

El Canario en la mina de carbón: delfines Bufeos (*Tursiops truncatus*) del Golfo de Guayaquil como Centinelas de Polución marino-costera en Ecuador

The Canary in the coal mine: Bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) of the Gulf of Guayaquil as sentinels of coastal-marine pollution in Ecuador

Juan José Alava ^{(1,2)*} j.alava@oceans.ubc.ca, Pedro J. Jiménez ⁽¹⁾, Ana Tirapé ⁽³⁾, Paola Calle ⁽³⁾, Omar Alvarado Cadena⁽³⁾, Gustavo A. Domínguez ⁽³⁾, Madeleine Calle Delgado ⁽³⁾, Patricia Fair ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Fundación Ecuatoriana para El Estudio de Mamíferos Marinos (FEMM), Ecuador

⁽²⁾ Institute for the Oceans and Fisheries, University of British Columbia, AERL 2202 Main Mall | Vancouver, Columbia Británica, 6T 1Z4, Canadá

⁽³⁾ Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, (Facultad de Ciencias de la Vida), Campus Gustavo Galindo Km 30.5 Vía Perimetral, P.O. Box 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador

⁽⁴⁾ Department of Public Health Sciences, Medical University of South Carolina, Charleston, SC, Estados Unidos de América

RESUMEN

*El uso de la metáfora “el canario en la mina de carbón” se originó para proveer una advertencia anticipada de los peligros de salud ocupacional generados por gases tóxicos en los mineros. Bajo esta premisa, surgió la idea inédita de usar los delfines bufeos como especie centinela en la costa continental ecuatoriana y así fortalecer y estimular el avance de la ecotoxicología marina en Ecuador. Por lo que recientemente, se emprendió el proyecto “Estudio de Ecología Poblacional, Contaminantes Orgánicos Persistentes, Mercurio y enfermedades del Bufeo Costero (*Tursiops truncatus*) en el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro, Golfo de Guayaquil”.*

ABSTRACT

*The use of the metaphor "canary in the coal mine" was originated to provide early warning of the occupational health hazards generated by toxic gases in the mines. Under this premise, the use of dolphins as a sentinel species of the Ecuadorian continental coast emerged as a novel idea to strengthen and stimulate the advancement of marine eco-toxicology in Ecuador. Thus, the project "Study of Population Ecology, Persistent Organic Pollutants, mercury and diseases of the bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) in the El Morro Mangrove Wildlife Refuge, Gulf of Guayaquil" was recently undertaken in Ecuador.*

La metáfora “*el canario en la mina de carbón*” (“*the canary in the coal mine*”) se originó a inicios de los años novecientos (i.e. 1911) pero cesó en 1986 cuando se innovó con el uso de detectores electrónicos digitales (Burrell y Seibert, 1914; Eschner, 2016). En esos tiempos los mineros solían llevar canarios enjaulados a su lugar de trabajo para proveer una advertencia anticipada o alerta roja de los peligros de salud ocupacional generados por gases tóxicos para los mineros. En principio, si hubo emisiones de gas metano (CH₄), monóxido de carbono (CO) u otros gases tóxicos en la mina; el canario moriría antes de que los niveles del gas alcanzaran las concentraciones peligrosas para los mineros (Spencer, 1962, Eschner, 2016). En el presente, esta metáfora también se aplica como una analogía para interpretar el rol de diversas especies de la fauna marina de los océanos y costas, tales como los mamíferos marinos (i.e., cetáceos y pinnípedos) usados como centinelas, indicadores de la contaminación y de la salud de los ecosistemas marinos y costeros del océano global (Tabor y Aguirre, 2004; Wells *et al.*, 2004; Bossart, 2006).

El Golfo de Guayaquil es el estuario más grande del Pacífico Sur, el cual debido al constante crecimiento urbano e industrial asociado al uso y conversión de suelo y hábitats está siendo degradado a tal punto que la calidad de agua y sedimento a tal punto que los manglares de esta bioregión son uno de los más impactados y perturbados en el mundo (Calle *et al.*, 2018; Fernández-Cadena *et al.*, 2014). Existen pocos estudios sobre contaminación por compuestos químicos inorgánicos y orgánicos realizados en el Golfo de Guayaquil en donde se ha medido y encontrado la presencia de pesticidas organoclorados en sedimento y organismos acuáticos (Montaño y Resabala, 2005; Calle y Alava, 2009), residuos de hidrocarburo de petróleo en agua (Rodríguez, 2006), y

metales pesados, incluyendo principalmente altas concentraciones de mercurio total (THg) en sedimentos estuarinos y mejillones de manglar (*Mytella strigata*) (Calle *et al.*, 2018), así como elevados niveles de cadmio (Cd), cobre (Cu), plomo (Pb), selenio (Se), vanadio (V) y zinc (Zn) en sedimentos del Estero Salado (Fernández-Cadena *et al.*, 2014); y Cd en diferentes puntos de la Reserva Ecológica Manglares Churute (Proaño, 2016), los cuales exceden estándares y lineamientos nacionales e internacionales de calidad ambiental. Así mismo, la contaminación por pinturas anti-incrustantes o compuestos de butiltina tales como tributiltina (TBT), dibutiltina (DBT) y monobutiltina (MBT) ha sido investigada recientemente en caracoles murícidos (*Thais spp.*) del Golfo de Guayaquil (Castro *et al.*, 2012). Sin embargo, no existen estudios de contaminación por compuestos químicos orgánicos y metales en depredadores topos al ápice de la redes alimenticias marinas y costeras que pueden servir como indicadores de contaminación y especies centinelas de la salud de los ecosistemas estuarinos, marinos y costeros, particularmente mamíferos marinos de la costa ecuatoriana.

En el Golfo de Guayaquil, los delfines nariz de botella costeros o bufeos costeros (*Tursiops truncatus*) es una especie carismática que cumple funciones y servicios ecológicos vitales como depredador tope del ecosistema estuarino y manglares en la bioregión del estuario del Golfo de Guayaquil (Jiménez y Alava, 2015), Figura 1. Sin embargo, la población de esta especie de cetáceos está sujeta a diversas amenazas antropogénicas, por lo que actualmente, está bajo la categoría de Vulnerable (VU), de acuerdo al Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador (Jiménez *et al.*, 2011). Por ejemplo, la población residente que habita en el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro (REVISEM) es de particular atención debido a que los estudios de foto-identificación desde el 2005

y las estimaciones del tamaño de la población indican un decrecimiento gradual en la población (Jiménez *et al.*, 2011; Jiménez y Alava, 2014). Las causas de esta disminución poblacional no están lo suficientemente evaluadas, pero factores antropogénicos tales como la degradación del hábitat natural, las actividades humanas ligadas a la observación informal de delfines, las capturas incidentales asociadas con la pesca artesanal, aumento del tráfico marítimo, dragado de sedimentos, y la contaminación ambiental pueden incidir en este declive (Jiménez y Alava, 2014).

Jiménez y Alava (2014) brindaron recomendaciones para emprender nuevas líneas de investigación sobre posibles efectos adversos de la contaminación ambiental en los delfines bufeos y mejorar la conservación de esta especie. En este contexto, la REVISEM ofrece un área de estudio y las condiciones para analizar contaminantes orgánicos persistentes (COPs), mercurio y enfermedades en los delfines que nos permiten evaluar el impacto antropogénico en el ecosistema y hábitat de los delfines de esta área protegida, (Figura 2).



Figura 1. El delfín nariz de botella costeros o bufeos (*Tursiops truncatus*) del Golfo de Guayaquil.

Figure 1. The coastal bottlenose dolphin or bufeos (*Tursiops truncatus*) of the Gulf of Guayaquil.

Esta especie es un depredador tope clave, cuyo rol como especie centinela de la contaminación ambiental marina y salud de los océanos es comparable al concepto de “canarios en las minas de carbón”. (Figura

1), Foto: Juan José Alava (delfín adulto observado en aguas estuarinas frente a Puerto Posorja, mayo 2018).

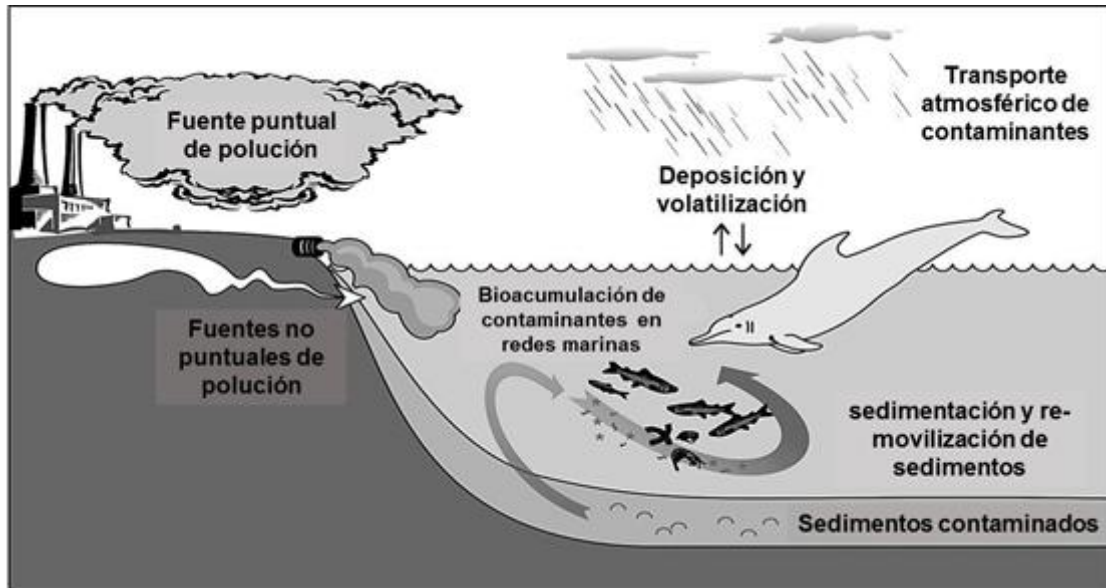


Figura 2. Ilustración conceptual en donde se señala la contaminación ambiental proveniente de fuentes puntuales y no puntuales en hábitats estuarinos y marinos.

Figure 2. Conceptual illustration showing the environmental pollution from point and non-point sources in estuarine and marine habitats.

En la figura 2 se señalan las rutas de potencial contaminación y bioacumulación de contaminantes en redes alimenticias marinas. Estos contaminantes orgánicos pueden incluir la bioacumulación de los COPs y el mercurio orgánico (metilmercurio $[\text{CH}_3\text{Hg}]^+$) en la red trófica de los delfines costeros o buefos (*Tursiops truncatus*) del Golfo de Guayaquil. Basado y adaptado de Jiménez y Alava (2014).

Otras de las amenazas contra los delfines nariz de botella son las ocasionales operaciones de dragado, con su consecuente remoción y desecho de contaminantes, que se realizan para aumentar la profundidad de los canales del Golfo de Guayaquil (Jiménez and Alava, 2014). Estos canales se utilizan como rutas de transporte para el tráfico de embarcaciones comerciales y petroleros. A pesar de que existen estudios de impacto ambiental (EIA) que han evaluado los efectos de las actividades de dragado y la resuspensión de sedimentos en fitoplancton, invertebrados bentónicos (camarones) y peces del Canal de El Morro (INOCAR, 2008) y estudios que han considerado otras especies de la biota y fauna marina sensible, en particular la población de delfines de Posorja y El Morro (Ramón-Jibaja, 2018), los efectos a la salud en esta especie de

cetáceos y su área de alimentación en el corto y largo plazo por los impactos acumulativos de las actividades de construcción y operación de dragado de profundización y mantenimiento de canales de acceso, desecho de sedimentos y material de dragado en el mar no están caracterizados y analizados rigurosamente. Esto es de particular preocupación por que las actividades y operaciones durante dragado pueden causar efectos negativos, perturbar el comportamiento y originar el desplazamiento de delfines nariz de botella de las áreas de forrajeo (Marley *et al.*, 2017; Pirotta *et al.*, 2013; Todd *et al.*, 2015).

Particularmente, las perturbaciones y el ruido marino (contaminación acústica) pueden afectar y alterar el comportamiento animal y la salud individual a través de la pérdida de tiempo de alimentación u otros comportamientos que comprometen el equilibrio energético en los individuos, lo que en consecuencia podría impactar la dinámica poblacional de los delfines como las tasas de nacimiento, reproducción y sobrevivencia (National Research Council, 2005; New *et al.*, 2013).

En este contexto, se emprendió recientemente en la costa continental

ecuatoriana el proyecto de investigación “Estudio de Ecología poblacional, Contaminantes Orgánicos persistentes, Mercurio y Enfermedades del Bufe Costero (*Tursiops truncatus*) en el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro, Golfo de Guayaquil”. Esta iniciativa fue formulada desde el 2016 con colaboración y cooperación técnica internacional de la Dra. Patricia Fair, la Fundación Ecuatoriana para el Estudio de Mamíferos Marinos (FEMM) y la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) a través de la Facultad de Ciencias de la Vida (FCV) para llevar a cabo investigación científica y promover ciencia ecotoxicológica en nuestro país, y contribuir con el desarrollo de políticas de manejo y normativas legales para la protección y conservación de los delfines bufeos.

En su génesis, la idea inédita de usar los delfines bufeos como “*el canario en una mina de carbón*” surgió como una gran oportunidad para fortalecer y estimular el avance de la investigación científica en los ámbitos de la ecotoxicología marina y toxicología ambiental, considerando a la vez las grandes limitaciones para fondos concursables de investigación y escasos recursos financieros para este tipo de estudios en Ecuador.

El trabajo de campo de este proyecto se inició en mayo del 2018 en el Refugio de Vida Silvestre Manglares El Morro. Para la extracción de biopsias se utilizó un método altamente estandarizado y eficaz, el cual es usado a nivel mundial por muchos investigadores para muestrear diversas especies de cetáceos (Whitehead *et al.*, 1990; Barrett-Lennard *et al.*, 1996; Krützen *et al.*, 2002; Parsons *et al.*, 2003; Jefferson y Hung, 2008, Kiszka *et al.*, 2010; Tezanos-Pinto y Baker, 2012; Fruet *et al.*, 2016).

Para este fin se usó una Ballesta Barnett (BCR Recurve Crossbow) que es un método de muestreo inofensivo para obtener biopsias de grasa. El uso de la ballesta está

supeditado a la posesión de permisos, por lo que fue única y exclusivamente usado por el Biólogo George H. Biedenbach (experto del Georgia Aquarium y Maryland, Georgia, USA) quien tiene autorización y certificación de salud animal con Nivel A (collection of Level A otorgado por the National Department of Marine Fisheries de los Estados Unidos).

Una vez recuperada la biopsia de tejidos la piel se separó de la grasa: 2/3 de muestra de piel se destinó para análisis de mercurio, 1/3 de la muestra de piel para estudios de genética y toda la grasa fue destinada para realizar análisis de COPs. Las muestras fueron preservadas en nitrógeno líquido hasta su arribo al laboratorio y preservadas en 80°C hasta su posterior análisis.

Como resultado del esfuerzo de muestreo, un número importante de biopsias de grasa y piel de delfines bufeos fueron colectadas para analizar mercurio total (THg) y COPs tales como Bifenilos policlorados (PCBs), Dicloro difenil tricloroetano (DDTs), compuestos ciclodiénicos (aldrín, dieldrín, endrín, clordano, heptacloro), mirex, endosulfan, así como Bifenilos polibromados (PBDEs). Los resultados preliminares indican que los delfines muestreados están expuestos a la contaminación por estos compuestos químicos debido a la detección de COPs y THg en las muestras de biopsias (grasa y piel) colectadas en el campo.

Este estudio representa uno de los y lobos finos/peleteros (*Arctocephalus galapagoensis*) de Galápagos primeros en su índole y en la historia de ecotoxicología de mamíferos marinos de Ecuador, similar a las investigaciones pioneras sobre estudios de COPs en lobos marinos (*Zalophus wollebaeki*) en las Islas Galápagos, en donde el hallazgo principal fue el organoclorado DDT en estas especies de pinnípedos tropicales (Alava *et al.*, 2009; Alava *et al.*, 2011; Alava y Gobas, 2012; Alava *et al.*,

2014; Alava et al., 2017; Alava y Ross, 2018).

Se espera que los resultados de este proyecto contribuyan a la obtención de nuevo conocimiento para la comunidad científica ecuatoriana, investigadores, estudiantes de colegios y universidades, así como también para las comunidades costeras y público en general, lo cual permitirá conocer y alertarnos sobre los potenciales peligros de la contaminación y bioacumulación de mercurio y COPs en la red trófica marina del Golfo de Guayaquil con implicaciones para la salud pública y ambiental.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo de George H. Biedenbach (Georgia Aquarium and Maryneland, Estados Unidos) por su experiencia y trabajo de campo en la toma de biopsias, Acuario de Carolina del Sur (South Carolina Aquarium, Estados Unidos), Ph.D. Windsor Aguirre (De Paul University), la beca Fullbright otorgada a la Ph.D. Patricia Fair (Medical University of South Carolina, Estados Unidos) y al Ministerio de Ambiente por otorgar el permiso de investigación correspondiente (N.- 029-2017-IC-FLO/FAU-DPAG/MAE). Los autores también agradecen las valiosas sugerencias y ediciones vertidas al artículo por Ph.D. Judith Denkinger (Universidad San Francisco de Quito) y Ph.D. Nikita Gaibor (Instituto Nacional de Pesca).

REFERENCIAS

Alava, J.J. and Ross, P. S. (2018). Pollutants in tropical marine mammals of the Galapagos Islands, Ecuador: An Ecotoxicological Quest to the Last Eden (Chapter 8). pp. 213-234. In: *Marine Mammal Ecotoxicology: impacts of multiple stressors on population health*. Fossi, C. and Panti, C. (Eds.). Elsevier/Academic Press. London, UK.

Alava, J.J., Denkinger, J., Jiménez, P.J., Carvajal, R., Salazar, S. (2017). Population Status, Anthropogenic Stressors and Conservation of the Galapagos Fur Seal (*Arctocephalus galapagoensis*): An Overview. pp. 120-131. In: *Tropical Pinnipeds: Bio- Ecology, Threats and Conservation*. Alava, J.J. (Ed.). CRC Press and Taylor & Francis Group. Boca Raton, FL, USA.

Alava, J.J., Palomera, C., Bendell, L., Ross, S.P. (2014). Pollution as a threat for the conservation of the Galapagos Marine Reserve: Environmental Impacts and Management Perspectives. pp. 247-283. In: *The Galapagos Marine Reserve: A dynamic socio-ecological system*. Vinuesa, L. & Denkinger, J. (Eds.). ©Springer Science and Business Media, New York.

Alava, J.J. and Gobas, F.A.P.C. (2012). Assessing Biomagnification and Trophic Transport of Persistent Organic Pollutants in the food chain of the Galapagos sea lion (*Zalophuswollebaeki*): Conservation and Management Implications. pp. 77-108. In: Romero, A. and Keith, E. O. (Eds.), *New Approaches to the Study of Marine Mammals*. InTech, Croatia.

Alava, J.J., Ross, P. S., Ikonoumou, M. G., Cruz, M., Jimenez-Uzategui, G., Salazar, S., Costa, D. P., Villegas- Amtmann, S., Howorth, P., Gobas, F.A.P.C. (2011). DDT in endangered Galapagos Sea Lions (*Zalophuswollebaeki*). *Marine Pollution Bulletin* 62: 660-671.

Alava, J.J.; Ikonoumou, M. G., Ross, P. S.; Costa, D. P., Salazar, S., Auriolles-Gamboa, D., Gobas, F.A.P.C. (2009). Polychlorinated biphenyls and polybrominated diphenyl ethers in Galapagos sea lions (*Zalophuswollebaeki*). *Environmental Toxicology and Chemistry* 28 (11):2271-2282.

- Barrett-Lennard, L., Smith, T.G. and Ellis, G.M. (1996). A cetacean biopsy system using lightweight pneumatic darts, and its effect on the behavior of killer whales. *Marine Mammal Science* 12(1):14-27.
- Bossart, G.D. (2006). Marine mammals as sentinel species for oceans and human health. *Oceanography* 19(2): 134-137.
- Burrell G, Seibert F. (1914). Experiments with small animals and carbon monoxide. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 6:241-4.
- Calle, P. and Alava, J.J. 2009. Coastal chemical pollution at continental Ecuador: The case of the Gulf of Guayaquil. In: Book of Abstracts, IX Congress of the Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC LA) and the II Peruvian Congress of Ecotoxicology and Environmental Chemistry (SETAC PERU) – International Meeting “Ecotoxicology and Social Responsibility” October 05-09, 2009. SETAC Perú. Lima, Perú. *The Biologist* 7 (1-2):13.
- Calle, P., Monserrate, L., Medina, F., Calle Delgado, Tirapé, A., Montiel, M., Ruiz Barzola, M., Alvarado-Cadena, O., Domínguez, G.A., and 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: 365–373.
- Castro, Í.B., Arroyo, M.F., Costa, P.G. and Fillmann, G. (2012). Butyltin compounds and imposex levels in Ecuador. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 62(1): 68-77.
- Eschner, K. (2016). The Story of the Real Canary in the Coal Mine. December 30, 2016 Smithsonian.com. Recuperado de: <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/story-real-canary-coal-mine-180961570/>.
- Fernández-Cadena, J.C., Andrade, S., Silva-Coello, C.L. and De la Iglesia, R. (2014). Heavy metal concentration in mangrove surface sediments from the north-west coast of South America. *Marine Pollution Bulletin* 82(1-2): 221-226.
- Fruet, P.F., Dalla Rosa, L., Genoves, R.C., Valiati, V.H., De Freitas, T.R.O. and Möller, L.M. (2016). Biopsy darting of common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in southern Brazil: evaluating effectiveness, short-term responses and wound healing. *Latin American Journal of Aquatic Mammals* 11(1-2): 121-132. <http://dx.doi.org/10.5597/lajam0022>.
- INOCAR. (2008). Estudio de Impacto Ambiental para los trabajos de dragado permanente del canal de acceso al Puerto Marítimo de la ciudad de Guayaquil. Instituto Oceanográfico de la Armada. Guayaquil, Ecuador.
- Jefferson, T.A., Hung, S.K. (2008). Effects of biopsy sampling on Indo-Pacific humpback dolphins (*Sousa chinensis*) in a polluted coastal environment. *Aquatic Mammals* 34: 310-316.
- Jiménez, P.J. and Alava, J.J. (2015). Strand-feeding by coastal bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Gulf of Guayaquil, Ecuador. *Latin American Journal of Aquatic Mammals* 10(1): 33-37.
- Jiménez, P.J., Alava, J.J. (2014). Population Ecology and Anthropogenic Stressors of the Coastal Bottlenose Dolphin (*Tursiops truncatus*) in the El Morro Mangrove and Wildlife Refuge, Guayaquil Gulf, Ecuador: Toward Conservation and Management Actions. pp. 129-163. In: Samuels, J.B. (Ed.). *Dolphins: Ecology, Behavior and Conservation Strategies*. Series: Marine Biology. Nova Science Publishers.

- Jiménez, P., Alava, J.J., Castro, C., Denkinger, J., Haase, B., Utreras, V. and Tirira, D.G. (2011). Delfín nariz de botella, *Tursiops truncatus*. Pp. 239-240. In: Tirira, D.G. (Ed.) *Libro rojo de los mamíferos de Ecuador*. 2da edición. IUCN. Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE), Fundación Mamíferos y Conservación, Ministerio del Ambiente (MAE), Quito, Ecuador. 2nd edition.
- Kiszka, J., Simon-Bouhet, B., Charlier, F., Pusineri, C. and Ridoux, V. (2010). Individual and group behavioural reactions of small delphinids to remote biopsy sampling. *Animal Welfare* 19(4): 411-417.
- Krützen, M., Barré, L.M., Möller, L.M., Heithaus, M.R., Simms, C. and Sherwin, W.B. (2002). A biopsy system for small cetaceans: darting success and wound healing in *Tursiops* spp. *Marine Mammal Science* 18(4):863-878.
- Marley, S.A., Kent, C.S. and Erbe, C. (2017). Occupancy of bottlenose dolphins (*Tursiops aduncus*) in relation to vessel traffic, dredging, and environmental variables within a highly urbanised estuary. *Hydrobiologia* 792(1): 243-263.
- Montaño, M., Resabala, C. 2005. Pesticidas en sedimentos, aguas, y organismos de la Cuenca del Río Taura. *Revista de Ciencias Naturales y Ambientales* 1: 93–98.
- National Research Council (2005). *Marine mammal populations and ocean noise: Determining when noise causes biologically significant effects*. National Academies Press. Washington, DC.
- New, L. F., Harwood, J., Thomas, L., Donovan, C., Clark, J. S., Hastie, G., Thompson, P. M., Cheney, B., Scott-Hayward, L. and Lusseau, D. (2013). Modelling the biological significance of behavioural change in coastal bottlenose dolphins in response to disturbance. *Functional Ecology* 27: 314–322.
- Parsons, K.M., Durban, J.W. and Claridge, D.E. (2003). Comparing two alternative methods for sampling small cetaceans for molecular analysis. *Marine Mammal Science* 19(1): 224-231.
- Pirotta, E., Laesser, B.E., Hardaker, A., Riddoch, N., Marcoux, M. and Lusseau, D. (2013). Dredging displaces bottlenose dolphins from an urbanised foraging patch. *Marine Pollution Bulletin* 74: 396-402.
- Proaño M.C. (2016). Análisis espacial de concentraciones de metales pesados en agua y sedimentos de la Reserva Ecológica Manglares de Churute. Trabajo de Titulación Especial para el grado de Master en Ciencias. Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Ramón-Jibaja, C.A. (2018). Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Construcción, Operación, Mantenimiento, Cierre y Abandono del Dragado de Profundización y Mantenimiento del Canal de Acceso a las Terminales Portuarias Marítimas y Fluviales, Públicas y Privadas De Guayaquil. Registro N°: MAE-SUIA- 0516-CI. M.I. Municipalidad de Guayaquil, Guayaquil. 545p.
<https://guayaquil.gob.ec/Documents/ambiente/Estudio%20de%20Impacto%20Ambiental.pdf>
- Rodríguez A. (2006). Contaminación por residuo de hidrocarburo del petróleo en el puerto marítimo de Guayaquil y su área de influencia debido a actividades navieras, periodo 1984 al 2004. *Acta Oceanográfica del Pacífico*: 103 (1).
- Spencer, T.D. (1962). Effects of carbon monoxide on man and canaries. *Annals of Occupational Hygiene* 5: 231-234.
- Tabor, G.M. and Aguirre, A.A. (2004). Ecosystem health and sentinel species: adding an ecological element to the proverbial “canary in the mineshaft”. *Eco Health* 1(3): 226-228.

Tezanos-Pinto, G. and Baker, C.S. (2012). Short-term reactions and long-term responses of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) to remote biopsy sampling, New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 46:1, 13-29, DOI:10.1080/00288330.2011.583256.

Todd, V.L., Todd, I.B., Gardiner, J.C., Morrin, E.C., MacPherson, N.A., DiMarzio, N.A. and Thomsen, F. (2015). A review of impacts of marine dredging activities on marine mammals. ICES Journal of Marine Science 72(2): 328-340.

Wells, R.S., Rhinehart, H.L., Hansen, L.J., Sweeny, J.C., Townsend, F.I., Stone, R., Casper, D.R., Scott, M.D., Hohn, A.A. and Rowles, T.K. (2004). Bottlenose dolphins as marine ecosystem sentinels: developing a health monitoring system. Eco-Health 1:246-54.

Whitehead, H., Gordon, J., Mathews, E. and Richard, K. (1990). Obtaining skin samples from living sperm whales. Marine Mammal Science 6(4): 316-326. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1748-7692.1990.tb00361.x>.