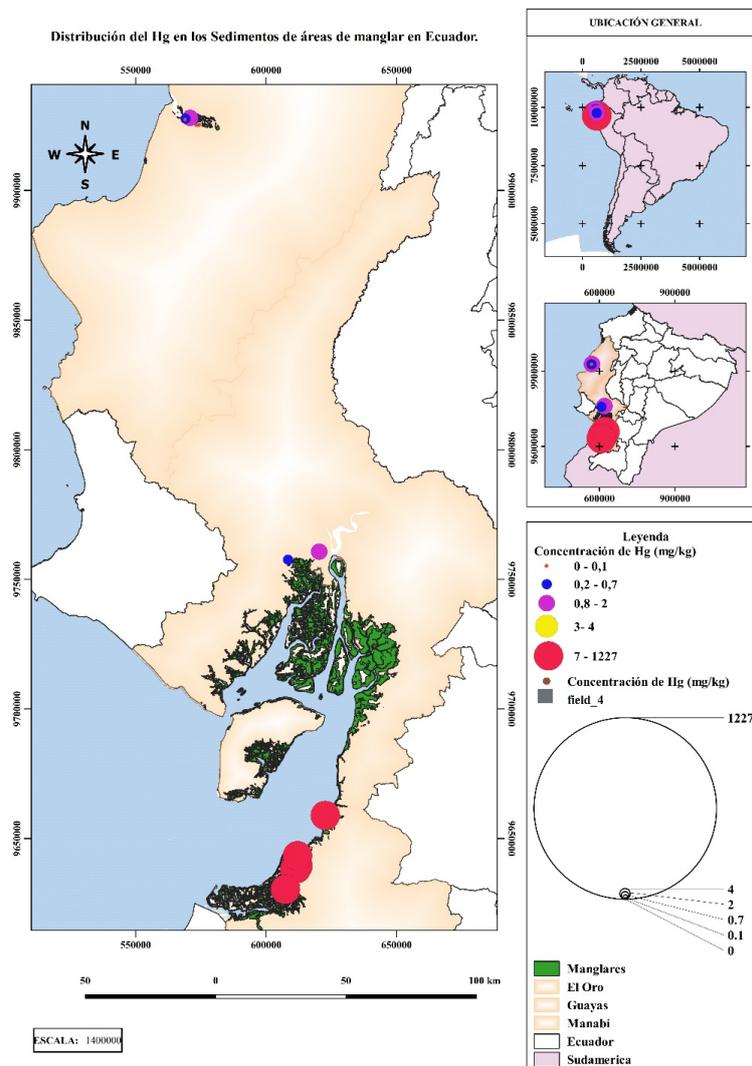


Figura 9. Mapa de distribución de Hg en áreas de manglar en Ecuador.

Por otro lado, son pocos los estudios de acumulación de Hg por los organismos acuáticos en zonas de manglar. Se han encontrado altas concentraciones de este metal en *Anadara similis*, *Anadara tuberculosa*, *Crassostrea columbiensis*, *Mytella strigata* y *Ucides occidentalis* (Ayala-Armijos et al., 2015; Chuquimarca y Lemos, 2015; Castro y Lemos, 2015; Cedeño y Zambrano,

2017; Tobar et al., 2017; Calle et al., 2018). Es importante destacar que la mayoría de estos trabajos se han realizado en las zonas más contaminadas de la provincia del Oro y Guayas, y los valores son muy elevados.

Según la Unión Europea (2019) el límite máximo de Hg en crustáceos y moluscos para consumo humano es 0,5 mg/kg. En la Figura 10 se observa que los organismos acuáticos que almacenan mayores concentraciones de Hg son la *Anadara similis* (media: 618,75 mg/kg; min: 367,5 mg/kg; max: 870 mg/kg), *Anadara tuberculosa* (media: 208,22 mg/kg; min: 0,012 mg/kg; max: 495,00 mg/kg) y *Ucides occidentalis* (media: 71,88 mg/kg; min: 1,46 mg/kg; max: 142,54 mg/kg) y la especie que menos acumula este metal es *Crassostrea columbiensis* (0,60 mg/kg), sin embargo, todas superan el límite permisible y su consumo representa un peligro para la salud de la población.

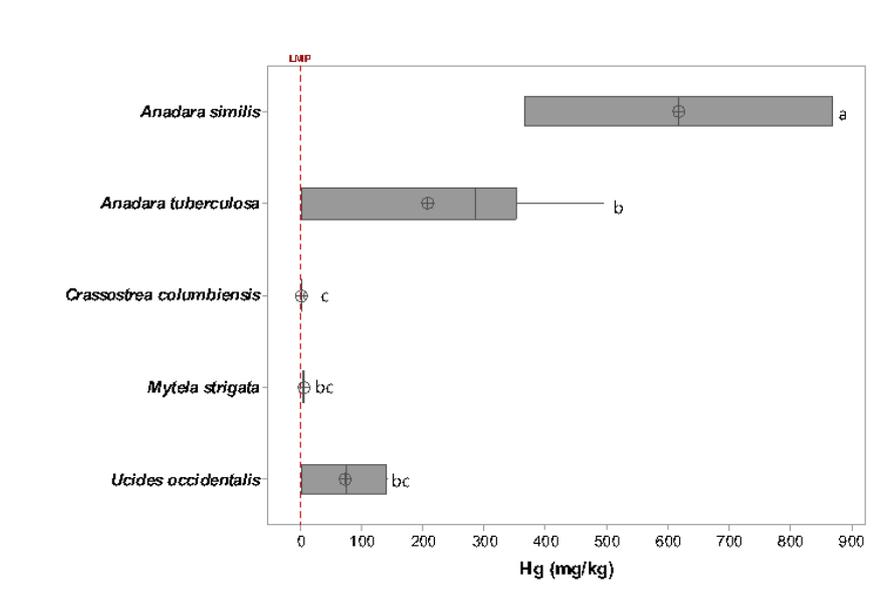


Figura 10. Concentración de Hg en bivalvos, crustáceos y gasterópodos en áreas de manglar en Ecuador. LMP límite máximo permisible de Hg en crustáceos y moluscos según la Unión Europea.

En las plantas acuáticas se ha descrito que el mercurio en altas concentraciones genera clorosis, inhibición de crecimiento, genotoxicidad y muerte en las especies *Azolla pinnata* (Sarkar y Jana, 1986), *Eichhornia crassipes* (Panda et al., 1988), *Lemna minor* (Posada y Arroyave, 2006), *Hydrilla verticillata* y *Oedogonium areolatum* (Jana, 1988).

Según Pozada y Del Pilar (2006) en los humanos el mercurio actúa como una neurotoxina, interfiriendo con el cerebro y el sistema nervioso. La exposición al mercurio durante la gestación y durante la infancia puede causar retraso mental, parálisis cerebral, sordera y

ceguera. En los adultos, el envenenamiento por mercurio puede afectar adversamente la fertilidad y la regulación de la presión arterial, a más de causar pérdida de la memoria, temblores y pérdida de la visión (Posada y Del Pilar, 2006). De allí que el consumo de bivalvos y cangrejos en las zonas contaminadas con mercurio debería prohibirse para asegurar la inocuidad alimentaria de la población.

En la Figura 11 se muestra un Heatmap donde se correlacionan las localidades por su contenido de metales pesados. En primer lugar, se demuestra que los sedimentos de las áreas de manglar presentan una contaminación multimetal. De 9 áreas de manglar estudiadas 6 superan los límites permisibles para Cd y con respecto al mercurio las 5 superaron los límites. En segundo lugar, se observa que las zonas más contaminadas que superan los límites máximos permisibles para Cd, Pb y Hg son el Estero Salado en la provincia de Guayas y el Estero Santa Rosa en la provincia del Oro.

Por otro lado, se recomienda realizar más estudios de los niveles de mercurio en las áreas faltantes tales como Isla Santay, Reserva Ecológica Manglares Churute, Estero El Macho, y el Estuario del Río Chone. También se sugiere el estudio a los estuarios de la provincia de Esmeraldas.

Es importante mencionar que hay una gran cantidad de información sobre interacciones de un solo metal, sin embargo, se han realizado muy pocos estudios relacionados con los efectos de las mezclas de metales pesados sobre calidad ambiental y la salud humana (Wijayawardena et al., 2016).

Las normativas nacionales e internacionales se basan únicamente en las concentraciones de un metal o metaloides individuales. Sin embargo, los metales pesados no se encuentran aislados en la mayoría de sitios. Propiedades del suelo tales como pH, Eh, contenido de arcilla y capacidad de intercambio de cationes pueden influir en múltiples interacciones metálicas. Hay numerosos efectos adversos para la salud en humanos, animales y el medio ambiente debido a la exposición de metales mixtos resultantes de interacciones aditivas y sinérgicas, incluso cuando las concentraciones de los metales individuales están por debajo de sus niveles de referencia ecotoxicológicos (Wijayawardena et al., 2016). En las zonas de manglar en Ecuador la contaminación es multimetálica, por esta razón debería realizarse estudios más detallados del impacto que estos pueden generar en la biota y proponer nuevos límites permisibles considerando la presencia de varios metales en el ecosistema.

N°	PROVINCIA	LOCALIDAD	Cd	Pb	Hg
1	GUAYAS	Golfo de Guayaquil	2,82	5,74	0,12
2	GUAYAS	Isla Santay	0,87	8,98	ND
3	GUAYAS	Reserva Ecológica Manglares Churute	7,40	8,41	ND
4	GUAYAS	Estero Salado	4,33	51,63	1,65
5	EL ORO	Estero Santa Rosa	1,23	20,48	12,00
6	EL ORO	Estero El Macho	0,32	57,44	ND
7	EL ORO	Estero Huylá	ND	5,63	3,33
8	MANABÍ	Estuario del Río Chone	1,78	6,93	ND
9	MANABÍ	Estero Ébano	0,01	0,26	0,34

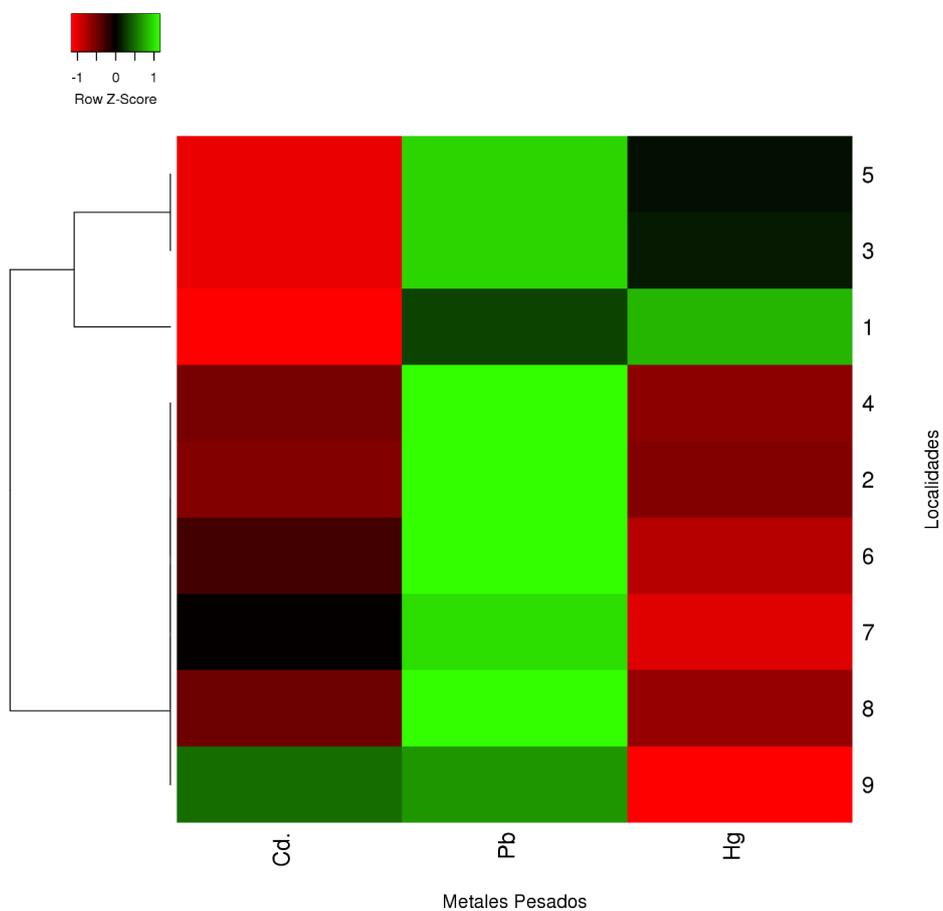


Figura 11. Heatmap de metales pesados por zonas de manglar

Según Rebolledo y Jiménez (2012) los metales pesados son mutagénicos y teratogénicos, con capacidad de alterar el ADN de los organismos, lo que se asocia con enfermedades degenerativas y aumentan el riesgo de sufrir malformaciones congénitas. En la Figura 12 se observa la malformación de Cangrejos de la especie *Ucides occidentalis* capturados en el Golfo de Guayaquil por Zambrano (2017) y en la Figura 13 se aprecian peces con tumores, capturados en la provincia de Esmeraldas en zonas afectadas por la actividad minera (Rebolledo y Jiménez, 2012; PUCESE, 2017).



Figura 12. Malformaciones en *Ucides occidentalis* en el Golfo de Guayaquil (Fotos: MSc. René Zambrano)

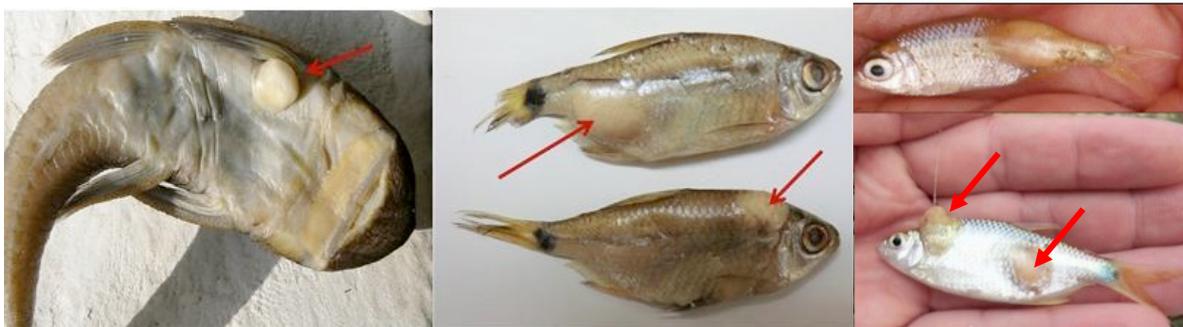


Figura 13. Tumores en peces capturados en zonas de la provincia de Esmeraldas influenciadas por la minería (Rebolledo y Jiménez, 2012; PUCESE, 2017) Fotos: Eduardo Rebolledo.

Con respecto a las malformaciones en el exoesqueleto de los cangrejos podrían deberse a la interacción del cadmio y el plomo con el calcio. En humanos se ha descrito que las interacciones entre el Cd y el Ca en el hueso pueden resultar en trastornos del metabolismo óseo. En humanos, el cadmio depositado en el tejido osteoide interfiere con la calcificación, la descalcificación y la remodelación ósea (Comelekoglu et al., 2007). También se ha descrito que la pérdida de la estructura mineral ósea se produce en casos de toxicidad por Cd, Pb y Hg. De manera similar, en los cangrejos, la contaminación multimetálica presente en los manglares podría generar las malformaciones observadas en *Ucides occidentalis*.

Con respecto al efecto de los metales pesados sobre la flora, Benavides et al. (2018) realizaron un estudio con *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* (C. Presl) Stace, la cual se encuentra distribuida desde el Golfo de Guayaquil hasta Tumbes, en la costa del Pacífico. En esta investigación se evaluó el efecto del Cd sobre la germinación y crecimiento de esta variedad de mangle. El cadmio no afectó el porcentaje de germinación ni el porcentaje de mortalidad, pero retardó el crecimiento, la longitud de la radícula disminuyó en 42, 34, 29 y 49 % durante la exposición a 7 días a las concentraciones de 1, 2, 4 y 8 mg/L Cd, respectivamente. Sobre la base a los resultados obtenidos estos autores sugieren que su estudio debería repetirse en otras especies de mangle para establecer un límite máximo permisible de cadmio en sedimento de zonas estuarinas del Ecuador, debido a que el límite actual es de 0,50 mg/kg y se evidenció su efecto tóxico sobre el mangle (Benavides et al., 2018).

Cabe indicar que existe desconocimiento sobre *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora*, y por ello no se encuentra en los listados oficiales, planes de manejo y proyectos de conservación de Ecuador (Cornejo, 2014) y está siendo afectada por la contaminación por metales pesados, principalmente en la ciudad de Guayaquil, donde se encuentra la población tipo de esta variedad. En la Figura 14 se muestra el efecto de la exposición durante 30 días a 1 mg/L de Cd sobre el crecimiento de semillas de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora*, obtenidas del Estero Palanqueado, ubicado en un ramal del Estero Salado, donde se evidencia la toxicidad del cadmio sobre esta especie.

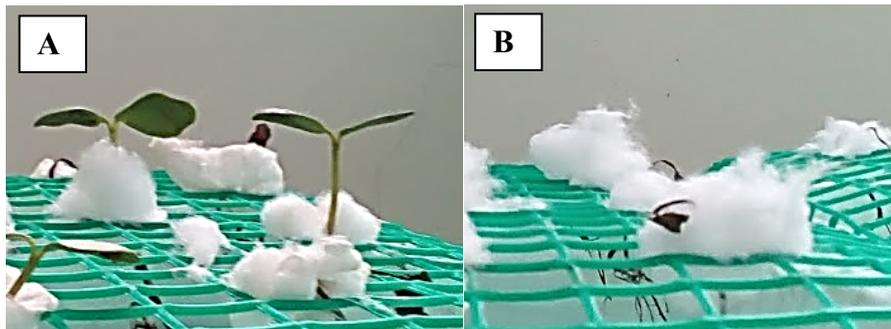


Figura 14. Plántulas de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* **A.** control y **B.** expuestas durante 30 días a 1 mg/L de Cd (Fotos: Beatriz Pernía).

En lo que se refiere al efecto de los metales pesados sobre los microorganismos, en un estudio realizado por Fernández-Cárdenas et al. (2018) demostraron el efecto de los metales pesados sobre la estructura de la comunidad bacteriana. Para ello, compararon la comunidad bacteriana de una zona contaminada con metales pesados en el Estero Salado, con otra zona menos contaminada (Puerto Hondo). Identificaron grupos bacterianos dominantes en el sedimento tales como los phyla Proteobacteria, Bacteroidetes y Firmicutes tanto en el sitio contaminado y en el manglar libre de metales, pero variaron en su diversidad y abundancia. También determinaron que en la zona de Guayaquil las bacterias liberan azufre en forma de

gas causando un olor fétido, mientras que en Puerto Hondo las bacterias incorporan el azufre y no lo liberan en forma de gas (Fernández-Cárdenas et al., 2018).

Contaminación por hidrocarburos en los manglares

Hidrocarburos totales de petróleo

En Ecuador se ha descrito contaminación por hidrocarburos en el Estero Salado y en el estuario del río Atacames. El Estero Salado se encuentra en el Golfo de Guayaquil en la provincia de Guayas y está contaminado por hidrocarburos como consecuencia de la liberación de aguas residuales domésticas e industriales sin tratamiento previo (Cárdenas, 2010; Alvear, 2014), derrames de petróleo, agua de sentina (Cárdenas, 2010), gasolina y fuel oil (MAE, 2018). Además, existen industrias asentadas en la ciudad de Guayaquil que no cuentan con un sistema de tratamiento para sus aguas residuales y descargan sus efluentes con aceites y grasas hacia el Estero Salado (Lahmeyer - Cimentaciones, 2000).

En un estudio de impacto ambiental elaborado por Wong y Wong (2007), hallaron en agua valores de 1 y 1.31 mg/L de TPH en la zona del Muelle de Puerto Hondo (Estero Salado), valores superiores a los permitidos en los criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna de 0,3 mg/L (MAE, 2015). De igual forma, en una investigación realizada en el año 2007 determinaron una concentración de 1094,2 mg /Kg TPH en una zona circundante a la Estación de Transferencia Tres Bocas de Petrocomercial Sur, superando los límites máximos permisibles de 1000 mg/kg TPH (Universidad de Guayaquil 2008). En este sentido se ha descrito que la presencia de puertos cerca de las áreas de manglar incrementa la posibilidad de derrames (FAO, 2007).

En otra investigación, Cárdenas (2010) encontró en el Estero Salado altas concentraciones de hidrocarburos totales de petróleo en los sedimentos con 1124, 191,87 y 87,5 mg/Kg a nivel de Miraflores, Urdesa y Kennedy, respectivamente. La estación Miraflores superó los valores máximos permitidos para ecosistemas sensibles según el Reglamento de Operaciones Hidrocarburíferas del Ecuador (RAOH), donde se establece una concentración máxima de 1000 mg/Kg de TPH (Cárdenas, 2010). Según esta autora, las concentraciones en estas zonas para el año 2009 fueron mayores a las halladas en el año 2007 lo que indica que existe un aporte de hidrocarburos en esta zona por los continuos derrames de combustibles y agua de sentina provenientes de las embarcaciones (Cárdenas, 2010).

Esta teoría se confirmó con una investigación realizada en el año 2016 por Chalen-Medina et al. (2017) en zonas aledañas a Urdesa donde los valores de TPH casi alcanzan los límites máximos permisibles en Miraflores (896-973 mg/kg), Las Monjas (980 mg/kg) Albán Borja (881 mg/kg) y puente Zig-zag (865 mg/kg).

Se realizó un meta-análisis y se puede observar en la Figura 15 que los mayores valores de TPH en el Estero Salado se encuentran en la Estación de Transferencia Tres Bocas y en el área de Miraflores donde los valores superan los límites máximos permisibles (>1000 mg/kg TPH) y se

aprecia una mayor concentración de hidrocarburos en el año 2016 en el área urbana en las inmediaciones de Urdesa en la ciudad de Guayaquil.

En el año 2018 se observó un derrame de hidrocarburos a nivel de Tres Bocas en el Estero Salado (Figura 16). El Ministerio del Ambiente realizó un comunicado sobre el derrame de Fuel oil en la Reserva de Producción de Fauna Manglares El Salado. Este evento se presentó por un derrame de los tanques de almacenamiento de combustible utilizado para la generación de energía eléctrica por la empresa CELEC-EP (MAE, 2018). Se recomienda realizar una investigación donde se demuestre a futuro los impactos de este derrame sobre la biodiversidad de la zona.

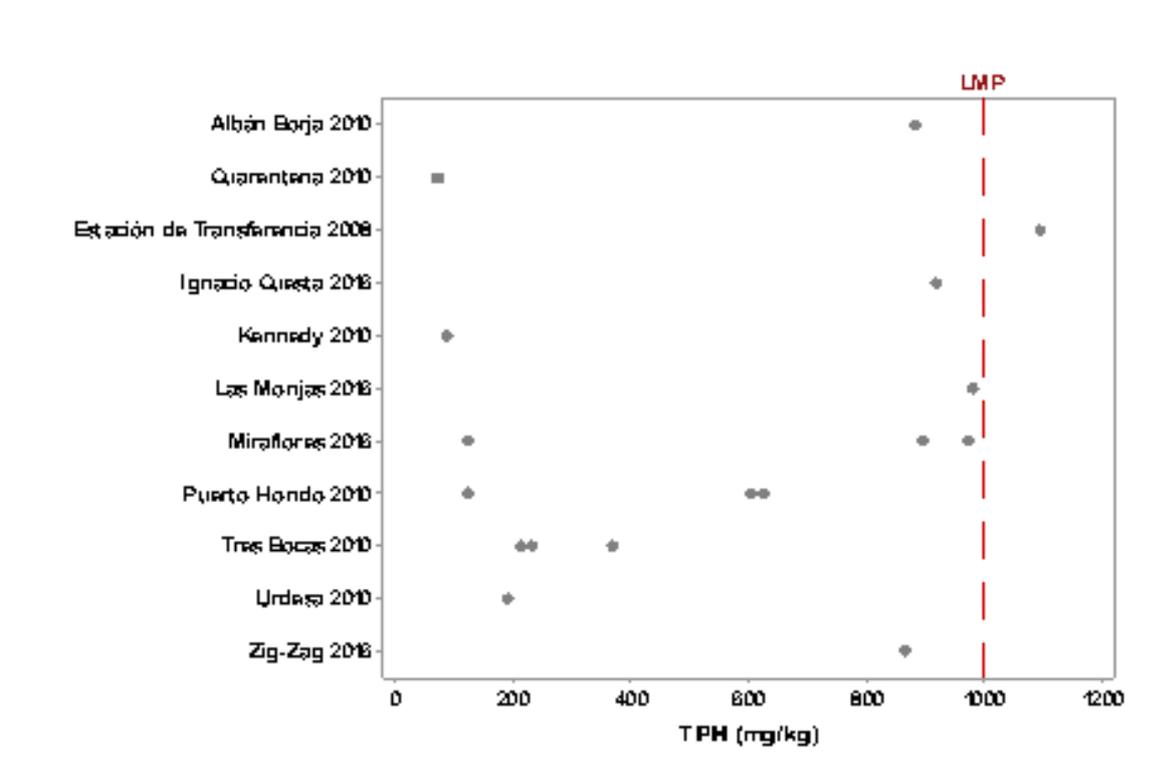


Figura 15. Concentración de Hidrocarburos totales de petróleo (TPH, por sus siglas en inglés) en los sedimentos de diferentes localidades del Estero Salado entre los años 2008 y 2016. Gráfica elaborada a partir de los datos de Universidad de Guayaquil (2008), Cárdenas (2010) y Chalen-Medina et al. (2017).



Figura 16. Derrame de Fuel-oil en el Estero salado, estación Tres Bocas. (Foto MAE, 2018).

Aceites y grasas

Con respecto a los aceites y grasas Alvear (2014) detectó valores sobre los límites máximos permisibles en aceites y grasas en el agua del Estero Salado a nivel del Puente 5 de Junio, encontrando concentraciones de 0,80-1,40 mg/L superiores a los límites máximos permisibles (0,3 mg/L). Y en los sedimentos también encontraron altos valores de aceites y grasas (272,5-441,19 mg/kg).

En cuanto a los resultados obtenidos para los sedimentos, Alvear (2014) menciona que las concentraciones encontradas del contaminante estudiado se deben principalmente a las actividades que se realizan en las inmediaciones del Estero Salado tales como: taller artesanal de reparación y mantenimiento de bicicletas, descargas de efluentes de locales comerciales, principalmente restaurantes, quienes son fuentes aportantes de aceites y grasas.

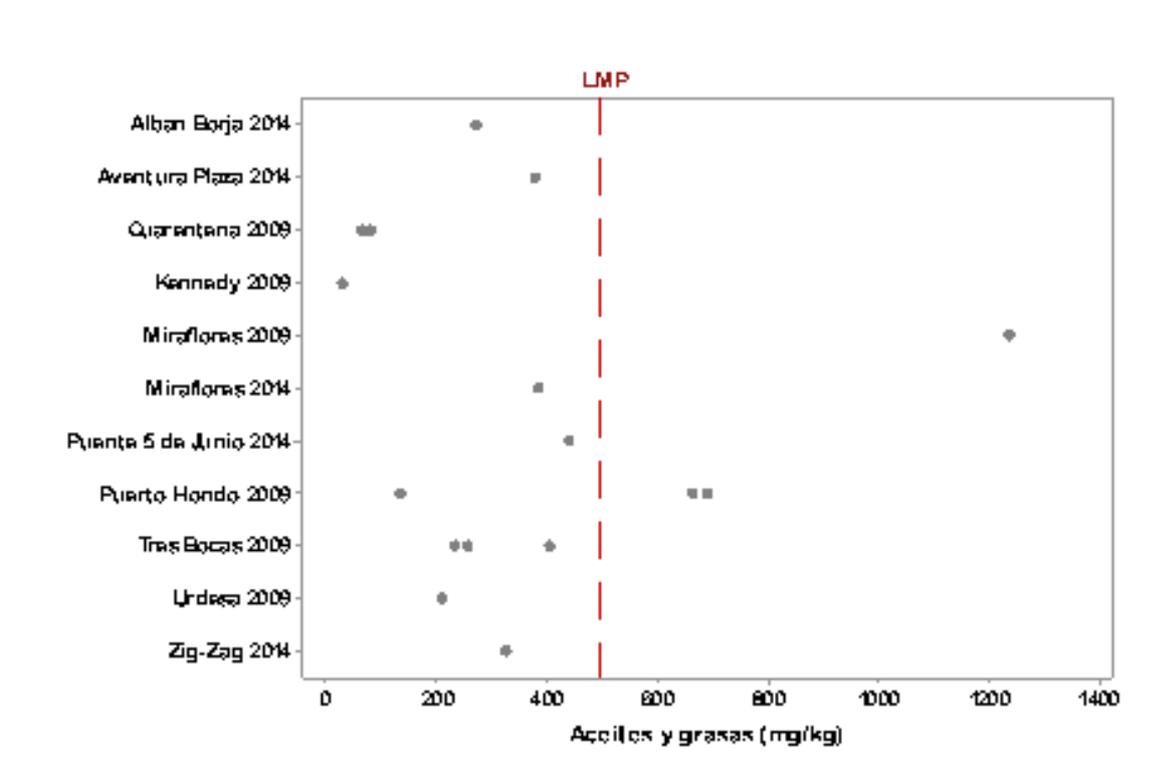


Figura 17. Concentración de aceites y grasas en los sedimentos de diferentes localidades del Estero Salado entre los años 2010 y 2014. Gráfica elaborada a partir de los datos de Cárdenas (2010) y Cárdenas y Mair (2014).

En la Figura 3 se observa que las mayores concentraciones de aceites y grasas se encuentran en Miraflores y Puerto Hondo. También se muestra que la contaminación no es proporcional a los años, debido a que en Miraflores las concentraciones fueron mayores en el año 2009 (1236,76 mg/kg) en comparación con el 2014 (385,14 mg/kg).

De igual manera, en el estuario del Río Atacames, Caicedo et al. (2016) registraron concentraciones de aceites y grasas superiores al límite máximo permitido (0,5-0,80 mg/L).

Impactos de los hidrocarburos sobre los manglares

Según Alvear (2014), el exceso de aceites y grasas en el agua ocasiona una deficiencia en el intercambio gaseoso, disminuye la concentración de oxígeno en el agua y dificulta los procesos biológicos. Por otro lado, la contaminación por petróleo genera un fuerte impacto en zonas de manglar afectando a la vegetación, al suelo, agua, los microorganismos y la macrofauna asociada (Molina, 2018).

A corto plazo, la contaminación por petróleo genera un incremento poblacional de algas fitoplanctónicas oportunistas, capaces de desplazar a las algas nativas, desestabilizando la estructura biótica del ecosistema. A largo plazo, reduce la concentración de oxígeno y la

muerte de los organismos fotosintéticos, como consecuencia de la disminución de la penetración de la luz por parte de las manchas de crudo, muerte por impregnación de micrófitos, macroinvertebrados, peces, aves, reptiles y de organismos bentónicos por deposición de sedimentos. También genera la inhibición de crecimiento, clorosis y muerte de plantas acuáticas y algas, muerte del plancton por toxicidad directa de los hidrocarburos o por la anoxia generada indirectamente por los mismos, lo que genera un efecto negativo sobre la cadena trófica, por muerte de organismos del eslabón y la extinción de algunas especies.

A nivel de biodiversidad Cárdenas (2010) demostró que la contaminación por hidrocarburos y sus derivados presentes en los sedimentos del Estero Salado afectan la estructura comunitaria de macroinvertebrados. Esta autora demostró que la diversidad biológica disminuye en las zonas con mayor concentración de hidrocarburos, aceites y grasas, y aumenta en las zonas con menor contaminación. El índice de diversidad de Shannon –Wiener determinó que la estación con mayor diversidad fue Kennedy con 1.68 Bits/Ind, seguida de Tres Bocas Puerto Azul con 1.27 Bits/Ind y las estaciones menos diversas fueron Miraflores y Urdesa donde había mayor concentración de hidrocarburos.

Contaminación por coliformes totales, *Escherichia coli* y parásitos

Los coliformes fecales son indicadores de que en el ecosistema acuático existen desechos humanos o de animales que en altas concentraciones se asocian con la posibilidad de contraer enfermedades a través de la ingesta de agua (Briones, 1997). Aunque estos no son patógenos, su presencia en altas concentraciones incrementa la probabilidad de que las bacterias patógenas asociadas a los desechos estén presentes, potenciando la posibilidad de adquirir enfermedades tales como disentería, gastroenteritis, tifoidea y hepatitis.

Arcos et al. (2010) analizaron los niveles de contaminación por agentes patógenos en el ecosistema acuático de la comuna Cerrito de los Morreños en la provincia de Guayas y encontraron en el agua del estuario coliformes totales (40-5400 NMP/100 mL), coliformes fecales (9,3-9200 NMP/100 mL) y la presencia de *Escherichia coli* y *Salmonella* sp. De igual manera en las muestras de sedimento presentaron valores de 11.7×10^4 a 30.4×10^5 UFC/g para bacterias totales, < 3 a 11×10^3 NMP/100g para coliformes totales y para los fecales de < 1.8 a 11×10^3 NMP/100g, superando los límites máximos permisibles para agua destinadas a fines recreativos de contacto primario (natación y buceo) y secundario (deportes náuticos y pesca) según la normativa ecuatoriana. Como consecuencia de esta contaminación los ostiones presentaron 1420 UCF/g bacterias totales y 460 UFC/g coliformes totales y fecales. Además, los análisis cualitativos dieron positivos para presencia de *E. coli* en los ostiones (Arcos et al., 2010).

Estos autores mencionan que el río Guayas constituye la fuente principal de contaminación en el Golfo de Guayaquil, debido a que introduce una cantidad equivalente al 75% de todas las descargas domésticas e industriales que se realizan en el litoral ecuatoriano (Arcos et al., 2010). También indican que los parámetros microbiológicos varían de acuerdo a las estaciones de muestreo y monitoreos, debido posiblemente a las corrientes de agua, la temperatura, niveles de marea y la salinidad del área de estudio durante los monitoreos.

En el Estero Salado en la provincia de Guayas, Torres y Palacios (2007) encontraron concentraciones no cuantificables de coliformes fecales a nivel del puente Portete, de 2×10^6 - 1×10^7 UFC/100 mL en el Puente 5 de Junio y de $4,6 \times 10^5$ - 6×10^6 UFC/100 mL en el Puente de la 17. Posteriormente, Baños (2012) registró menores concentraciones de coliformes totales y fecales 180-16000 NMP/100 mL en el mismo ramal. De igual manera, Rojas (2017) realizó un estudio en el Estero Salado a nivel de los Puentes 5 de junio y Zig-Zag y halló valores muy elevados de coliformes fecales en el Puente Zig-zag $398000,00 \pm 156181,66$ NMP/100 mL y la presencia de parásitos intestinales (*Enterobius vermicularis*), llegando a la conclusión que las aguas no son aptas ni para practicar deportes acuáticos.

En la provincia de Esmeraldas, Rodríguez (2004) detectó altos niveles de coliformes totales (5400-8900 NMP/100 mL) y fecales (5100-5600 NMP/100 mL) en la desembocadura del Río Atacames. De igual manera, en otro estudio realizado en la Reserva Manglares Cayapas-Mataje los coliformes totales presentaron un máximo de $1,4 \times 10^3$ UFC/100 mL detectado en el río Mataje y un mínimo de 520 UFC/100 mL-1 y los coliformes fecales 1×10^3 UFC/100 mL. Dentro de esta misma zona se registró la presencia de *Escherichia coli*, *Vibrio parahaemolyticus* y *Aeromonas hydrophila* (Trejos et al., 2015). En la desembocadura del río Esmeraldas se registraron valores que fluctúan entre 93 a 4600 NMP/100 mL y en el Puerto Artesanal Pesquero de Esmeraldas conocido como PAPES, encontraron altas concentraciones de coliformes entre 400 a 11000 NMP/100ml (Palacios, 2013). En el año 2001 se encontró $8,1 \times 10^4$ UFC/100 mL coliformes totales y $6,7 \times 10^4$ UFC/100 mL coliformes fecales en el estuario del río Esmeraldas (Hurtado, 2012)

En la provincia de Manabí en el estuario del río Chone Palacios (2013) halló concentraciones de 1000-2000 NMP/100 mL de coliformes fecales. En otro estudio, encontraron 2400 NMP/100 mL en la desembocadura del Río Chone (Barahona y Tapia, 2010).

Impacto de la contaminación por coliformes totales, fecales y E. coli

Esta alta concentración de coliformes totales y fecales en el agua de las zonas de manglar ha traído como consecuencia enfermedades estomacales a la población (Barahona y Tapia, 2010) y la contaminación de los bivalvos *Anadara tuberculosa* y *Anadara similis* en el Golfo de Guayaquil (Delgado y Pernía, 2018), *Crassostrea columbiensis* y *Mytella guyanensis* en Puerto Hondo (Siguencia, 2010).

De acuerdo con el Reglamento CE N°854/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo el límite máximo permisible para consumo humano de *E. coli* en bivalvos es de 230 NMP/100g. Con respecto a *E. coli* se registró la mayor concentración en *A. tuberculosa* (media: $2,09 \times 10^4$, máx: $1,3 \times 10^4$ min: 40) y la menor en *C. columbiensis* (media: 192, máx: $2,00 \times 10^3$ min: 0) (Figura 16).

En la Figura 18 se muestra que todos los bivalvos presentan altas concentraciones de coliformes totales en *Anadara tuberculosa* (media: $1,2 \times 10^5$, máx: $3,1 \times 10^5$ min: 350 UFC/100 mL) seguida por *Mytella guyanensis* (media: $3,9 \times 10^4$, máx: 6×10^4 min: 2×10^3), *Anadara similis* (media: $2,12 \times 10^4$, máx: $3,1 \times 10^4$ min: 350), y *Crassostrea columbiensis* (media: $2,35 \times 10^4$ máx: $8,5 \times 10^4$ min: $2,00 \times 10^3$), lo que indica que no son aptos para consumo humano.

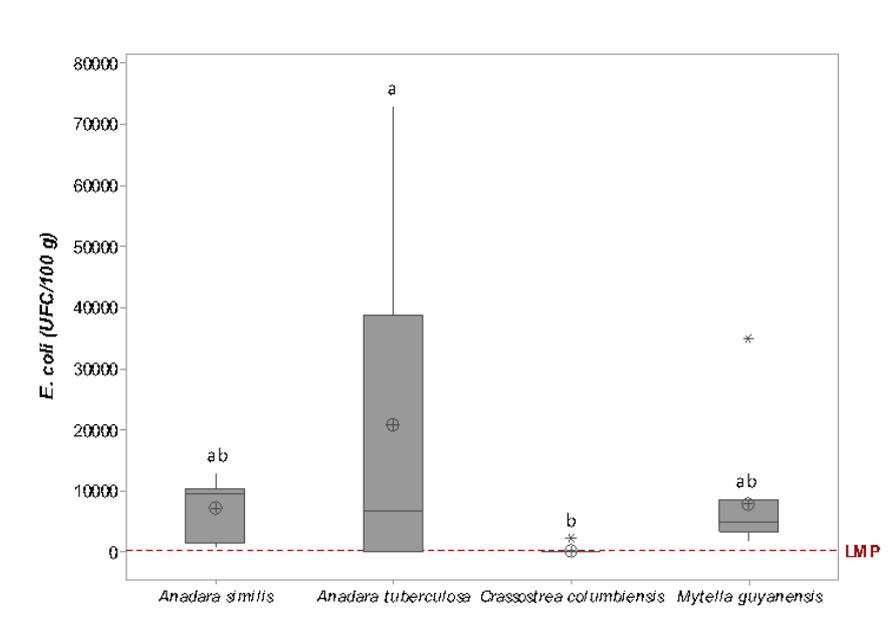


Figura 18. Concentraciones de *Escherichia coli* en Bivalvos de áreas de manglar.

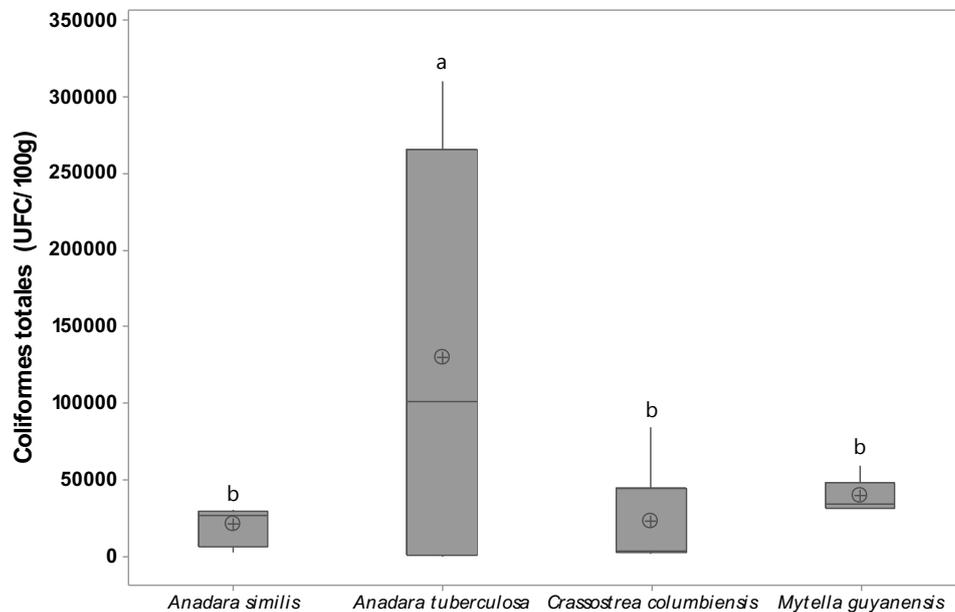


Figura 19. Concentraciones de coliformes totales en Bivalvos de la Provincia de Guayas.

Contaminación por desechos sólidos

En Ecuador existen evidencias de contaminación por desechos sólidos en los manglares (Figura 16) pero no se han realizado estudios donde se determine la abundancia en ítem/m² de macrobasura retenida por los mangles. Dentro de los desechos sólidos que se han encontrado tenemos las fundas de plásticos, botellas de plásticos, vidrios, vasos descartables, platos, papel y cartón (Arciniega et al., 2016).

Según Martin et al. (2019) los manglares actúan como sumideros para la basura marina de plástico y funcionan como una barrera para residuos antropogénicos antes de que se dispersen en el ambiente marino. Los hallazgos de estos autores sugieren que los manglares retienen escombros flotantes en función de sus propiedades y que los neumatóforos actúan como un filtro, evitando que los objetos de gran tamaño sean advectados de los manglares por las corrientes de marea y las olas para ser dispersados en el medio marino (Martin et al., 2019).



Figura 20. Fotos donde se evidencia la contaminación por desechos plásticos en el Estero Salado en la estación Albán Borja (Foto: Beatriz Pernía).

En Bajo Alto, Provincia del Oro, Arciniega et al. (2016) encontraron contaminación por residuos sólidos, indicando que los pobladores de las riveras botan los residuos sólidos y estos son arrastrados hacia el mar y algunos quedan acumulados en los manglares, especialmente las fundas de plásticos, botellas de plásticos, vidrios, vasos descartables, platos, papel, cartón, entre otros. Según los pobladores la contaminación ha ocasionado afectación a las especies acuáticas, y ha generado pérdidas económicas al sector pesquero (Arciniega et al., 2016).

Impacto de la contaminación por desechos sólidos sobre la flora y la fauna

Se ha descrito que desechos de plástico atrapados por neumatóforos de manglar y raíces de apoyo pueden constituir un impedimento físico, afectando tanto al propio árbol como a la fauna asociada, evitando intercambio de gases y generando la liberación de sustancias químicas nocivas que pueden ser absorbidas por la flora y la fauna (Cole et al., 2011).

Además, dentro de las consecuencias de la presencia de plásticos en el bosque de manglar se han descrito casos de enredos, ingestión y daños físicos en la fauna e incluso la obstrucción de los agujeros de los cangrejos. Según Urquiza et al. (2011) las artes de pesca representan una amenaza para aves y mamíferos en los manglares de Ecuador.

Por otro lado, se ha reportado que los plásticos se degradan y fragmentan en pedazos más pequeños y pueden ser ingeridos por animales pequeños e incluso por los bivalvos (Barnes et al., 2009; Costa et al., 2010; Ivar et al., 2014).

Mediante las entrevistas realizadas a pescadores se constató que muchas especies de peces han sido encontradas con residuos y enredados con trasmallos provocando la muerte de peces que no llegan a la etapa adulta alterando sus ciclos de vida y reproducción (Arciniega et al., 2016).

Otro de los efectos que se ha observado es una reducción en la abundancia de peces, cangrejos y bivalvos. Arciniega et al. (2016) manifiestan que según los pescadores a causa de la contaminación por desechos sólidos se ha reducido significativamente la captura de Bagre (*Rhamdia sapo*) y Robalo (*Centropomus undecimalis*) en Bajo Alto, provincia del Oro. Sin embargo, esta merma en la abundancia también podría deberse a la sobreexplotación del recurso y a la presencia de otros contaminantes como los metales pesados y los hidrocarburos o al cambio climático (Poveda y Avilés, 2018).

Contaminación de las áreas de manglar por la actividad acuícolas

La acuicultura es una actividad importante en la producción de alimentos a nivel mundial y constituye una fuente de proteínas y empleo (Fonseca, 2010). La industria camaronera en el Ecuador inicio en la década de 1950 con la actividad de pesca artesanal y en la actualidad se ha industrializado (Molina et al., 2018). Sin embargo, según Rodríguez et al. (2016) en la mayoría de las camaroneras ecuatorianas no existe un sistema de gestión medioambiental y la contaminación es cada vez mayor.

El primer impacto de las camaroneras es la tala del mangle para su construcción, seguida por la contaminación del agua por las descargas de los efluentes con alto contenido de nutrientes, detritos, bacterias patógenas, químicos y antibióticos (Fonseca, 2010; Telenema, 2016; Rodríguez et al., 2016). Esto se debe a que las camaroneras durante su proceso de siembra y cosecha realizan recambios de agua la cual contiene altas concentraciones de nutrientes, materia orgánica, bacterias, antibióticos, biocidas y sólidos suspendidos provenientes de los estanques de cultivo o canales de descarga. Además, en las granjas camaroneras se utilizan motores y turbinas para la obtención del agua y también se emplean tractores, excavadoras y camiones que utilizan combustibles, lubricantes y aceites, generando contaminación por hidrocarburos (Rodríguez et al., 2016).

Con respecto a los excesos de nutrientes, Robertson y Phillips (1995) estiman que por el uso excesivo de fertilizantes se requieren de 2 a 22 has de manglar para filtrar los contenidos de nitrógeno y fósforo generados por los efluentes de un cultivo semi-intensivo a intensivo de camarón. En este sentido, Isla (2006) señala que en la actividad acuícola solo el 30 a 50% de nitrógeno y el 45 a 50% del fósforo se aprovecha en la cosecha de camarón, y el resto de los compuestos se descargan a los efluentes, lo que representa un peligro potencial de eutrofización para los ecosistemas receptores.

Según Telenema (2016) las granjas camaroneras en la provincia del Oro aplican fósforo a las piscinas de forma descontrolada afectando la calidad del agua de las piscinas, canales y esteros. Este autor encontró altas concentraciones de fosforo en el efluente de una camaronera con valores máximos de 1,15 mg/L siendo el límite máximo permisible 0,5 mg/L (Telenema, 2016). Esta situación podría acarrear problemas para el entorno natural originada

por la elevada concentración de fósforo de los efluentes de la camaronera debido a los insumos utilizados para la alimentación de los camarones.

Dentro de los impactos por exceso de nutrientes Torres y Palacios (2007) reportaron un afloramiento algal en el Estero Salado como consecuencia de un proceso de eutrofización por exceso de fósforo en el mismo. Encontraron una baja diversidad de plancton con predominancia del dinoflagelado *Gymnodinium* sp. y las diatomeas *Thalassiosira* sp. y *Pseudonitzschia longissima* (Torres y Palacios, 2007). De igual manera, en la provincia de Manabí en el Estuario del Río Chone se registró un afloramiento algal con predominancia de la especie *Scropsiella trochoidea* que generó eutrofización con muerte del chuhueco (*Catengraulis mysticetus*) como resultado del descenso de oxígeno en el agua (Coello, 2010). Otra consecuencia del uso excesivo de fertilizantes es la salinización de los suelos. Según Rodríguez (2016), en Ecuador al agua se le añaden fertilizantes, antibióticos y otros químicos, que generan salinización de los suelos, inutilizándolos para la industria camaronera, lo que provoca el abandono de piscinas (Rodríguez et al., 2016). En este sentido, Rodríguez et al. (2016) mencionan que son extensas las áreas de suelos afectados luego del abandono de las piscinas improductivas para los fines de cría de camarón, las cuales no han sido restauradas con el propósito de reforestar los manglares y restaurar en alguna medida el daño ocasionado.

Por otro lado, con respecto a la contaminación microbiológica generada por las camaroneras se ha descrito que las actividades relacionadas con la acuicultura pueden modificar y alterar el ecosistema incrementando el crecimiento de bacterias y parásitos exóticos quienes pueden desplazar a las nativas si ingresan a los ecosistemas naturales (Rodríguez, 2016). Por un lado, se liberan a los efluentes microorganismos que no pertenecen al medio natural, afectando a la biota y con el uso de los antibióticos afecta a los animales acuáticos y generan bacterias resistentes que representan una gran amenaza para los ecosistemas (Acevedo et al., 2015).

Dentro de los microorganismos más comunes que contaminan a los camarones y son vertidos a los efluentes tenemos: TSV (virus del síndrome de Taura), IHNV (virus de la necrosis hipodérmica y hematopoyética infecciosa), YHV (virus de la cabeza amarilla), IMNV (virus de la mionecrosis infecciosa) y WSSV (virus del síndrome de la mancha blanca) (Godínez-Siordia et al., 2002).

A nivel social, Molina et al. (2018) señalan que las camaroneras de la parroquia Puerto el Morro en la provincia de Guayas han generado un impacto ambiental en la zona y esto ha afectado a los pobladores por generar un impacto negativo sobre el turismo y la pesca artesanal. Según estos autores los peces, manglares entre otros seres vivos están siendo afectados por los químicos de las camaroneras (Molina et al., 2018). También existen denuncias por parte de los cangrejeros y pescadores quienes atribuyen a la contaminación generada por las camaroneras una disminución en la abundancia de peces, conchas y cangrejos. Sin embargo, no existe ningún estudio científico que lo demuestre y esta situación también podría

deberse a una sobreexplotación de los recursos. Según Urquizo et al. (2011) en la provincia de Guayas existe un irrespeto a las vedas de pesca y esto trae consecuencias negativas sobre las poblaciones naturales.

4. Conclusiones

Esta investigación es una línea base sobre contaminación en los manglares de Ecuador. Se determinó que los principales problemas en las áreas de manglar son las elevadas concentraciones de metales pesados, coliformes fecales, totales, *Escherichia coli* y *Salmonella* sp., que sumado a los residuos sólidos, en especial las fundas plásticas, redes de pesca y envases de plástico, el exceso de fósforo y derrames de hidrocarburos, han generado una disminución de la diversidad, muerte de los organismos, deformaciones en cangrejos y tumoraciones en peces. Además, los cangrejos, conchas y peces de consumo humano han acumulado metales pesados y coliformes fecales, representando un riesgo para la salud de los ecuatorianos y del ecosistema en general.

Se evidenció una contaminación mutimetálica en los sedimentos de manglar que apoyan la teoría de que los manglares actúan como trampas de metales pesados y a la vez se hace un llamado a las autoridades ambientales debido a que deben realizarse estudios ecotoxicológicos para analizar la interacción sinérgica entre los metales y su efecto sobre la fauna y la flora.

Finalmente, se evidenció falta de información sobre las áreas de manglar de la provincia de Esmeraldas y un vacío de información sobre la contaminación por mercurio. Se recomienda a las autoridades realizar un muestreo nacional de contaminantes en los manglares y monitorear permanentemente el estado de salud del ecosistema.

Referencias

- Acevedo, R., Severiche, C. y Jaimes, J. (2015). Bacterias resistentes a antibióticos en ecosistemas acuáticos. *Producción + Limpia*, 10(2), 160–172.
- Angelo, R.T., Cringan, M.S., Chamberlain, D.L., Stahl, A.J., Haslouer, S.G. y Goodrich, C.A. (2007). Residual effects of lead and zinc mining on freshwater mussels in the Spring River basin (Kansas, Missouri, and Oklahoma, USA). *Sci. Total Environ.* 384, 467–496.
- Alcívar, J. (2016). "Calidad físico – químico del área de cuarentena del Estero Salado en el 2016". Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Alcívar, M. y Mosquera, J. (2011). *Concentración de metales pesados (Cr total, Pb, Cd) en agua superficial y sedimentos en el Estero Salado (Guayaquil)*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Alvear, G. (2014). *Variación Espacial E Intermareal De Aceites Y Grasas En El Estero Salado En Guayaquil, Ecuador*. Universidad De Especialidades Espíritu Santo, Samborondon, Ecuador.

Arciniega, C., Pineda, N. y Barros, J. (2016). *Diagnóstico De Las Afectaciones De La Disposición Final De Los Residuos Sólidos En La Actividad Pesquera Del Sector Bajo Alto Del Cantón El Guabo Provincia Del Oro*. Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.

Arcos, V., Mero, M., Machuca, M. y Vera, L. (2010). Contaminación por metales pesados e incidencia en organismos bentónicos en "Cerrito de los Morreños", Golfo de Guayaquil, Ecuador. *Investigación Tecnología e Innovación*, 2(1), 114-127.

Arizaga, R. y Lemos, E. (2016). Determinación del grado de contaminación por metales pesados en bivalvos (*Anadara tuberculosa*) en la reserva Ecológica Manglares Cayapas Mataje cantón San Lorenzo de la provincia de Esmeraldas, 2015. *El Misionero Del Agro*, 59. Retrieved from http://www.uagraria.edu.ec/publicaciones/revistas_cientificas/13/048-2017.pdf

Ayala-Armijos, H., Pérez-Rodríguez, J., Quezada-Abad, C., Silva-Ochoa, A. y Cortéz-Suárez, L. (2015). Cuantificación de metales pesados (Hg, As, Pb y Cr) en organismos acuáticos: cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*). *Revista Ciencia UNEMI*, 8(16), 54-60.

Baños, L. (2012). *Distribución y Concentración de Coliformes Totales, Coliformes Fecales, Escherichia coli y Enterococos en el agua y sedimento en el Estero Salado (Tramos B, D, E Y G)*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Barahona, M. y Tapia, R. (2010). *Calidad y tratabilidad de aguas provenientes de ríos de llanura y embalses eutrofizados, caso de estudio: Carrizal – Chone La Esperanza*. Escuela Politécnica del Ejército, Pichincha, Ecuador.

Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C. y Barlaz, M. (2009). Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1985-1998. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0205>

Batuman, V., Maesaka, J. K., Haddad, B., Tepper, E., Landy, E. y Wedeen, R. P. (1981). The role of lead in gout nephropathy. *The New England Journal of Medicine*, 304(9), 520-523. <https://doi.org/10.1056/NEJM198102263040905>

Benavides, A., Del Pezp, R., Pernía, B., Mero, M., Cornejo, X., Magallanes, I. y Zambrano, J. (2018). Efecto del cadmio sobre la germinación y crecimiento de *Laguncularia racemosa* var. *glabriflora* (Plantae-Combretaceae). *Ecovida*, 8(1), 64-83.

Bohn, H., McNeal, B. y O`Connor, G. (2001). *Soil Chemistry*. 2da. Ed. Canadá: John Wiley & Sons, Inc, 341p.

Bravo, K. (2014). *Determinación de cadmio en Eichhornia crassipes y otras plantas acuáticas en los ríos Guayas, Daule y Babahoyo: Propuesta De Monitoreo Ambiental*. Universidad de Guayaquil. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Briones, E., Flachier, A., Gómez, J., Tirira, D., Medina, H., Jaramillo, I. y Chiriboga, C. (1997). *Inventaría de Humedales del Ecuador. EcoCiencia/INEFAN/Convención de Ramsar*. Quito, Ecuador.

Burger, J. (2008). Assessment and Management of Risk to Wildlife from Cadmium. *Science of the Total Environment*, 389, 37–45.

CAAM. (1996). *Desarrollo y Problemática Ambiental del Área del Golfo de Guayaquil*. 354 p.

Caicedo, L., Ortega, J. y Alarcón, M. (2016). *Evaluación de la calidad del agua del Estuario del Río Atacames en el sector Barrio Nueva Esperanza, para contribuir en la mejora de su potabilización*. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Calle, P., Monserrate, L., Medina, F., Calle Delgado, M., Tirapé, A., Montiel, M. y Alava, J. J. (2018). Mercury assessment, macrobenthos diversity and environmental quality conditions in the Salado Estuary (Gulf of Guayaquil, Ecuador) impacted by anthropogenic influences. *Marine Pollution Bulletin*, 136(March), 365–373. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.09.018>

Cárdenas, M. (2010). *Efecto de la contaminación hidrocarburífera sobre la estructura comunitaria de macroinvertebrados bentónicos presentes en el sedimento del Estero Salado*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Cárdenas, M. y R. Erazo. (2012). *Informe técnico de la composición, abundancia, diversidad y distribución de macroinvertebrados bentónicos presentes en el sedimento del Estero Salado*. Tesis Universidad de Guayaquil. 119 p.

Cárdenas-Calle, M. y Mair, J. (2014). Benthonic macroinvertebrates characterization on two estuarine branches affected by industrial pollution, Estero Salado-Ecuador. *Intropica*. 9(593), 118–128. <https://doi.org/10.21676/23897864.1439>

Castrillo, M., Pernia, B., De Sousa, A. y Reyes, R. (2012). Utilization of different aspects associated with cadmium tolerance in plants to compare sensitive and bioindicator species. In *Phytotechnologies: Remediation of Environmental Contaminants* (Taylor and, pp. 427–440).

Castro, K. y Lemus, M. (2015). *Determinación de la concentración de metales pesados (Hg, Pb, Cd) en la ostra Crassostrea columbiensis utilizada como biosensor en cuatro localidades de la zona costera de la provincia de El Oro, 2014*. Universidad Técnica De Machala, Machala, Ecuador.

Castro, R. (2017). *Contaminación por Metales Pesados Cadmio y Plomo en Agua, Sedimento y en Mejillón Mytella guyanensis (Lamarck, 1819) en los Puentes 5 de Junio y Perimetral (Estero Salado, Guayaquil - Ecuador)*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Cedeño, M. y Zambrano, D. (2017). *Determinación de metales pesados Cd, Hg, Pb, en concha negra (Anadara tuberculosa) del manglar El Salto-Esmeraldas y comparación para exportación al mercado europeo*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Cevik, U., Damla, N., Kobya, A., Bulut, V., Duran, C., Dalgic, G. y Bozacı, R. (2008). Assessment of metal element concentrations in mussel (*M. galloprovincialis*) in Eastern Black Sea, Turkey. *J. Hazard. Mater.* 160, 396-401.

Chalen, F. (2010). Mercurio en sedimentos del litoral ecuatoriano, Crucero de prospección pesquera T03/10/02D. *Revista Ciencias del Mar y Limnología*, 4(2), 45-66.

Chalen-medina, J. A. y Sang, K. C. F.-. (2017). Study of concentrations by heavy metals and hydrocarbons in branch B of Estero Salado Matting. *Polo Del Conocimiento*, 2(6), 711-730. <https://doi.org/10.23857/casedelpo.2017.2.6.jun.711-730>.

Chuquimarca, L. y Lemos, L. (2015). *Contenido de metales pesados (Hg, Pb, Cd), en el tejido blando del quelípedo y hepatopáncreas del cangrejo rojo (Ucides occidentalis), en tres localidades del perfil costero de la provincia de el Oro, 2014*. Tesis de grado. Universidad de Machala, Machala, Ecuador.

Coello, D. (2010). Marea Roja ocasionada por *Scrypsiella trochoidea* en el Estuario del río Chone (mayo 2007). *Revista de Ciencias Del Mar y Limnología*. 4(2), 93-100.

Comelekoglu, U., Yalin, S., Bagis, S., Ogenler, O., Sahin, N.O., Yildiz, A., Coskun, B., Hatungil, R. y Turac, A. (2007). Low-exposure cadmium is more toxic on osteoporotic rat femoral bone: mechanical, biochemical, and histopathological valuation. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 66 (2), 267-271.

Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C. y Galloway, T. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. *Mar. Pollut. Bull.* 62(12), 2588-2597. 2588e2597. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>.

Cornejo, X. (2014a). *Árboles y Arbustos De Los Manglares Del Ecuador (MAE; FAO)*. [online] <http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/55818.pdf>

Cornejo, X. (2014b). *Plants of the South American Pacific Mangrove Swamps (Colombia, Ecuador, Peru)* Editorial Eduquil. Universidad de Guayaquil.

Correa, M., Bolaños, M., Rebolledo, E., Rubio, D. y Salinas, E. (2015). Análisis del contenido de metales en aguas, sedimentos y peces en la Cuenca Del Río Santiago, Provincia De Esmeraldas, Ecuador. *Revista Científica Interdisciplinaria Investigación y Saberes*, IV(2), 32-42.

Costa, M. F., Ivar Do Sul, J. A., Silva-Cavalcanti, J. S., Araújo, M. C. B., Spengler, Â. y Tourinho, P. S. (2010). On the importance of size of plastic fragments and pellets on the strandline: A snapshot of a Brazilian beach. *Environmental Monitoring and Assessment*, 168(1-4), 299-304. <https://doi.org/10.1007/s10661-009-1113-4>

Counter, S. A., Buchanan, L. H. y Ortega, F. (2012). Association of hemoglobin levels and brainstem auditory evoked responses in lead-exposed children. *Clinical Biochemistry*, 45(15), 1197-1201. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2012.06.020>

Delgado, D. y Pernía, B. (2018). *Niveles de Coliformes totales y Escherichia coli en Anadara tuberculosa y Anadara similis en el Recinto El Morro, Provincia Del Guayas*. Tesis de Ingeniería. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil.

Díaz, G. (2011). Una revisión sobre los manglares: características, problemáticas y su marco jurídico. Importancia de los manglares, el daño de los efectos antropogénicos y su marco jurídico: caso sistema laguna de Topolobampo. *Ra Ximhai*, 7(3), 355-369. <https://doi.org/10.1038/nature16059>

Ellison, A.M. y Farnsworth, E.J. (1996). Anthropogenic disturbance of Caribbean mangrove ecosystems: past impacts, presents trends and future predictions. *Biotropica* 28(4a), 549-565.

EMAG. (1978). *Recuperación del Estero Salado*. Plan de Trabajo. Empresa Municipal de Alcantarillado de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador .43 p.

Environment Canada. (1998). Canadian sediment quality guidelines for lead: Supporting document. Environmental Conservation Service,

Escalante-Campos, S., Rodríguez-Dorantes, A., Vásquez-Murrieta, M. S., Rodríguez-Tovar, A. V., Guerrero-Zúñiga, L. A., Pérez, N. O. y Ponce-Mendoza, A. (2012). Evaluación del efecto de cadmio sobre la germinación y elongación radical de semillas bacterizadas de *Axonopus affinis* y *Festuca rubra*. *Polibotanica*, 34, 205-221.

Fanny, C., Virginie, A., Jean-François, F., Jonathan, B., Marie-Claude, R. y Simon, D. (2013). Benthic indicators of sediment quality associated with run-of-river reservoirs. *Hydrobiologia*, 703(1), 149-164. <https://doi.org/10.1007/s10750-012-1355-y>

FAO. (2007). The world's mangroves 1980-2005. 89 p.

Fernández-Cadena, J. C., Andrade, S., Silva-Coello, C. L. y De La Iglesia, R. (2014). Heavy metal concentration in mangrove surface from the north-west coast of South América. *Marine Pollution Bulletin*. 82 (1-2), 221-226.

Fernández-Cadena, J. C., Ruíz-Fernández, P., Andrade, S. y De la Iglesia, R. (2018). Contaminación por Metales Pesados en El Estero Salado de Guayaquil: Efecto Sobre el Microbioma Bacteriano. Retrieved from

<https://ecotec.edu.ec/content/uploads/mcientificas2018/9medio-ambiente-sociedad/009.pdf>

Feys, J. y Castro, R. (2013). *Niveles de cadmio y plomo en el exoesqueleto del cangrejo *Ucides occidentalis* del Golfo de Guayaquil (Las Loras, Puerto Morro-Chupadores) y Machala (Puerto Bolívar)*. Tesis de Ingeniería. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil.

Flores, K., Souza, V., Bucio, L., Gomez, L. E. y Gutiérrez, M. C. (2013). Determinación de bioacumulación de plomo y cadmio mediante absorción atómica en *Alyssum murale*, *Tecoma stans* y *Nicotiana glauca* colectadas en la comunidad minera de Maconí. *Acta Toxicológica Argentina*, 21(1), 32–48.

Fonseca, E. (2010). Industria del camarón: su responsabilidad en la desaparición de los manglares y la contaminación acuática (Industry of Shrimp: its responsibility in the loss of the mangrove ecosystems and the aquatic pollution). *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 11, 1–20.

Gallagher, C.M. y Meliker, J.R. (2010). Blood and Urine Cadmium, Blood Pressure, and Hypertension: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Environmental Health Perspectives*, 118 (12), 1676–84.

Géret, F., Jouan, A., Turpin, V., Bebianno, M.J. y Cosson, R.P. (2002). Influence of metal exposure on metallothionein synthesis and lipid peroxidation in two bivalve mollusks: the oyster (*Crassostrea gigas*) and the mussel (*Mytilus edulis*). *Aquat. Living Resour.* 15, 61–66.

Godínez-Sordia, D., González-Ochoa, O., Hernández-Díaz, A., García-Triana, A., Gamboa-Delgado, J., Arce-Ibarra, J. y Godínez-Sordia, E. (2012). principales patógenos virales de camarón en américa y su relación con ambientes de baja salinidad. *Ra Ximhai*, 8, 101–115.

Goncalves, M. y Geraldo, L. (2007). *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle* como bioindicadoras de poluição por metais pesados em ambientes de mangues. *Eng. Sanit. Ambient.* 12, 440–445.

Henson, M.C. y Chedrese, P. (2004). Endocrine Disruption by Cadmium, a Common Environmental Toxicant with Paradoxical Effects on Reproduction. *Experimental Biology and Medicine*, 229 (5), 383–92.

Hidroestudios. (2003). Plan Integral de recuperación para el Estero Salado- Fase I. Guayaquil. Informe Técnico preparado para la Muy ilustre Municipalidad de Guayaquil. 188p

Holden, R. (1978). Soluciones para el problema de contaminación del Estero Salado-Guayaquil. Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar. Informe Interno ESPOL. 273-292

Hurtado, M., Hurtado, M., y Hurtado Domínguez, L. (2012). Estado de la contaminación marina en Ecuador., 141. [online] <http://cpps.dyndns.info/cpps-docs->

web/planaccion/docs2013/mar/xix_ag/025.%20INFORME_FINAL_ECU_CONTAMINACION_MARINA.pdf

Isla, M. (2006). Manejo sostenible del cultivo de camarón en Cuba. Estudio de caso: Camaronera Calisur, provincia Granma. La Habana, Cuba: Universidad de La Habana.

Ivar do Sul, J. A., Costa, M. F., Silva-Cavalcanti, J. S. y Araújo, M. C. B. (2014). Plastic debris retention and exportation by a mangrove forest patch. *Marine Pollution Bulletin*, 78(1–2), 252–257. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.11.011>

Järup, L. y Alfvén, T. (2004). Low Level Cadmium Exposure, Renal and Bone Effects--the OSCAR Study. *Biometals*, 17 (5), 505–509.

Järup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *Br. Med. Bull.* 68 (1), 167–182, <http://dx.doi.org/10.1093/bmb/ldg032>.

Jiménez, D. (2012). *Cuantificación de metales pesados (cadmio, cromo, níquel y plomo) en agua superficial, sedimentos y organismos (Crassostrea columbiensis) Ostion de Mangle en el Puente Portete del Estero Salado (Guayaquil)*. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Julin, B., Wolk, A., Johansson, J.E., Andersson, S.O., Andrén, O. y Akesson, A. (2012). Dietary Cadmium Exposure and Prostate Cancer Incidence: A Population-Based Prospective Cohort Study. *British Journal of Cancer*, 107, 895–900.

Kopyra, M. y Gwóz, E. A. (2003). Nitric oxide stimulates seed germination and counteracts the inhibitory effect of heavy metals and salinity on root growth of *Lupinus luteus*. *Plant Physiol. Biochem.* 41, 1011–1017. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2003.09.003>

Lacerda, L.D., Martinelli, L.A., Rezende, C.E., Mozeto, A., Ovalle, A.R., Victoria, R.L., Silva, C.A. y Nogueira, F.B. (1988). The Fate of Trace Metals in Suspended Matter in a Mangrove Creek during a Tidal Cycle. *The Science of the Total Environment*, 75, 169–80.

Lahmeyer–Cimentaciones. (2000). Estudios de Prefactibilidad y Selección de la mejor alternativa del plan integral de la recuperación del estero salado Parte II. Informe Final. Guayaquil. 94p.

Laspina, N. V., Groppa, M. D., Tomaro, M. L. y Benavides, M. P. (2005). Nitric oxide protects sunflower leaves against Cd-induced oxidative stress. *Plant Science*, 169(2), 323–330. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2005.02.007>

Lassiter, M., Owens, E., Patel, M.M., Kirrane, E., Madden, M., Richmond-Bryant, J., Hines, E., Davis, A., Vinikoor-Imler, L. y Dubois, J.J. (2015). Cross-species coherence in effects and modes of action in support of causality determinations in the U.S. Environmental Protection Agency's Integrated Science Assessment for Lead. *Toxicology*, 330, 19-40.

Leyva-Madrigal, K. Y., Luna-González, A., Escobedo-Bonilla, C. M., Fierro-Coronado, J. A. y Maldonado-Mendoza, I. E. (2011). Screening for potential probiotic bacteria to reduce prevalence of WSSV and IHNV in whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) under experimental conditions. *Aquaculture*, 322–323, 16–22. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.09.033>

Macías, E. (2015). *Determinación de Niveles de Cadmio, Niquel, Cromo, Plomo y mercurio en exoesqueleto, tejido blando, hepatopáncreas en la Jaiba Azul (Callinectes sp.) en el Estero Matorrillos, Río Guayas*. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

MAE. (2015). Acuerdo Ministerial 097A, Texto Unificado de Legislación Secundaria de Ecuador. Quito, Ecuador. 4 de noviembre de 2015.

Marín, A., Gonzalez, V., Lapo, B., Molina, E. y Lemus, M. (2016). Mercury levels in sediments from the coast of El Oro - Ecuador. *Gayana*, 80(2), 147–153. <https://doi.org/10.4067/S0717-65382016000200147>

Martin, C., Almahasheer, H. y Duarte, C. M. (2019). Mangrove forests as traps for marine litter. *Environmental Pollution*, 247, 499–508. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.01.067>

McElroy, J., Shafer, M.M., Trentham-Dietz, A., Hampton, J.M. y Newcomb, P. (2006). Cadmium Exposure and Breast Cancer Risk. *Journal of the National Cancer Institute*, 98 (12), 869–73.

Mendoza, H. (2014). *Niveles de acumulación de metales pesados y contaminantes orgánicos en moluscos bivalvos del género Anadara y su vinculación con actividades económicas en la provincia de esmeraldas como base para una propuesta de regulación de límites máximos permisibles*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Guayaquil, Ecuador.

Mendoza-Cózatl, D. G., y Moreno-Sánchez, R. (2006). Control of glutathione and phytochelatin synthesis under cadmium stress. Pathway modeling for plants. *Journal of Theoretical Biology*, 238(4), 919–936. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2005.07.003>

Mero, M. (2010). Determinación de metales pesados (Cd y Pb) en moluscos bivalvos de interés comercial de cuatro esteros del Golfo de Guayaquil. *Rev. Cient. Cien. Nat. Ambien.*, 1(1), 1–14.

Mero, M., Arcos, V., Egas, F., Siavichay, R. y Lindao, G. (2012). Determinación de metales pesados (Cd y Pb) en moluscos bivalvos de interés comercial *Anadara tuberculosa* y *A. grandis* de Puerto El Morro, Ecuador. *Revista de Divulgación de La Dirección de Investigaciones y Proyectos Académicos de La Universidad de Guayaquil*, 4(4), 19–32.

Molina, D., Villegas, F., y Coka, J. (2018). Análisis del funcionamiento de las camaroneras y sus incidencias en la contaminación del medio ambiente en Puerto El Morro. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. [en línea]

<https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/11/funcionamiento-camaroneras.html>

Molina, E. (2015). *Evaluación de niveles de Cd, Pb y Hg en raíces de Rhizophora mangle L. en cuatro localidades de muestreo del perfil costanero de la Provincia de El Oro en épocas de sequía y lluvia*. Tesis de Grado. Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador. <https://doi.org/10.1145/3132847.3132886>

Montaño, M. y Sanfeliú, T. (2008). Ecosistema Guayas (Ecuador). Medio ambiente y Sostenibilidad. Introducción. *Revista Tecnológica ESPOL*. 21 (1): 1-6.

Mushak, P. (2011). *Lead and Public Health: Science, Risk and Regulation*. Elsevier. Retrieved from <https://books.google.com/books?id=T5HcahQSOAC&pgis=1>

Occhiogrosso, T. J., Waller, W. T. y Lauer, G. J. (1979). Effects of heavy metals on benthic macroinvertebrate densities in foundry cove on the Hudson river. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 22(1), 230–237. <https://doi.org/10.1007/BF02026935>

Ordonez, C., Loughheed, V. L., Gardea-torresdey, J. L. y Bain, L. J. (2011). Impact of Metals on Macroinvertebrate Assemblages in the Forgotten Stretch of the Rio Grande. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 1992, 426–436. <https://doi.org/10.1007/s00244-010-9557-7>

Palacios, C. (2013). Distribución de coliformes fecales en el área marina de la costa ecuatoriana en las provincias de Esmeraldas y Manabí, 2008-2013. *Acta Oceanográfica Del Pacífico*, 18, 2008–2013.

Panda, B. B., Das, B. L., Lenka, M., y Panda, K. K. (1988). Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) to biomonitor genotoxicity of low levels of mercury in aquatic environment. *Mutat Res*. 206 (2), 275-279.

Pernía, B., Mero, M., Cornejo, X., Ramírez, N. y Ramírez, L. (2018). Determinación de cadmio y plomo en agua, sedimento y organismos bioindicadores en el Estero Salado, Ecuador. *Enfoque UTE*, 9(2), 89–105. <https://doi.org/https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n2.246>

Pernía, B., Sousa, A. D. E., Reyes, R. y Castrillo, M. (2008). Biomarcadores de contaminación por cadmio en plantas. *Interciencia*, 33, 112–119.

Poma, P. (2008). Lead effects on humans. *Anales de La Facultad de Medicina*, 69(2), 120–126.

Posada, M. I. y Del Pilar, M. (2006). Efectos del mercurio sobre algunas plantas acuáticas tropicales. *Revista EIA Número*, 6, 1794–1237.

Poveda, G., y Avilés, P. (2018). Situación de los manglares de la ciudad de Guayaquil - Provincia Del Guayas - Ecuador. *Revista DELOS*, 11(31), 14.

Quijije, S., Ruiz, M., y Mariscal, W. (2015). *Evaluación de la contaminación, físico – química y microbiológica de las aguas del Estero Salado, Ciudadela Universitaria de la ciudad de Guayaquil, Año 2015*. Tesis de Grado. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

RAOH, (2001). Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador. Decreto Ejecutivo 1215. Registro Oficial 265, 13-H 2001.

Rebolledo, E. y Jiménez, P. (2012). Afectaciones a la calidad del agua en producto de la minería aurífera ilegal. En: Primer Seminario Científico Internacional Medioambiente Economía y Desarrollo. <https://doi.org/10.13140/2.1.4153.0563>

Revis, N.W., Zinsmeister, R. y Bull, R. (1981). Atherosclerosis and Hypertension Induction by Lead and Cadmium Ions: An Effect Prevented by Calcium Ion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 78 (10), 6494–6498.

Richardson, M.E., Fox, D. y Fry, B.E. (1974). Pathological Changes Produced in Japanese Quail by Ingestion of Cadmium. *The Journal of Nutrition*, 104, 323–338.

Robertson, A. I. y Phillips, M. J. (1995). Mangroves as filters of shrimp pond effluent: predictions and biogeochemical research needs. *Hydrobiologia*, 295(1–3), 311–321. <https://doi.org/10.1007/BF00029138>

Rodriguez, A. (2004). Caracterización de la calidad de las aguas y sedimentos del río Atacames 2002. *Acta Oceanográfica Del Pacífico*. 12(1): 13-20.

Rodríguez, A. (2005). Contaminación por residuo de hidrocarburos del petróleo en el Puerto Marítimo de Guayaquil y su área de influencia debido a actividades navieras, período 1984 al 2004. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. 103 (1), 1-18

Rodríguez, F. (2013). Cuantificación de cadmio, plomo y níquel en agua superficial, sedimento y organismos (*Mytella guyanensis*) en los puentes Portete y 5 de junio del Estero Salado (Guayaquil). Tesis de Grado. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Rodríguez, G., Aguirre, G. y Chiriboga, G. (2016). La gestión ambiental empresarial su función frente a cambios climáticos globales. camaroneras, caso: Manglares de Ecuador Corporate. *Revista Científica De La Universidad De Cienfuegos*, 8(2), 80–86.

Rojas, W. (2017). *Evaluación De La Calidad De Agua Del Estero Salado Para Fines Recreativos Mediante Contacto Secundario, Entre Los Puentes Zigzag Y 5 De Junio*. Tesis de Grado. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Sadiq, M. (1992). Toxic metal chemistry in marine environments. Marcel Dekker, Inc. New York., pp. 389.

Sarkar, A. y Jana, S. (1986). Heavy metal pollutant tolerance of *Azolla pinnata*. *Water, Air, & Soil Pollution*. 27 (1-2), 15-18.

Schwartz, G.G., Il'Yasova, D. y Ivanova, A. (2003). Urinary Cadmium, Impaired Fasting Glucose, and Diabetes in the NHANES III. *Diabetes Care*, 26 (2), 468–470.

Senior, W., Cornejo-Rodríguez, M., Tobar, J., Ramírez-Muñoz, M. y Márquez, A. (2016). Metales pesados (cadmio, plomo, mercurio) y arsénico en pescados congelados de elevado consumo en el Ecuador. *Zootecnia Trop.*, 34(2), 143–153.

Senior, W., Valarezo, C., Sánchez, O., Jacome, N., Tobar-Ordoñez, J. A., Collaguazo-Yaguachi, A. y Márquez, A. (2015). Evaluación de la distribución del contenido total y biodisponibles de los metales pesados, Cu, Cd, Pb y Hg en sedimentos superficiales del estero de Santa Rosa, Provincia De El Oro, Ecuador. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/283733140_Evaluacion_de_la_distribucion_del_contenido_total_y_biodisponibles_de_los_metales_pesados_Cu_Cd_Pb_y_Hg_en_sedimentos_superficiales_del_estero_de_Santa_Rosa_Provincia_De_El_Oro_Ecuador

Siavichay, B. (2013). Determinación de cadmio y plomo en el tejido blando, hepatopáncreas del cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) y sedimento de la Reserva Ecológica Manglares Churute. Tesis de Grado. Universidad De Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Siguencia, R. (2010). Niveles de coliformes totales y *Escherichia coli* en bivalvos de interés comercial *Ostrea columbiensis* y *Mytella guyanensis* (Molusca: Bivalvia) como bioindicador de contaminación microbiológica en el Estero Puerto Hondo, Provincia Del Guayas – Ecuador. Tesis de Maestría. Universidad De Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.

Siguenza, D. (2016). Determinación de metales pesados arsénico cadmio y plomo en conchas prieta extraídos de la desembocadura del río Pital. Tesis de Grado. Universidad del Azuay. Ecuador.

Smaoui-Damak, W., Rebai, T., Berthet, B. y Hamza-Chaffai, A. (2006). Does cadmium pollution affect reproduction in the clam *Ruditapes decussatus*? A one-year case study. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 143(2), 252–261. <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2006.02.009>

Suwazono, Y., Sand, S., Vahter, M., Filipsson, A. F., Skerfving, S., Lidfeldt, J. y Åkesson, A. (2006). Benchmark Dose for Cadmium-Induced Renal Effects in Humans. *Environmental Health Perspectives*, 114(7), 1072–1076.

Telenema, W. (2016). Impacto Ambiental En El Cuerpo Receptor De Los Efluentes De La Camaronera Cayancas. Tesis de Grado, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Thiakos, V. (2000). Investigation of the Hydrocarbon Pollution by Diffuse and point sources in the Gulf of Guayaquil, in the Republic of Ecuador. Thesis. Heriot Watt University.

Tobar, J., Ramírez-Muñoz, M., Fermín, I., y Senior, W. (2017). Concentración de Metales Pesados en Bivalvos *Anadara tuberculosa* y *A. Similis* del Estero Huaylá, Provincia de El Oro, Ecuador. *Boletín Del Centro De Investigaciones Biológicas*, 51(1), 44–59.

Torres, G. y Palacios, C. (2007). Calidad Ambiental del Blomm Algal en area urbana del Estero Salado (Ciudad de Guayaquil) en junio 2005. *Acta Oceanográfica del Pacífico* 14(1), 115-123.

Traunspurger, W. y Drews, C. (1996). Toxicity analysis of freshwater and marine sediments with meio- and macrobenthic organisms: a review. *Hydrobiologia*, 328(3), 215–261. <https://doi.org/10.1007/BF00017632>

Trejo, R., Maridueña, A. y Estrella, T. (2015). Microbiología del agua y variabilidad estacional en la reserva ecológica manglares Cayapas- Mataje, 2001- 2003. *Revista Científica de Ciencias Del Mar y Limnología*, 9(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.31876/rcm.v9i1.12>

Twilley, R. R. (1989). Impacts of Shrimp mariculture Practices on the Ecology of Coastal Ecosystems in Ecuador, p: 91-120. En: S. Olsen and L. Arriaga (Eds.). *Establishing a Sustainable Shrimp mariculture Industry in Ecuador*. University of Rhode Island, Technical Report Series TR-E-6.

Universidad de Guayaquil. (2008). Evaluación del nivel de contaminación del manglar y aguas del Estero Salado circundante a la Estación de Transferencia Tres Bocas de Petrocomercial Sur con miras a establecer un plan de manejo ambiental y de mitigación. Dirección de Investigaciones y proyectos académicos (DIPA). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Urquiza, R., Viejó, L., Carvajal, R., Salas, J. y Bustamante, M. (2011). Biodiversidad del Guayas: conociendo nuestra verdadera riqueza. Gobierno Provincial del Guayas-Dirección de Medio Ambiente. Poligráfica y Finding Species. Guayaquil. 224. pp.

Vargas, E. (2015). Evaluación de la contaminación físico – química y microbiológica de las aguas y sedimentos del Estero Salado, Sector Norte De La Ciudad De Guayaquil- Ecuador, Año 2015. Tesis de Grado. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Vásquez, R., Bastardo, A. y Mundarain, I.K. (2005). Ensayo de Toxicidad Aguda CL50-96h con acetato de cadmio y parámetros hematológicos en el híbrido cultivado *Colossoma macropomum* X *Piaractus brachypomus*. *Zootecnia Tropical*, 23 (3), 247–257.

Veiga, M., y Baker, R. (2004) *Protocols for Environmental and Health Assessment of Mercury Released by Artisanal and Small-scale Gold Miners*. Published by GEF/UNDP/UNIDO Global Mercury Project. Vienna, ISBN 92-1-106429-5. 289pp.

WHO. (2010). Exposure to Cadmium: A Major Public Health Concern. World Health Organization, 3–6. Retrieved from <<http://www.who.int/ipcs/features/cadmium.pdf>. >

- WHO. (2017). Mercurio. [online]. En internet (Consultada por última vez el 09/05/2019) <https://www.who.int/ipcs/assessment/public_health/mercury/es/>
- Wijayawardena, M. A. A., Megharaj, M., y Naidu, R. (2016). Exposure, Toxicity, Health Impacts, and Bioavailability of Heavy Metal Mixtures. *Advances in Agronomy*, 138, 175-234. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2016.03.002>
- Wong & Wong. (2007). Estudio de Impacto Ambiental. Fase de Operación. Terminal Portuario Internacional Puerto Hondo S.A. 139 p.
- Wright, D.A. y Welbourn, P. (2002). *Environmental Toxicology*, vol. 11. Cambridge University Press, 656 pp.
- Yan, Z., Sun, X., Xu, Y., Zhang, Q. y Li, X. (2017). Accumulation and tolerance of mangroves to heavy metals: a review. *Curr. Pollut. Rep.* 3 (4), 302—317, <http://dx.doi.org/10.1007/s40726-017-0066-4>
- Zambrano, R. (2017). First record of malformations in males of *Ucides occidentalis* (Brachyura, Ocypodidae) in the Gulf of Guayaquil, Ecuador. *Crustaceana*, 90(5), 631–638. <https://doi.org/10.1163/15685403-00003678>
- Zhang, H. y Reynolds, M. (2019). Cadmium exposure in living organisms: A short review. *Science of The Total Environment*. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.04.395> In Press.