www.ambientico.una.ac.cr

ISSN 1409-214X • #264 • Enero-Marzo 2018

AMBIENTICO

Revista trimestral sobre la actualidad ambiental

Avances en la implementación del plan de gestión ambiental de la Terminal de Contenedores de Moín

Editorial
El desarrollo responsable de infraestructura en Costa Rica

Jaime Echeverría-Bonilla
Presentación

Omar G. Lizano Rodríguez
La dinámica de las corrientes marinas frente al Caribe de Costa Rica

Luis G. Fonseca, Jaime Echeverría-Bonilla
APM Terminals y la protección de la tortuga baula en playa Moín

María Cristina Solano Ramírez, Guillermo González Trejos
Caracterización de las aguas subterráneas para el área de ubicación del campamento de la Terminal de Contenedores de Moín

Marlon Salazar Chacón
Gestión ambiental: Fauna y flora indicadoras del estado de los ecosistemas en las *áreas* de influencia del proyecto de la Terminal de Contenedores Moín de APM Terminals

Marisol Amador-Caballero, Jaime Echeverría-Bonilla, Frank Garita-Alpízar, Javier Rodríguez-Fonseca
Monitoreo de cetáceos en el Caribe Central de Costa Rica

OTROS TEMAS
Eliécer Duarte González
Tres años de actividad freato-magmática intermitente del volcán Turrialba: desde la apertura del conducto a las consecuencias socio-económicas

SECCIÓN: ACTUALIDAD LEGAL
María Virginia Cajiao
Proyecto de Ley de Combustibles (N° 20.641)

AMBIENTICO
Revista trimestral sobre la actualidad ambiental

AVANCES EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN AMBIENTAL DE LA TERMINAL DE CONTENEDORES DE MOÍN

AMBIENTALES UNA

UNA UNIVERSIDAD NACIONAL COSTA RICA

Director y editor: Sergio A. Molina-Murillo
Consejo editor: Manuel Argüello, Wilberth Jiménez, Luis Poveda
Asistencia y administración: Sharon Rodríguez Brenes.
Diseño, diagramación e impresión: Programa de Publicaciones, UNA
Fotografía de portada: Cetáceos en el área del proyecto TCM. Fotografía cortesía de Frank Garita.
Teléfono: 2277-3688. **Fax:** 2277-3289
Apartado postal: 86-3000, Costa Rica
Correo electrónico: ambientico@una.cr
Sitio web: www.ambientico.una.ac.cr

Ambientico, revista trimestral sobre la actualidad ambiental costarricense, nació en 1992 como revista impresa, pero desde hace varios años también es accesible en internet. Si bien cada volumen tiene un tema central, sobre el que escriben especialistas invitados, en todos ellos se trata también otros temas. *Ambientico* se especializa en la publicación de análisis de la problemática ambiental costarricense -y de propuestas sobre cómo enfrentarla- sustentados en información primaria y secundaria, aunque asimismo se le da cabida a ejercicios meramente especulativos. Algunos abordajes de temas que trascienden la realidad costarricense también tienen lugar.

< >

Sumario

Editorial
El desarrollo responsable de infraestructura en Costa Rica 2

Jaime Echeverría-Bonilla
Presentación 4

Omar G. Lizano Rodríguez
La dinámica de las corrientes marinas frente al Caribe de Costa Rica 6

Luis G. Fonseca, Jaime Echeverría-Bonilla
APM Terminals y la protección de la tortuga baula en playa Moín 13

María Cristina Solano Ramírez, Guillermo González Trejos
Caracterización de las aguas subterráneas para el área de ubicación del campamento de la Terminal de Contenedores de Moín 21

Marlon Salazar Chacón
Gestión ambiental: Fauna y flora indicadoras del estado de los ecosistemas en las *áreas* de influencia del proyecto de la Terminal de Contenedores Moín de APM Terminals 26

Marisol Amador-Caballero, Jaime Echeverría-Bonilla, Frank Garita-Alpízar, Javier Rodríguez-Fonseca
Monitoreo de cetáceos en el Caribe Central de Costa Rica 33

OTROS TEMAS
Eliécer Duarte González
Tres años de actividad freato-magmática intermitente del volcán Turrialba: desde la apertura del conducto a las consecuencias socio-económicas 40

SECCIÓN: ACTUALIDAD LEGAL
María Virginia Cajiao
Proyecto de Ley de Combustibles (N° 20.641) 49

Normas mínimas para la presentación de artículos a *Ambientico* 51

El desarrollo responsable de infraestructura en Costa Rica

En el año 2011 la compañía holandesa APM Terminals obtuvo la concesión del Estado para diseñar, construir, financiar y operar la nueva Terminal de Contenedores de Moín (TCM). Una vez concluido —con cerca de US$ 1 000 millones invertidos— será uno de los proyectos de infraestructura que pretende mejorar la logística comercial internacional y ayudar a la creciente industria de las exportaciones agrícolas y del sector manufacturero. Aunque estas, y posiblemente otras inversiones adicionales en infraestructura para conectar al puerto con la red vial nacional, contribuyan a una más eficiente logística comercial, los impactos ambientales deben abordarse seriamente para que los beneficios totales (económicos, sociales, ambientales) sean mayores que los costos totales de implementación del proyecto.

Desde el punto de vista socioeconómico se espera que Limón y el país se beneficien. El 7,5 % de los ingresos brutos de la TCM irán a la Junta de Administración Portuaria y Desarrollo Económico de la Vertiente Atlántica (JAPDEVA), lo que según un estudio de la Academia Centroamericana, podría significar cerca US$ 1 000 millones a lo largo de la concesión, y que según la Ley General de Concesiones, deberá utilizarse para el desarrollo específico de la región Caribe. Además, se espera influya en la creación de miles de empleos en todo el país y una mayor producción. Sin embargo, se advierte que estas expectativas requerirán también mayor eficiencia municipal y aprovechamiento del potencial turístico que posee la ciudad y provincia de Limón.

Desde la perspectiva ambiental los retos para la provincia de Limón son múltiples, con cantones que resaltan

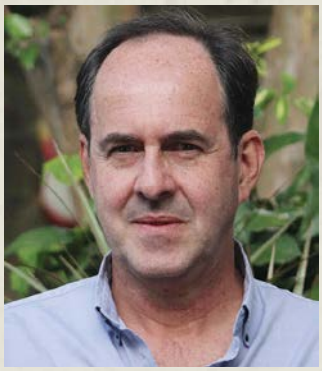
en la materia entre los más rezagados del país. Conservar la biodiversidad de sus ecosistemas, mantener la integridad ambiental de sus actividades productivas, disminuir su vulnerabilidad ante las inundaciones y desarrollar una cultura ambiental, son parte del desafío que enfrenta la zona en el marco de oportunidades que ofrece el proyecto.

Pero para el proyecto el componente ambiental no ha transcurrido sin controversia. Desde finales del 2013 algunas personas solicitaron a la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA) no dar la viabilidad técnica argumentando que la solicitud del estudio no tenía los requisitos para la magnitud de la obra. Aunque en el 2014 se presentaron más de 400 observaciones al Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) original, todas fueron subsanadas en el Anexo Único y finalmente SETENA otorgó la viabilidad ambiental.

Desde el año 2015, el Centro Científico Tropical (CCT) ha tenido la responsabilidad de ejecutar la regencia ambiental del proyecto Terminal de Contenedores Moín, la cual consiste en la verificación del cumplimiento de las medidas de mitigación y de los compromisos ambientales adquiridos por la empresa APM Terminals. Además, el CCT ejecuta el Plan de Gestión Ambiental (PGA), el cual se desarrolla a través de diferentes programas de monitoreo específicos en el área de influencia del proyecto y sobre los cuales se presentan algunos avances en este número de la revista.

Con décadas de retraso, es claro que el desarrollo de la provincia de Limón y del país requiere de importantes inversiones en infraestructura. Sin embargo, la implementación de cada una de ellas debe ocurrir bajo un modelo de sostenibilidad de clase mundial, no solo para darle credibilidad al modelo de concesiones de obra pública, sino para asegurar un desarrollo equilibrado y responsable con el ambiente, y propiciando oportunidades para los más vulnerables de la sociedad costarricense. Especialmente por quienes viven en la provincia de Limón, esperamos que este sea el caso.

Presentación



Coordinador Plan de Gestión Ambiental de la Terminal de Contenedores de Moín, Centro Científico Tropical-CCT (jaimeecheverria@gmail.com)

Jaime Echeverría-Bonilla

El Centro Científico Tropical (CCT), con un equipo de más de 20 especialistas en diversas áreas, elaboró el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del Proyecto Terminal de Contenedores de Moín, desarrollado por APM Terminals. Este proyecto, con una inversión de US$ 1 000 millones aproximadamente, permitirá a Costa Rica contar con un puerto de clase mundial en el Caribe, que entre otros beneficios, mejorará la logística comercial, promoverá el crecimiento económico, y propiciará un incremento en el desarrollo social en la región a partir de la generación de empleos y el desarrollo comercial conexo.

Una vez que se aprobó el EIA por la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA), a inicios del 2015, inició la implementación del Plan de Gestión Ambiental (PGA). Este plan incluye más de 20 programas, algunos relacionados con la mitigación del impacto ambiental, como el manejo de desechos sólidos, y otros con la compensación ambiental, como el Programa de Conservación de Tortugas. Otros incluyen arrecifes artificiales, educación ambiental, plan de manejo adaptativo, monitoreo complementario, manejo de

Volver al índice

desechos líquidos, salud, verificación de impactos positivos. Ya se han presentado a SETENA más de 30 informes de regencia ambiental en donde se explica con mucho detalle las labores llevadas mes a mes como parte de la gestión ambiental del proyecto.

Desde que se desarrolló una línea base en 2012, se ha acumulado una gran cantidad de información científica para la zona costera de Limón. En este número de *Ambientico* presentamos cinco ejemplos de los avances que el Centro Científico Tropical, contratado por APM Terminals para la ejecución del PGA, está realizando en el desarrollo de este proyecto. Aunque en el futuro se espera publicar más información, estos ejemplos son una muestra de dichos avances.

- *Oceanografía*: se presenta información acerca de las características del mar, las corrientes, el fondo marino y sus interacciones en el área aledaña al proyecto.
- *Tortugas:* se describe el programa de conservación de tortugas y sus principales logros.
- *Geología:* se describen aspectos geomorfológicos del área y sus relaciones con el proyecto.
- *Manglares*: se presentan resultados parciales y preliminares del monitoreo que se realiza en este particular ecosistema.
- *Cetáceos*: también se presentan los avances del monitoreo que se están desarrollando con estos mamíferos marinos.

ISSN 1409-214X. Enero-Marzo 2018. Ambientico 265. Artículo 1 | Pp. 6-12|

La dinámica de las corrientes marinas frente al Caribe de Costa Rica

Omar G. Lizano Rodríguez

Regente en oceanografía para el Centro Científico Tropical (CCT) en el proyecto de la terminal de contenedores de Moín de APM Terminals (omarglizano@gmail.com)

Las costas orientales de Costa Rica son parte de la porción extrema del mar Caribe noroccidental (**Figura 1**). La plataforma continental frente a Nicaragua es amplia, con una gran cantidad de islas y cayos, mientras que la plataforma frente a Limón es más bien angosta, su talud es de pendiente pronunciada y con una orientación noroeste-sureste. El poco ancho de esta plataforma hace suponer que existe una fuerte influencia oceánica sobre el comportamiento de las aguas costeras, y que muchos procesos que se originan fuera de la plataforma continental tienen su impacto directo sobre algunas propiedades físicas del agua de mar en zonas netamente litorales, particularmente aquellos que modulan la circulación y sus procesos productivos.

Las cartas de corrientes superficiales del océano Atlántico tropical indican que el flujo que resulta de la confluencia de la Corriente de Guyana (CG) y la Corriente Norecuatorial se bifurca justo antes de llegar a las Antillas Menores (Gallegos y Czintron, 1997). Un flujo se dirige hacia el norte por fuera del arco antillano y se le denomina Corriente de Antillas (**Figura 2**). El otro flujo penetra al mar Caribe a través

Volver al índice

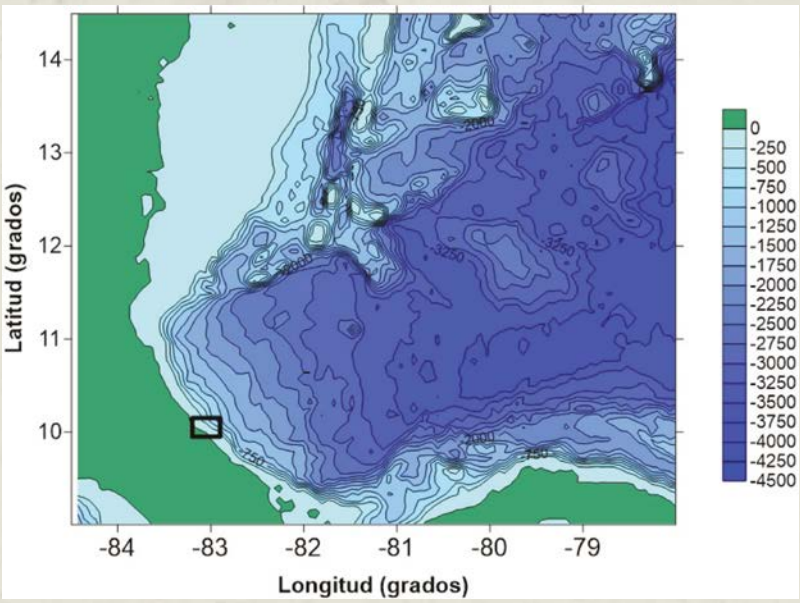


Figura 1. Batimetría (m) del Caribe frente a las costas de Costa Rica, Nicaragua y Panamá

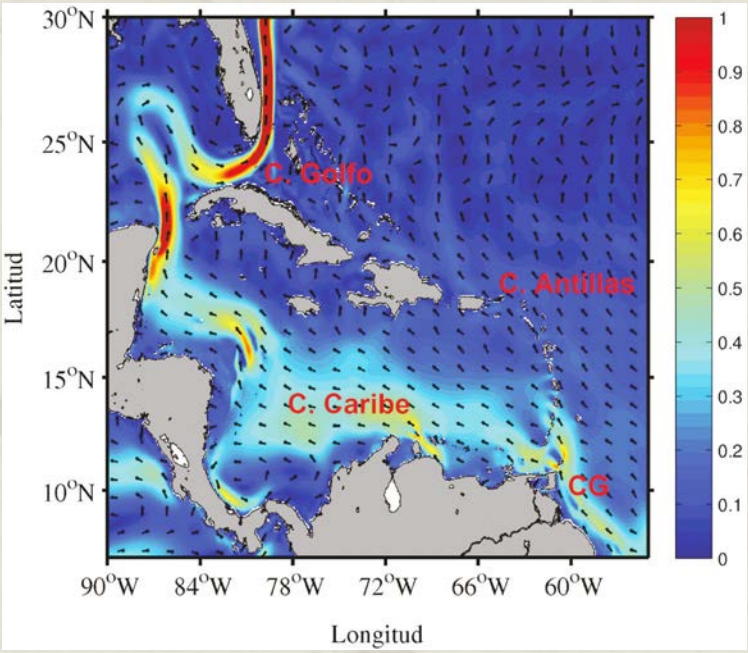


Figura 2. Patrón climático de las corrientes marinas (m/seg) en el Caribe Centroamericano. Promedios de reanálisis de HYCOM (https://hycom.org/) entre 1997 y 2012

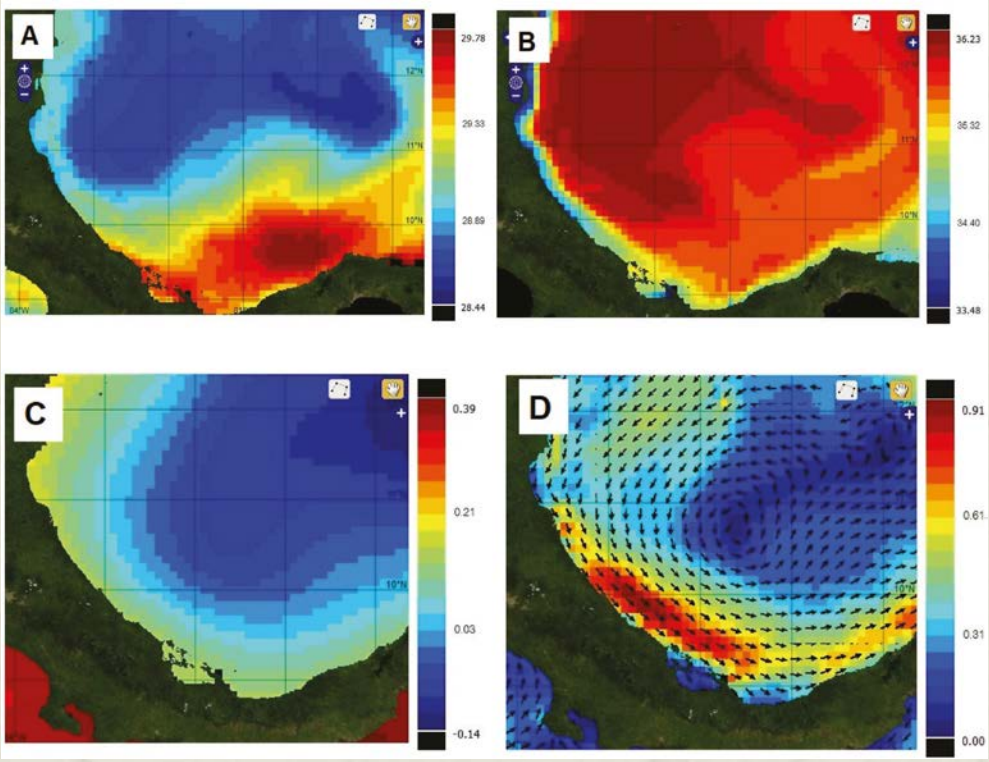


Figura 3. (A) Magnitudes (m/seg) y vectores de la dirección de las corrientes superficiales; **(B)** altura (m) del nivel del mar; **(C)** temperatura superficial en grados centígrados, y **(D)** salinidad superficial (psu), frente a Limón el 27 de julio del 2017. Datos obtenidos desde la base de datos de Copernicus: The European Earth Observation Programm (http://marine.copernicus.eu)

de los diversos pasos entre las Antillas Menores y se le conoce como Corriente del Caribe, y que más adelante llega a formar la Corriente del Golfo, la más intensa de nuestro planeta (Knauss, 1976).

Los vientos que soplan sobre el mar Caribe fuerzan una circulación superficial particular en los primeros 200 m de la columna de agua, de manera que los movimientos ageostróficos que se observan en la corriente son el resultado del esfuerzo del viento y de la interacción con la plataforma continental (Knauss, 1978: Klemas, 2012).

El área adyacente a las costas caribeñas de Costa Rica, está bajo la influencia de una circulación ciclónica (movimiento antihorario) que se extiende hasta Colombia (**Figura 3**), una característica que prevalece durante prácticamente todo el año (Molinari et al., 1981; Kinder, 1983; Andrade, 2000). Esto significa que las aguas superficiales sobre el borde de la plataforma continental del caribe costarricense presentan un movimiento hacia el sur-sureste.

La principal razón dinámica que justifica este patrón frecuente de corrientes marinas al frente de nuestra costa

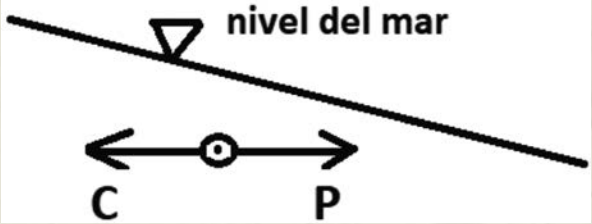


Figura 4. Nivel del mar frente a Limón y el equilibrio geostrófico entre la fuerza de Coriolis (C) y la fuerza de Presión (P). El círculo con el punto entre las dos fuerzas, significa una corriente perpendicular a ambas, saliendo del plano, que aplicado a nuestro caso, sería un flujo hacia sureste al frente de Limón

caribeña, se puede identificar desde la distribución espacial de densidad de las aguas (Klemas, 2012; Steward, 2008) en frente a esta región, la cual produce una diferencia de altura de nivel del mar, generado por la distribución de la temperatura y salinidad del agua, como se muestra en la **Figura 3**.

La rotación ciclónica (en contra de las manecillas del reloj) de las corrientes que muestra la **Figura 3A**, que es una corriente geostrófica en agua profunda (Knauss, 1972), está en relación con la distribución de la altura del nivel del mar que muestra la **Figura 3B**. Esta superficie es más alta sobre los bordes costeros desde Nicaragua hasta Panamá, y más baja hacia el interior del Caribe. Esta elevación de la superficie del mar hacia la costa, justifica el patrón de corrientes que se dan en la zona. Aunque como lo señala Gordon (1967), en el Caribe es probable que no halla un flujo geostrófico puro debido a la influencia del viento. El flujo geostrófico se da con el equilibrio entre la fuerza del gradiente de presión (que lo produce el levantamiento hacia la costa de la superficie del agua), y la fuerza de Coriolis (fuerza de rotación de la tierra). Una aproximación a ese equilibrio solo se logra generando una corriente al suroeste frente a Limón, como se esquematiza en la siguiente **Figura 4**.

Como parte del Plan de Gestión Ambiental de la construcción de la Terminal de Contenedores de Moín, que lleva a cabo el Centro Científico Tropical (CCT), con el apoyo de APM Terminals, se instaló un correntímetro (ADCP) Argonaut XR de 750Khz, en los alrededores de una boya de anclaje a unos 15 m de profundidad (**Figura 5**), frente a las instalaciones de APM y a unos 2,3 km de la playa.

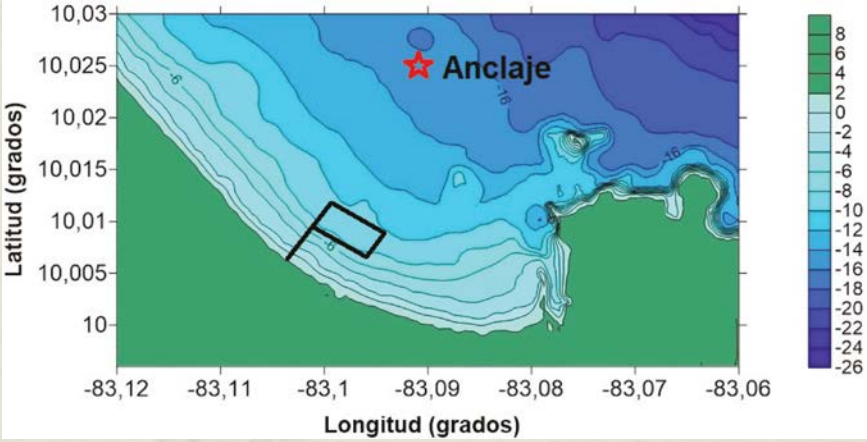


Figura 5. Batimetría (m) frente a Moín y posición de anclaje del correntímetro

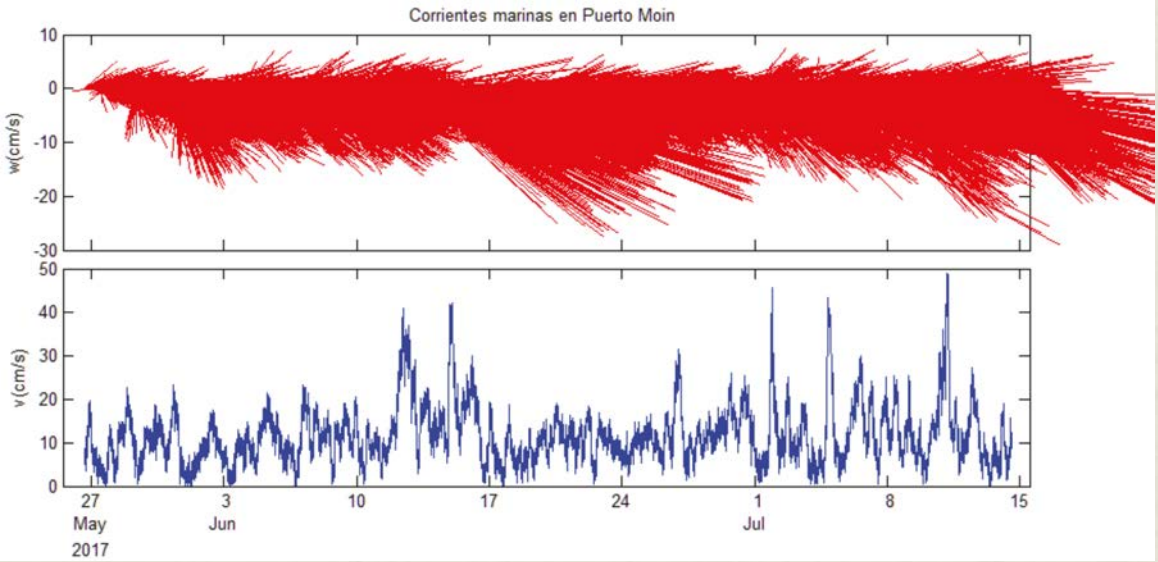


Figura 6. Vectores y magnitud (cm/seg) de la corriente del ADCP anclado en Moín entre mayo y julio del 2017

El correntímetro se programó para empezar mediciones el 26 de mayo del 2017 hasta el 17 de julio del 2017. Obtuvo 14 077 valores con promedios cada 5 minutos en intervalos de 10 minutos. El análisis de los datos de corrientes marinas del ADCP se resume en la **Figura 6**.

Es claro de las gráficas anteriores que la dirección de las corrientes es mayoritariamente hacia el sureste, con magnitudes que no superan los 0,5 m/seg. Este mismo patrón se ha encontrado en otras ocasiones, como se reportó en Lizano (2016) y CCT (2014). Para comparación de corrientes mar adentro con las corrientes costeras, se consultó para ese mismo período los resultados de re-análisis de modelos numéricos (**Figura 7**).

Desde la variación temporal de las series de las **Figuras 6 y 7**, se puede identificar un patrón de variación similar. Los resultados del modelo Copernicus indican una dirección de corrientes a partir del 3 de mayo con componente siempre noreste y reproduce muy bien el máximo de corrientes que midió el ADCP (**Figura 6)** alrededor del 12 a 16 de julio. Se evidencia además, que las corrientes en agua profunda (**Figura 7**) son de mayor magnitud que las corrientes costeras (**Figura 6**), las cuales disminuyen su intensidad (casi en un 50%) al tener fricción con el fondo marino (Klemas, 2012; Steward, 2008).

Las corrientes marinas al frente de Limón tienen un giro ciclónico permanente prácticamente todo el año, que dirige las aguas con dirección sureste frente a la costa. Aunque se han observado corrientes hacia el noroeste, lo hace en períodos cortos, por lo que, en un análisis climatológico de las corrientes, nunca

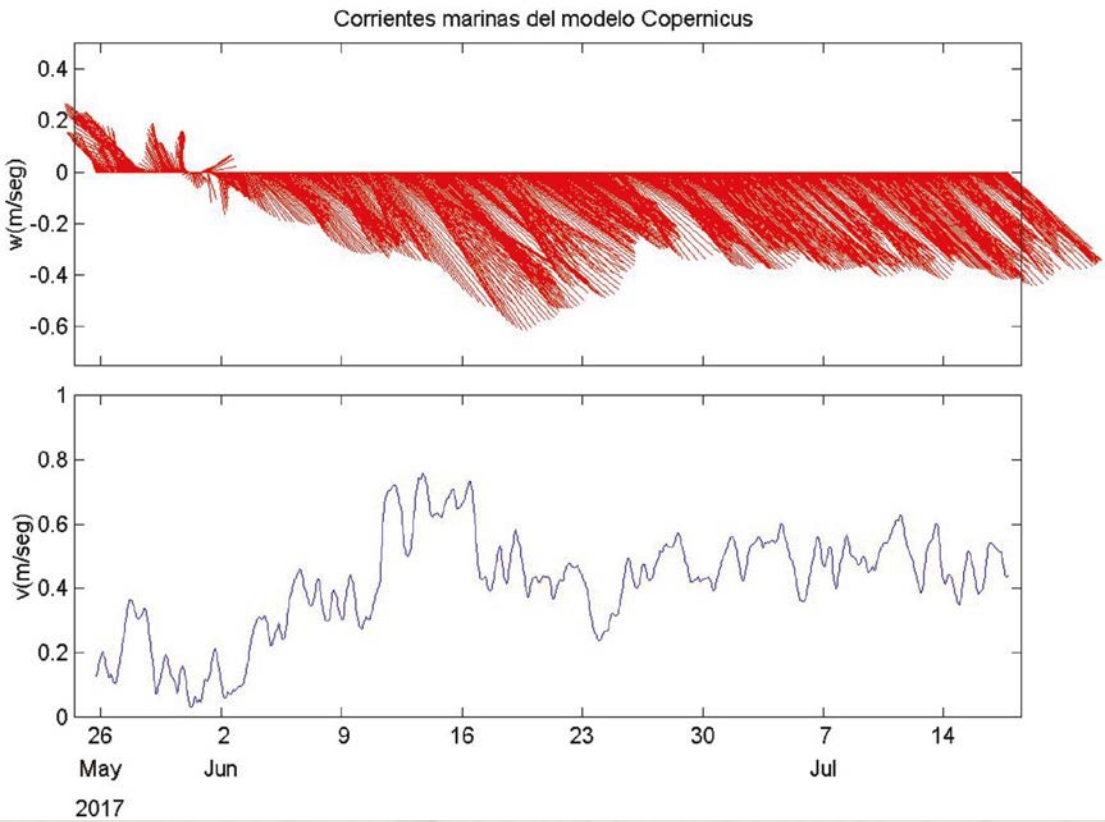


Figura 7. Serie de tiempo de los vectores (arriba) y la magnitud (m/seg) (abajo) de las corrientes marinas horarias mar adentro (-83,09 W, 10,07 N) del modelo numérico Global Ocean 1/12° Physics Analysis and Forecast updated Daily de Copernicus para los días 26 de mayo al 17 de julio del 2017. (http://marine.copernicus.eu/services-portfolio/access-to-products)

aparecen estos eventos. La batimetría forma parte de esta dinámica, dado que la plataforma continental es sumamente angosta frente a Limón y la alcanzan rápidamente las aguas de mar adentro. Las descargas de agua dulce de los ríos que desembocan en la costa del Caribe, como el San Juan, Parismina, Matina, Moín, Banano, La Estrella y Sixaola, algunos otros de Panamá, y el Río Magdalena en Colombia, aportan aguas cálidas y menos densas sobre el borde costero, por lo que la superficie del mar se levanta sobre estas zonas. Aguas más salinas y frías mar adentro, genera el gradiente o elevación del nivel del mar necesario para que se desarrolle una corriente marina hacia el sureste, y se establezca el giro ciclónico como se explicó anteriormente. La medición de corrientes con instrumentos cerca de la costa es coherente con los estudios climatológicos de las mismas, y que además, son coherentes con los resultados de los modelos numéricos de última

generación. Adicionalmente, el conocimiento y monitoreo de estas corrientes permiten dar seguimiento de los compromisos ambientales como parte del Plan de Gestión Ambiental (PGA) de la construcción de la Terminal de Contenedores de Moín presentado ante la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA) y ser usadas en los demás estudios sedimentológicos, químicos y biológicos en la zona.

Referencias

Andrade, C.A. (2000). Eddy development and motion in the Caribbean Sea. *J. of Geophys. Res*. 105, (C11), 26,191-26,201.

CCT [Centro Científico Tropical]. (2014). Estudio de impacto ambiental del proyecto Terminal de Contenedores de Moín. APM Terminal Moín S.A. Informe no publicado.

Gallegos, A. y Czintron, S. (1997). Aspectos de la Oceanografía Física Regional del Mar Caribe. Contribuciones a la Oceanografía Física en México. Monografía No. 3, Unión Geofísica Mexicana. 225-242.

Gordon, A.L. (1967). Circulation of the Caribbean Sea. *J. of Ghephys*. Res. 72 (24), 607-6223.

Kinder, T. H. (1983). Shallow currents in the Caribbean Sea and Gulf of Mexico as observed with satellite-tracked drifters. *Bull. Mar. Sci.,* 33, 239–246.

Klemas, V. (2012). Remote Sensing of Coastal and Ocean Currents: An Overview. *J. of Coastal Res*. 28(3), 576–586. DOI: 10.2112/JCOASTRES-D-11-00197.1

Knauss, J. (1976). Introduction to Physical Oceanogrphy. (2 ed.). New York, EEUU: Prentice Hall.

Lizano, O. G. (2016). ANEXO 1. Resultados del análisis de datos del correntímetro y anemómetro de la boya CR6 y de la estación meteorológica en el Centro Ambiental del Centro Científico Tropical (CCT) en Moín. Informe no publicado.

Molinari, R. L., Spillane, M., Brooks, I., Atwood, D. y Duckett, C. 1981. Surface currents in the Caribbean Sea deduced from Lagrangian observations. *J. Geophys. Res*. 86, 6537–6542.

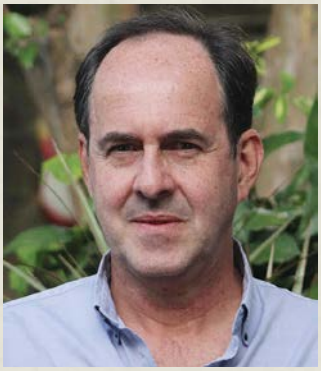
Steward, R.H. (2008). Introduction to Physical Oceanography. https://archive.org/details/IntroductionToPhysicalOceanography

ISSN 1409-214X. Enero-Marzo 2018. Ambientico 265. Artículo 2 | Pp. 13-20|

APM Terminals y la protección de la tortuga baula en playa Moín

Administrador del Programa de Conservación de Tortugas (luisfonsecalopez@gmail.com)

Luis G. Fonseca y Jaime Echeverría-Bonilla



Coordinador Plan de Gestión Ambiental de la Terminal de Contenedores de Moín, Centro Científico Tropical-CCT (jaimeecheverria@gmail.com)

Volver al índice

A lo largo de las playas del Caribe de Costa Rica anidan cuatro especies de tortugas marinas: carey (*Eretmochelys imbricata*), baula (*Dermochelys coriacea*), verde (*Chelonia mydas*) y cabezona (*Caretta caretta*) (Ordoñez *et al.*, 2007, Chacón-Chaverri & Eckert, 2007). Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), la carey se encuentra catalogada como en *peligro crítico*, mientras que las restantes en *peligro* por la UICN, dado el grado de impacto de sus poblaciones a nivel mundial (IUCN, 2017). En las playas de anidación, la principal amenaza para todas las especies es el saqueo de huevos para la comercialización, dado su alto valor en el mercado negro. Durante el 2017 una docena de huevos se comercializaba en $10, con potencial alto de ganancias si consideramos que una tortuga puede poner más de 70 huevos por nidada.

En playa Moín ocurre principalmente la anidación de tortuga baula entre febrero y agosto, siendo abril y mayo los meses con mayor anidación. Aunque anecdóticamente esta playa era considerada como un sitio importante para la tortuga baula, no fue sino hasta el 2012 en que se realizó

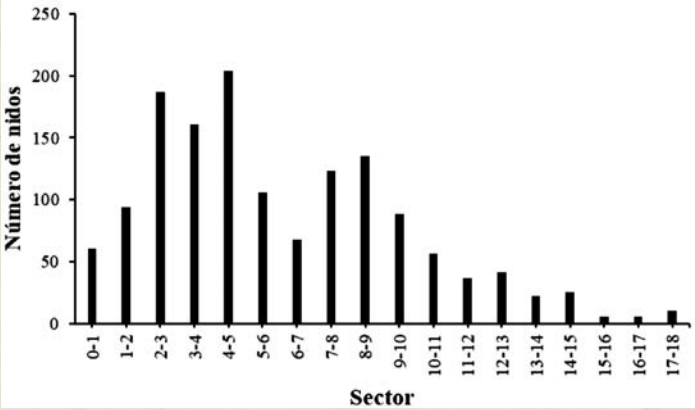


Figura 1. Distribución horizontal de la anidación de tortuga baula en Playa Moín, durante la temporada 2012. La TCM se localiza entre el kilómetro 15 y 16

el primer censo sistemático de los nidos como parte del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) que realizó el Centro Científico Tropical (CCT) para la Terminal de Contenedores de Moín (TCM). Entre marzo y agosto de 2012 se registraron 1 425 nidadas de tortuga baula en playa Moín, superando a otras playas de importancia como: Gandoca, Cahuita, Pacuare y Tortuguero. Llamó la atención que el 95 % de los huevos de tortuga eran saqueados por hueveros de la zona.

Además, en el EIA se determinó que la ubicación de la TCM no coincide con la zona de mayor anidación de las baulas en playa Moín. El 86 % de las anidaciones de tortuga baula ocurre en una sección de 10 km de longitud ubicada unos 7 km al norte de la TCM (**Figura 1**). Posiblemente, la luz que genera el muelle de JAPDEVA en la actualidad, así como las casas y negocios alrededor de la playa, sea la razón por la cual las tortugas baula utilizan en menor frecuencia esta sección costera.

Una vez que arrancó el Proyecto TCM en febrero de 2015, inició el Programa de Conservación de Tortugas, como parte del Plan de Gestión Ambiental (PGA). Este plan contempla la protección de huevos de tortugas marinas y la liberación de neonatos, sobre la franja de playa que va desde la desembocadura del río Moín hasta la desembocadura del río Matina (aproximadamente 18 km de playa). Con este fin se estableció un vivero en playa Moín donde se llevan las nidadas que se rescatan (**Figura 2**). Específicamente, este programa está ligado al compromiso ambiental de mitigar y compensar los posibles impactos del proyecto, aunque como se describió antes, la situación de la tortuga baula en el área donde se construiría el proyecto (cerca del puerto actual) era precaria. Prácticamente la totalidad de los huevos eran robados

Figura 2. Vista del vivero tipo terraza construido en Playa Moín, Limón, Costa Rica

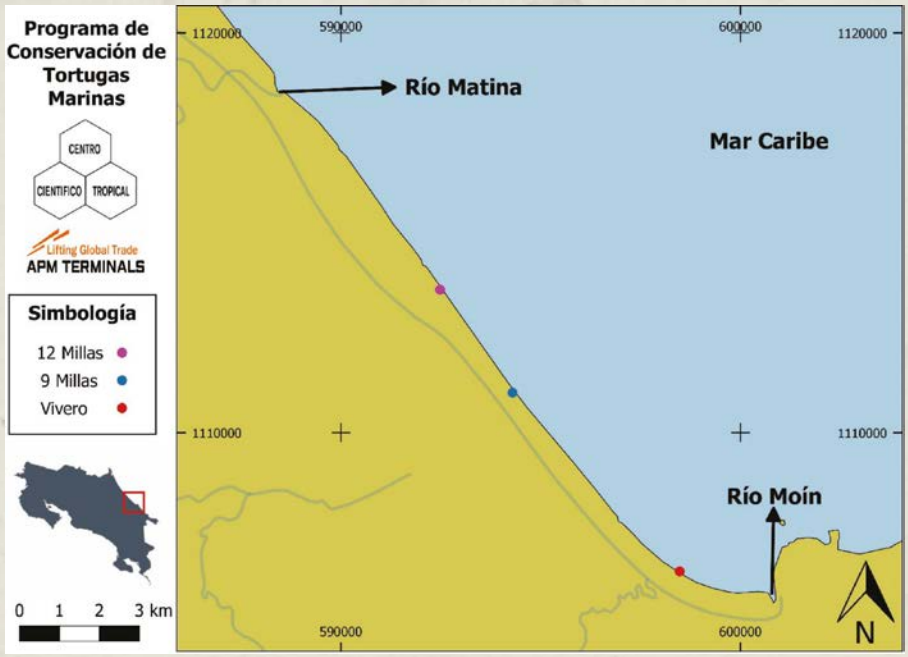


Figura 3. Límites geográficos del Programa de Conservación de Tortugas Marinas de Playa Moín

y vendidos, por lo que la línea base en tortugas para la sección suroeste de playa Moín era nula. Es decir, que desde el punto de vista de la compensación ambiental, este programa es muy positivo, ya que sus beneficios netos sobrepasan a la situación original (sin proyecto).

El PGA tiene una duración de 36 meses de construcción y consta de tres actividades principales:

- Un "Centro de Rescate y Rehabilitación patrocinado por APM Terminals S.A. y administrado por una ONG la cual se encargará de este centro y el programa de vigilancia en temporada de anidación de las tortugas."
- Vigilancia nocturna que consistirá en "...un programa nocturno que cubrirá la playa de Moín desde la Terminal hasta la desembocadura del río Matina. Incluirá 2 vigilantes contratados y personal voluntario en coordinación con la policía local."
- Cuidado de los nidos y liberación de tortugas mediante "la protección en un área controlada los nidos que los vigilantes recogieron durante la noche en temporada de anidación. Esto permite reducir el impacto del saqueo y aumentar el porcentaje de sobrevivencia de neonatos de tortugas".

Playa Moín se ubica entre los distritos de Carrandí, cantón de Matina y el distrito único de Limón, cantón Central de Limón en la provincia de Puerto Limón, Costa Rica. La playa tiene una extensión de 18 km y abarca desde la margen sur de la bocana del río Matina hasta la desembocadura del río Moín (**Figura 3**). Los patrullajes nocturnos se concentraron entre la desembocadura del río Matina y el sector de 9 Millas, incluyendo 12 Millas. Esto debido a que históricamente se ha documentado que esta zona de la

playa es la que presenta la mayor parte de la anidación de tortuga baula. El vivero de incubación se ubicó en el extremo sur de la TCM.

Se realizaron patrullajes nocturnos a largo de la playa, con un equipo técnico y profesional liderado por funcionarios del CCT, quienes fueron apoyados por dos agentes de la compañía de seguridad K9 (aportados por APM Terminals), dos funcionarios de la Fuerza Pública o Policía de Fronteras y seis asistentes de investigación vecinos de las comunidades de Moín, 9 Millas y 12 Millas. Para maximizar la protección de nidadas, se utilizaron dos cuadraciclos, y dos vehículos, en donde un asistente de investigación es acompañado por uno o dos funcionarios de la Fuerza Pública.

Cada tortuga observada en la playa fue identificada de acuerdo a la presencia de marcas metálicas en sus aletas posteriores o marcas internas en su hombro derecho denominados PIT. En los casos en donde las tortugas no presentaron estas marcas, se procedió a la colocación de las mismas. En el caso de las marcas metálicas, se instalaron durante la fase de camuflaje de la nidada. Mientras que el PIT se inyectó durante el proceso de desove, previo a la puesta de al menos 10 huevos. Previo a cada marcaje se desinfectó el área de marcaje con vanodine o alcohol.

En todo momento el personal de campo que manipuló las tortugas o los huevos, utilizó guantes de látex para evitar una zoonosis o una contaminación de los huevos. Al momento en que la tortuga inició el desove de los huevos, se colocó una bolsa de plástico de alta densidad dentro del nido, de donde se recogieron directamente los huevos de la tortuga. Posteriormente, cuando la tortuga empezó a tapar la nidada, se procedió rápidamente a retirar la bolsa, y colocarla en un recipiente, con arena húmeda en el fondo. Esto con el fin de mantener una temperatura constante. Luego se procedió a relocalizar los huevos en el vivero.

En el vivero se construyó un nido similar al que realiza la tortuga baula, con forma de bota, a una profundidad aproximada de 75 cm. Después inició el trasplante de los huevos, que comenzó con la siembra de los huevos fértiles y luego los vanos. Al momento de enterrar los huevos se contó el número de huevos fértiles y vanos. Posteriormente, los huevos fueron cubiertos con arena húmeda y se compacto levemente.

Se construyó un vivero para la incubación de los huevos de tortuga, el cual se ubicó al costado sur de la Terminal de Contenedores de Moín. Se construyó un vivero tipo terraza, el cual consiste en ingresar arena en una caja de madera, colocada sobre la playa. Se colocó arena a una altura de al menos un metro, sobre el nivel actual de piso. Además, se colocó una barrera de piedras de gran tamaño, que sirvieron de rompeolas para reducir la velocidad de las olas sobre el vivero, en momentos de mareas anormales. La caja se construyó con tablas de formaleta ancladas a postes de pino. La arena que se colocó dentro de la caja fue llevada por un

Figura 4. Zona del vivero de tortugas marinas que fue cubierta con sarán al 80 %, playa Moín, Limón

tractor, y fue removida del espejo de agua dejado por la acción de las mareas.

El vivero construido tuvo espacio para relocalizar 200 nidadas de manera simultánea. Para llevar un orden sobre las áreas para relocalizar huevos, el vivero se dividió en cuadrículas de 0,75 m de lado. Estas divisiones se delimitaron con un mecate de nylon. Asimismo, un tercio de los espacios disponibles del vivero fueron cubiertos con un sarán de 80 % con el fin de producir sombra y reducir la temperatura de incubación para propiciar la producción de neonatos machos (**Figura 4**).

Luego de los 60 días de incubación se realizó la exhumación de las nidadas. Se contabilizaron las cáscaras, neonatos vivos, neonatos muertos, huevos con desarrollo y sin desarrollo. El porcentaje de emergencia se determinó como: PEM = (N – M) / H * 100, donde N= número total de neonatos, M= número de neonatos muertos encontrados en la columna de arena y H= número de huevos con y sin desarrollo (Chacón *et al*., 2007).

Una vez que los neonatos emergieron a la superficie, fueron colocados en un recipiente de plástico color negro, el cual tenía arena húmeda en el fondo. El recipiente fue tapado con paño oscuro, para que las tortugas bajaran su metabolismo y por ende el gasto energético. La liberación de los neonatos se realizó después de las 17:00 h, a unos 4 km al norte de la TCM. Durante las liberaciones participaron distintas personas de la sociedad civil, tales como: vecinos, empleados de la APM Terminals y sus subcontratistas, escolares, colegiales, Fuerza Pública, Policía de Fronteras.

Durante los años 2015-2017 se lograron proteger 648 nidadas de tortuga baula, siendo el año 2017 en donde logró proteger la mayor cantidad con 246 nidadas (**Cuadro 1**). En total se protegieron 48 264 huevos fértiles y 21 768 huevos infértiles. Estas nidadas produjeron 27 919 neonatos de tortuga baula, que fueron liberadas al mar. Debido a causas naturales y antrópicas no todas regresarán a Moín. En unos 15 años aproximadamente se espera que un porcentaje desconocido de estas regrese, cuando hayan alcanzado la madurez sexual (Chacón & Eckert, 2007).

Cuadro 1. Resumen de las nidadas de tortuga baula protegidas en playa Moín

Año	Nidadas protegidas	Huevos fértiles	Huevos infértiles	Neonatos liberados	% de emergencia
2015	225	16 265	7 098	11 386	70,00
2016	177	13 758	5 715	4 866	36,79
2017	246	18 241	8 955	11 667	63,96
Total	648	48 264	21 768	27 919	56,92

Los resultados registrados durante estos tres años, confirman que la anidación de la tortuga baula en playa Moín no se ha visto afectada por la construcción de la TCM. Igualmente, los resultados observados confirman que las nidadas de tortuga baula siguen siendo amenazadas por el saqueo de huevos por seres humanos. Esto confirma la importancia del Programa de Conservación de Tortugas Marinas, incluido en el PGA de la TCM y ejecutado por el Centro Científico Tropical (CCT) en alianza con APM Terminals, Fuerza Pública de Costa Rica y el Área de Conservación La Amistad Caribe (ACLAC) del Ministerio de Ambiente y Energía. Sin dicho programa el 100 % de los huevos depositados por las tortugas marinas terminarían en el mercado negro, alimentando el comercio local. Este problema no solo ocurre en playa Moín, sino también en otras playas del Caribe de Costa Rica, como Tortuguero, Parismina y Pacuare, en donde los proyectos de conservación de tortugas deben de competir cada noche con los saqueadores de huevos, para llegar primero a la tortuga y proteger los huevos.

Para implementar el Programa de Conservación de Tortugas Marinas, se ha requerido de la participación de actores estratégicos, como la Fuerza Pública y la Policía de Fronteras (**Figura 5**), quienes cada noche han dado custodia a los asistentes de investigación. Igualmente, se han capacitado seis personas vecinos de las comunidades de Moín, 9 Millas y 12 Millas como asistentes de investigación. La gran mayoría de estos asistentes eran saqueadores de huevos, quienes ahora han cambiado esta práctica en favor de

Figura 5. Trabajo conjunto con Fuerza Pública

Figura 6. Liberación de tortuguitas por parte de los niños de la escuela de Moín

la conservación de las tortugas marinas. Esto sin duda ha sembrado una semilla de esperanza en las personas de las comunidades, ya que muchos otros vecinos desean incorporarse al programa.

Con el fin de diseminar los resultados del programa, y además generar un efecto educativo durante las liberaciones de tortuguitas han participado más de 3 000 personas. Esta ha sido muy amplia e incluye las comunidades aledañas a la TCM, empleados de APM Terminals y sus proveedores, funcionarios de la Fuerza Pública, Policía de Fronteras, Ministerio de Ambiente y Energía, Ministerio de Educación Pública, así como estudiantes de escuelas y colegios. La experiencia es muy emotiva y crea un vínculo entre las personas y las tortugas marinas, que esperamos que a mediano y corto plazo derive en un cambio en la cultura tradicional y disminuya la demanda por huevos y carne de tortuga. Es más, la protección y liberación de tortugas, bien establecida y regulada, podría eventualmente establecerse como una actividad de turismo sostenible y como un negocio en la zona.

Cuando se compara la situación de la tortuga baula en Moín antes y después de la construcción del proyecto, es claro que hay una gran mejora. Sin proyecto TCM, la realidad era un saqueo generalizado de cerca de un 95 % de los nidos. Con proyecto TCM, en este corto tiempo se han liberado cerca de 25 000 tortugas al ecosistema (**Figura 6**). Además, se han concientizado muchas personas acerca de la importancia de este recurso natural y de cómo una tortuga vale más viva que muerta. No obstante, eso no es suficiente.

Se necesita también la colaboración activa de las instituciones, incluyendo el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), las universidades, Ministerio de Educación (MEP), el Instituto Costarricense de Turismo (ICT) y muchas más para crear un ambiente propicio que permita hacer realidad esta visión. Todavía hay capacidades ausentes en el perfil de la población local, en temas como la administración de negocios y dominio del idioma inglés.

Si se logra comprender a la tortuga como una generadora de ingreso sostenible que vale más viva que muerta, sería posible que sus poblaciones se mantengan en el futuro. Y no por la venta de huevos, sino por el desarrollo de actividades turísticas como la observación de tortugas, en donde los visitantes contraten a la gente local como guías, y generen ingresos en hospedaje y alimentación. Sin duda alguna, este turismo de bajo impacto, será la mejor estrategia de desarrollo sostenible y conservación de las tortugas marinas en playa Moín.

Referencias

Centro Científico Tropical [CCT]. (2014). Plan de Gestión Ambiental del Proyecto Terminal de Contenedores de Moín.

Chacón-Chaverri, D. & Eckert, K. L. (2007). Leatherback Sea Turtle Nesting to Gandoca Beach in Caribbean Costa Rica: Management Recommendations from Fifteen Years of Conservation. *Chelonian Conservation and Biology*, 6,101-110.

Chacón, D., Sánchez, J., Calvo, J. J. & Ash, J. (2007). Manual para el Manejo y la Conservación de las Tortugas Marinas en Costa Rica, con Énfasis en la Operación de Proyectos en Playa y Viveros. San José: Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE).

IUCN (2016). IUCN Red List of Threatened Species. IUCN Global Species Programme Red List Unit, UK: s.n.

Ordoñez, C., S. Troëng, A. Meylan, P. Meylan & A. Ruiz. (2007). Chiriqui Beach, Panama, the Most Important Leatherback Nesting Beach in Central America. *Chelonian Conservation and Biology,* 6, 122-126.

ISSN 1409-214X. Enero-Marzo 2018. Ambientico 265. Artículo 3 |Pp. 21-25|

Caracterización de las aguas subterráneas para el área de ubicación del campamento de la Terminal de Contenedores de Moín

María Cristina Solano Ramírez
Guillermo González Trejos

Consultora para el CCT y Regente ambiental para la Terminal de Contenedores de Moín-TCM (crissolanor@yahoo.es)

Consultor para el CCT (ggontre@yahoo.com)

Para la obtención de la viabilidad ambiental del proyecto de construcción de la Terminal de Contenedores de Moín (TCM), se estableció la línea base 1, mediante la revisión de fuentes secundarias y la línea base 2, según ensayos de laboratorio y trabajos de campo, que permitieron conocer el estado ambiental de las áreas del proyecto (AP), áreas de influencia directa (AID) y áreas de influencia indirecta (AII). Una vez obtenida la viabilidad ambiental, el Centro Científico Tropical (CCT) fue seleccionado para llevar el *seguimiento ambiental* de la etapa de construcción de la TCM.

Desde el año 2012 se realizan pruebas, monitoreos y observaciones, necesarias para identificar si alguno de los parámetros seleccionados y dimensionados en el Plan de Gestión Ambiental (PGA), ha sido afectado.

En este sentido, se efectúan mediciones y controles indicativos y periódicos para el monitoreo de la calidad de las aguas superficiales, de la bahía, del río Moín y las subterráneas. Parte de los resultados obtenidos se muestran en este trabajo.

Volver al índice

La TCM, ha requerido para su construcción, el levantamiento de un campamento logístico y habitacional, que se ubicó dentro de una franja de terreno de aproximadamente 10 hectáreas, entre la margen izquierda del río Moín y la línea de costa, 2 km hacia el noroeste de la plaza de Moín.

En este sitio, durante estos tres últimos años, además de las áreas de acopio de roca, de equipo, de maquinaria y el campamento habitacional, se ha mantenido en funcionamiento: la concretera, la planta de tratamiento, las oficinas y los talleres de soldadura, armadura y mantenimiento de equipo y maquinaria.

Físicamente, la franja de terreno tiene un ancho máximo, hasta la margen izquierda del río Moín, de 415 m, en el sector oeste (área de concretera) y 110 m en su extremo este (donde se ubican los sitios de acopio de material y equipo).

El área forma parte de un cordón litoral, que incluye el cauce del río Moín. Se sobrepone a la llanura aluvial, unidad que se extiende hacia el sur, poco más allá de la ruta 32, hasta el pie de los cerros y lomas locales. Hacia el este, la llanura aluvial incluye, el área donde se ubica la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE) y la ruta 240. El río Moín, aguas arriba de la confluencia con el río Blanco, es un canal, dragado con el propósito de sacar las aguas hacia el este.

La secuencia estratigráfica local incluye una cobertura superior de arena media a arena limosa y limo, con fragmentos de conchas, seguida, por arena media a gruesa, con conchas y fragmentos de conchas y cuerpos coralinos aislados. El espesor de esta primera unidad varía de 10,9 a 24,7 m. Sobreyacen interestratificaciones de arcilla, limos arcillosos y arena arcillosa con espesor de 16 a 24 m. El basamento local es una roca sedimentaria, de grano fino (limolita), cuyo nivel superior se ubica entre 24,7 a 54 m de profundidad (GeoStratu Consultores S.A., 2013). Esta estratigrafía es concordante con la descrita para los pozos RB-140 y RB-94 (SENARA, 2013, base de datos), ambos ubicados hacia el este y sur, respectivamente, de Sandoval.

El nivel de agua subterránea, dentro del sector ocupado por los campamentos, se ubica a una profundidad que varía entre 0,3 a 1,1 m, en arenas medias a muy finas. Para los pozos del sector sureste (RB-140 y RB-94), el nivel se ubica a 8 y 19,3 m, dentro de arenas. Guzmán (2006), indica para el plantel de RECOPE, profundidades variables entre 0,77 y 2,01 m.

El trazo de isopotenciales para el área bajo consideración, muestra un gradiente hidráulico local de 0,0033 m/m, con dirección hacia el noreste. Esto implica que, para la zona del campamento, el acuífero subsuperficial descarga hacia el mar. La investigación geofísica realizada dentro del área de concretera, permitió determinar presencia de agua salobre e intrusión salina, a una profundidad variable de 10,9 m y 26,7 m. Para la capa no saturada, la conductividad hidráulica se determinó en 19,1 m/d y la porosidad en 34 %. Para el caso de la zona saturada, la

conductividad hidráulica es de 91,7 m/d y la porosidad de 26 % (Solano, 2013).

La calidad de agua subterránea, durante el establecimiento de la línea base (LB-II, 2012), se determinó sobre una muestra de agua, obtenida del piezómetro instalado dentro del área de concretera. Los resultados se presentan en el **Cuadro 1** y se comparan con el rango de valores determinados, en las aguas del piezómetro, durante la construcción y con los valores recomendados y máximos establecidos en el decreto Nº 32327-S del Ministerio de Salud.

Cuadro 1. Muestras tomadas del piezómetro ubicado en concretera

Parámetro de calidad	Rango (Construcción)	Línea base (LB-II)	Límites (Decreto No. 32327-S, 2005)	
			Recomendado	Máximo
Temperatura agua, ºC	25,3 a 29,5	ND *	18	30
pH	7,10 a 7,64	8,08	6,5	8,5
Color aparente, mg/L (uPt-Co)	< 0,1 a 226	2	5	15
Turbidez, UNT	0,08 a 3,87	0,5	< 1	5
Olor	Aceptable	ND	Aceptable	Aceptable
Sabor	Aceptable	ND	Aceptable	Aceptable
Conductividad eléctrica, µS/cm	368 a 414	454	400	NA
Dureza total $CaCO_3$, mg/L	160 a 213	236	400	500
Cloruros (Cl^-), mg/L	3,2 a 8,2	5,2	25	250
Fluoruros (F^-), mg/L	< 0,01 a 0,18	ND	NA	0,7
Nitratos (NO_3), mg/L	< 0,01 a 2,62	< 0,3	25	50
Sulfatos (SO_4^{-2}), mg/L	< 0,01 a 2,00	ND	25	250
Aluminio (Al^{+3}), mg/L	0,065 a 0,29	ND	0,2	NA
Calcio (Ca^{+2}), mg/L	12,5 a 20,4	21,8	100	NA
Magnesio (Mg^{+2}), mg/L	31,3 a 38,8	44,0	30	50
Sodio (Na^+), mg/L	4,30 a 6,74	12,9	25	200
Potasio (K^+), mg/L	1,55 a 4,56	4,40	NA	10
Hierro (Fe), mg/L	0,027 a 0,202	< 0,04	NA	0,3
Manganeso (Mn), mg/L	0,088 a 0,211	ND	0,1	0,5
Zinc (Zn), mg/L	0,007 a 0,149	ND	NA	3
Cobre (Cu), mg/L	< 0,033 a 0,007	ND	1,0	2,0
Plomo (Pb), mg/L	< 0,009 a 0,049	ND	NA	0,01
Nitritos (NO_2^-), mg/L	< 0,001 a 0,006	< 0,400	0,1	3
Amonio (NH_4^+), mg/L	< 0,01 a 0,08	ND	0,05	0,5
Arsénico (As), mg/L	< 0,005	ND	0,005	NA
Cadmio (Cd), mg/L	< 0,002 a 0,005	ND	NA	0,003
Cromo (Cr), mg/L	< 0,0067 a 0,0019	ND	0,007	NA
Níquel (Ni), mg/L	< 0,003 a 0,003	ND	NA	0,02
Antimonio (Sb), mg/L	< 0,003 a 0,007	ND	0,003	NA
Selenio (Se), mg/L	< 0,007	ND	0,007	NA
Cianuro CN-	< 0,001	ND	NA	0,05
Sólidos totales disueltos (STD), mg/L	164 a 266	ND	NA	1000

Parámetro de calidad	Rango (Construcción)	Línea base (LB-II)	Límites (Decreto No. 32327-S, 2005)	
			Recomendado	Máximo
Sulfuro de hidrógeno (H_2S), mg/L	< 0,001 a 0.006	ND	NA	0,05
Coliformes fecales (CT), NMP / 100 mL	Ausente a 22	3 500	Ausente	Ausente
Escherichia coli (*E. coli*), NMP / 100 mL	Ausente a 22	33	Ausente	Ausente
* ND = No hay dato				

Con el propósito de monitorear la calidad de las aguas subterráneas en el área de campamentos, actualmente se realizan ensayos físicos, químicos y bacteriológicos en un piezómetro y dos pozos, cuya localización y características se presentan en el **Cuadro 2**.

Cuadro 2. Localización y características del piezómetro y los dos pozos de muestreo

Nombre del pozo	Localización	GPS	Hora de muestreo	Distancia del suelo a la superficie del pozo (m)	Prof del agua del pozo (m)	pH	Temperatura del agua (°C)
Piezómetro	Concretera	597596/1107099	11:30	1,42	5,6	7,58	29,4
Pozo No. 1	Noroeste AP	597298/1107569	10:20	1,67	1	7,8	25,4
Pozo No. 2	Sureste AP	598940/1102314	12:30	1,6	0,72	7,28	27,1

Durante el periodo correspondiente a la construcción de la TCM, se han realizado seis muestreos de las aguas subterráneas. El primero se realizó el 16 de julio de 2015, el segundo el 19 de noviembre de 2015; el tercero el 04 de febrero de 2016, el cuarto el 25 de agosto de 2016; el quinto el 19 de enero de 2017 y el último, los días 19 y 20 de julio del 2017. Los resultados de algunos muestreos indican que los metales pesados aluminio, magnesio, hierro y antimonio se presentaron en cantidades un poco mayores que el valor recomendado o la cantidad máxima admisible, lo que posiblemente sea una condición natural de las aguas de esta área, o bien procedente de la utilización de agroquímicos, en las cuencas de los ríos que desembocan en el río Moín. Esto por cuanto no existe alguna evidencia que indique que tales metales pesados podrían provenir de contaminaciones dentro del proyecto. El *cadmio* apareció presente en el piezómetro en cuatro de los seis muestreos, en cantidades mayores que las máximas permisibles. Esto indica una posible contaminación de las aguas, por acciones antropogénicas. Debe tomarse en cuenta que el cadmio fue un elemento químico que apareció presente en el levantamiento de la línea base II, en las aguas del río Moín en cantidades bastante por encima de los límites máximos permisibles. En el penúltimo muestreo, en las aguas analizadas del piezómetro y de los dos pozos, se detectó la presencia de

titanio, lo que se interpreta como una contaminación procedente de alguna fuente externa, puesto que se presenta tanto en el piezómetro como en los dos pozos situados fuera del área de la concretera. En lo que respecta a *otros contaminantes*, las relativamente pequeñas contaminaciones encontradas en las aguas subterráneas monitoreadas, tales como hidrocarburos, acetona, metales pesados, pareciera que se han producido paulatinamente durante varios años.

En lo que respecta a contaminación bacteriana, la misma sobrepasa los límites recomendados y permisibles para agua potable.

Se concluye entonces que, el acuífero local subsuperficial, se desarrolla dentro de depósitos no consolidados, es de tipo libre, y con un espesor del manto de agua dulce del orden de 9,7 a 26,9 m.

De acuerdo con los análisis efectuados, las aguas de este acuífero han sido afectadas desde hace muchos años, como consecuencia del establecimiento de grandes industrias, el trasiego de combustibles —dado al alto tráfico de lanchas— así como el uso inapropiado de los suelos y plaguicidas en las fincas y potreros que rodean las cuencas de los ríos que confluyen al río Moín.

La contaminación con metales pesados, combustibles y contaminación bacteriológica, así como las enormes cantidades de sedimentos que son arrastradas por el río Moín, son aspectos que no solamente afectan el desarrollo de la vida acuática en el área del proyecto, sino que pueden llegar a afectar la salud humana y la del ecosistema costero y encarecer las labores de dragado y limpieza.

Con el propósito de mejorar la calidad de las aguas presentes y el entorno ambiental de Moín, se recomienda realizar una acción conjunta entre las entidades establecidas en esta área costera, tales como la Junta de Administración Portuaria y de Desarrollo Económico de la Vertiente Atlántica (JAPDEVA), RECOPE, el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), el Instituto Costarricense de Turismo (ICT), el Ministerio de Agricultura (MAG), municipalidades y otras entidades públicas y privadas, dirigida al buen manejo agronómico y forestal de los suelos y los plaguicidas, las aguas residuales y los desechos sólidos que afectan la integridad de este ecosistema.

Referencias

GeoStratu Consultores S.A. (2013). Estudio geofísico de resistividad eléctrica para el sitio de Campamento de APM en Moín, provincia de Limón. San José, Costa Rica. Informe interno para APMT.

Guzmán, G. (2006). Estudio de contaminación por hidrocarburos tipo Btex, en el plantel de Recope, Moín, Limón. Tesis de Posgrado. Universidad de Costa Rica, San José.

Ministerio de Salud. (2005). Decreto Nº 32327-S. Reglamento para la Calidad de Agua Potable. San José, Costa Rica.

Servicio Nacional de Riego y Avenamiento [SENARA]. (2013). Registro de pozos. Hoja Río Banano, escala 1: 50000. IGN.

Solano, C. (2013). Estudio Hidrogeológico Terminal de Contenedores Moín, Limón. CCT, Informe interno para APMT. San José, Costa Rica.

ISSN 1409-214X. Enero-Marzo 2018. Ambientico 265. Artículo 4 |Pp. 26-32|

Consultor ambiental y profesor universitario (marlonsch@gmail.com)

Gestión ambiental: Fauna y flora indicadoras del estado de los ecosistemas en las áreas de influencia del proyecto de la Terminal de Contenedores Moín de APM Terminals

Marlon Salazar Chacón

Como parte de los compromisos socioambientales suscritos por la empresa desarrolladora de la nueva Terminal de Contenedores en Moín ante la Secretaria Técnica Nacional Ambiental (SETENA), se desarrolla en la actualidad y desde la entrada en vigencia de los compromisos suscritos en el año 2014 (diciembre), un plan integral de gestión ambiental (PGA), que incluye el seguimiento o estudio de las condiciones de la flora y fauna asociadas al río Moín, desde el área de su desembocadura hasta unos 5,5 Km aguas arriba.

El equipo multidisciplinario que conforma la regencia ambiental del proyecto liderado por el Centro Científico Tropical (CCT) en coordinación con el desarrollador APM Terminals, despliega toda una serie de subprogramas ambientales como educación ambiental, monitoreo de la flora y fauna del manglar, el rescate de tortugas marinas, apoyo social a comunidades, entre otros. En este artículo se describen aspectos importantes del monitoreo de la flora y fauna y se citan algunos de los principales hallazgos acerca de las especies investigadas durante el proceso de regencia ambiental.

Volver al índice

Costa Rica presenta una gran biodiversidad, cerca del 4 % del total esperado para el mundo entero. Gracias a los diferentes ecosistemas presentes en un territorio tan pequeño, podemos disfrutar de multitud de flora y fauna, aspecto que de alguna forma también facilita su estudio y observación.

En el caso de las áreas de influencia del proyecto de APM Terminals en Moín, se están llevando a cabo estudios de seguimiento del estado de la flora y fauna locales asociadas al río Moín, su desembocadura, sectores aguas arriba de esta y áreas de bosques ribereños. Mediante el uso de parcelas de estudio se verifican las condiciones de los hábitats ribereños (manglares y zonas de bosques), evaluando su crecimiento y productividad primaria, además de estudiar las comunidades de animales asociadas a esos entornos, reportados en el estudio de impacto del proyecto.

Dentro de esta llamativa diversidad se han registrado más de 180 especies de plantas, entre árboles, arbustos y hierbas que son comunes en el área, más de 140 especies de aves tanto residentes como especies migratorias (es ruta de paso de gavilanes y rapaces durante el invierno del norte del continente), 25 entre anfibios y reptiles, 21 mamíferos terrestres y voladores (murciélagos); y destaca, dentro de las 4 especies de crustáceos (cangrejos) más comunes asociados a las zonas del río Moín, el Cangrejo Azul o Jaiba (*Callinectes sapidus*) que es una especie muy apetecida por la gente local (utilizada en comidas típicas como la sopa de mariscos y el rondón).

Dentro de las aguas del río Moín y tributarios que desembocan en éste, como el río Blanco, se han encontrado más de 14 especies de peces, entre ellas: mojarras, bagres, sardinas y las comunes olominas en las aguas dulces y alejadas de la desembocadura. La diversidad aumenta si consideramos las áreas cercanas a la costa con condiciones salobres, pues se mezclan especies del litoral y del río encontrándose más de 45 diferentes como: róbalos, roncadores, pargos, jureles y lisas.

En cuanto a la flora, en las zonas de las riberas del río Moín, en esta sección de la costa caribeña, podemos encontrar pequeños parches de manglar compuesto principalmente por mangle rojo (*Rhizophora mangle, R. racemosa,* ver **Figura 1***)* y mangle blanco (*Laguncularia racemosa*),

Figura 1. Vista panorámica del manglar ribereño (*Rhizophora sp.*), río Moín, Limón, Costa Rica

Figura 2. Caimán juvenil (*Caiman crocodilus,* CITES II) sobre ribera del manglar, río Moín, Limón, Costa Rica

así como mangle negro (*Avicennia germinans*). Estas asociaciones vegetales, se contemplaron como ecosistemas prioritarios de estudio y seguimiento dentro del plan de gestión ambiental, en conjunto con otras áreas boscosas secundarias con especies como el yolillo (*Raphia taedigera*), el cativo (*Prioria copaifera*, amenazado para Costa Rica) y el sangrillo (*Pterocarpus officinalis*). Estas especies conforman agregados forestales valiosos para mantener la biodiversidad, las cuales se mezclan con especies arbustivas y bajas típicas de las zonas húmedas como: palmas, helechos y heliconias de colores muy llamativos.

Una de las formas que permiten evidenciar el crecimiento del manglar a pesar de la incidencia de construcciones, usos humanos y los factores naturales, es estimar la tasa de productividad primaria. El estudio considera los parches de bosque citados (con extensiones de entre 500 m^2 a 2,5 ha de ancho) donde se ha logrado estimar hasta el momento una tasa de productividad primaria promedio de entre 2,6 y 3,6 g/m^2/día de hojarasca para las especies que ahí se desarrollan, dato relevante, pues para zonas parecidas en clima al Caribe y ubicadas en países de la región como México, Venezuela y Colombia, con las mismas especies presentes de mangle rojo se reportan valores similares (Aké *et al.,* 2006; García *et al.,* 2002; Juman, 2005) lo cual indica que los bosques de la ribera del río Moín presentan condiciones de desarrollo favorables al momento del estudio.

Lo anterior denota la importancia de seguir estudiando y conservando estos parches de bosques que constituyen barreras naturales contra tormentas y huracanes, además de ser ecosistemas que protegen y permiten la reproducción de cientos de especies de fauna antes de desarrollar su vida adulta en el mar o simplemente colonizar diferentes zonas de este ambiente tales como numerosos peces, crustáceos, anfibios, reptiles, mamíferos y aves (**Figura 2**).

Como parte del seguimiento de la fauna asociada a los ambientes marinos costeros del río Moín y sus zonas ribereñas, se identificaron especies "sombrilla" o "bandera", las cuales ocupan hábitats o espacios en los ecosistemas amplios y que sin ellas o estando afectadas,

muchas otras también se verían impactadas. Además de su amplitud de hábitat, entre los criterios considerados para seleccionar estas especies, se tomó en cuenta su estatus de conservación (especies amenazadas o vulnerables), nivel en la cadena trófica o bien por su importancia socioeconómica y ambiental. Dichas especies son consideradas indicadores claves de la salud de los ecosistemas, y una alteración en sus poblaciones o comportamientos habituales podrían alertar ante una afectación o daño ambiental.

Estas especies indicadoras permiten determinar afectaciones en la fauna y así tomar las medidas de mitigación inmediatas pertinentes, pues el peligro para los demás componentes de la cadena trófica podría ser directo y grave. Es oportuno aclarar que el plan lleva a cabo monitoreos de la fauna en general en los diferentes ecosistemas expuestos, no obstante, se hace énfasis en el análisis de las "especies bandera" ya que a través de ellas es posible un mejor control ante efectos directos sobre la fauna por el desarrollo de las obras de construcción de la terminal, tales como las vías de acceso, áreas de campamentos, concretera, oficinas y otras edificaciones.

Un grupo clave identificado como sombrilla en el ambiente acuático del río Moín han sido los crustáceos, y una especie en particular a mostrado mantener una población estable, pese a la gran presión de captura que se da sobre ellos en los cuatro primeros kilómetros aguas arriba a partir de la desembocadura del río en el mar. Hablamos de los cangrejos azules o jaibas (*Callinectes sapidus*), una de las especies más comunes en el área y en general en este tipo de ambientes en la región del Caribe (**Figura 3**).

Estos decápodos omnívoros se mantienen en reproducción prácticamente durante todo el año. Según los datos analizados hasta el momento para el sitio y de acuerdo a reportes en otras regiones décadas atrás, para esta especie es común un comportamiento con ciertos picos estacionales (Hines *et al.*, 1987; Milliken, 1984). Durante el estudio se han registrado semanalmente por sitio más de 305 individuos entre hembras

Figura 3. Ejemplar macho de jaiba (*Callinectes sapidus*), presente en río Moín, Limón, Costa Rica

y machos adultos y juveniles, lo anterior en franjas de aproximadamente 300 metros de largo y en perpendicular a la corriente del río con unas 15 nasas y a unos 130 cm de profundidad.

Aunque no se han completado los análisis y extrapolaciones de datos totales para una estimación precisa de la población, se calcula que al menos en los primeros 4,5 km de río desde su desembocadura pueden encontrarse densidades de más de 2 500 individuos por km según la época del año, las condiciones ambientales y humanas. Como es referido en Cellis *et al.* (2014), estas poblaciones naturales pueden tener variaciones estacionales de densidad y verse influenciadas por múltiples factores ambientales como composición físico química del agua y la disponibilidad de alimento. A partir de las observaciones y entrevistas a pescadores locales se han estimado capturas promedio de más de 100 individuos adultos en un solo día y se han llegado a observar más de 5 pescadores en un solo día en diferentes trayectos a lo largo del río, lo que a simple vista representa una gran presión para esta especie, que además de ser una fuente importante de ingresos para algunas familias en la zona, permite en un futuro ante un cambio en las condiciones naturales del río, alertar sobre cualquier efecto adverso.

Es importante seguir con el estudio de esta especie y otros crustáceos asociados, para definir en un a mediano y largo plazo acciones tendientes a mejorar los hábitos de captura por parte de la población local, instruyéndoles en temas como la liberación de juveniles y hembras con huevos, meses de picos reproductivos de la especie donde se debe controlar su captura, y en general educación ambiental orientada al mejor manejo y disposición de desechos de todo tipo que son frecuentes de ver a orillas del río y que ponen en riegos a esta y todas las especies. Se busca además asegurar la permanencia en el río de una población estable que permita seguir el curso normal de los procesos ecológicos que cumplen tales especies como la ingesta de organismos muertos (peces, camarones, caracoles), por lo que ayudan en la degradación y el retorno de esa energía al medio natural.

Otra de las especies sombrilla son los monos congos o aulladores, *Aloutta palliata* (**Figura 4**), la cual es una especie amenazada para Costa Rica y parte de las más de 21 especies de mamíferos registrados en la zona y áreas de influencia del proyecto junto con mapaches, perezosos de dos y tres dedos y ardillas, entre los más comunes. Los monos aulladores a lo largo del período de estudio se han mantenido presentes siempre tanto en las zonas de la desembocadura como dentro de los más de 4 km recorridos aguas arriba dentro del río Moín y sus diferentes entornos como en su confluencia con el río Blanco. Se han identificado claramente al menos 4 tropas diferentes con un promedio de 12 individuos por tropa, entre juveniles y adultos. Esta es una especie que fácilmente se escucha (aullido o llamado

Figura 4. Macho alfa o dominante del mono congo (*Aloutta palliata*) durante su cruce a través del manglar en las franjas ribereñas del río Moín, Limón, Costa Rica

del macho alfa) a más de 6 kilómetros de distancia, destacando como uno de los sonidos más fuertes en la naturaleza. Las tropas se desplazan siempre en horas de la mañana por los árboles del litoral del río y zonas un poco más alejadas en los parches boscosos y de manglar, para luego descansar durante las horas más calurosas del día y retomar un poco de actividad durante la tarde.

Estas familias utilizan las zonas más densas de la vegetación remanente asociada a esa zona del Caribe para su alimentación y desarrollo. Por ser una especie que se alimenta exclusivamente de plantas (hojas tiernas, frutos y flores) se convierte en dependiente de los remanentes boscosos o fragmentos existentes en esta zona del litoral para subsistir. Un estudio de Chinchilla *et al.* (2005) para esta especie a nivel nacional referente a sus parásitos intestinales, pionero para Costa Rica, señala que los monos congos son vitales para mantener el equilibrio biológico de los bosques de donde son nativos; en dicha investigación, además se concluye que son necesarios mayores análisis de sus poblaciones en materia de salud para mejorar la protección de estas especies.

Con lo anotado debe quedar claro que cualquier cambio en las condiciones de cobertura boscosa en general afecta directamente a estas poblaciones que son eje central del ecosistema en Moín. No existen estudios detallados de sus poblaciones para esta zona; por lo que se requiere investigarles más y verificar su condición en general, lo cual se tiene como un elemento clave en la gestión ambiental de la regencia.

Las acciones de gestión ambiental hasta ahora desarrolladas, en referencia a la flora y fauna del sector indicado en este artículo, han permitido verificar el estado de las condiciones naturales presentes definidas en los estudios preliminares de línea base y de impacto ambiental. El monitoreo se ha realizado desde el inicio y durante la ejecución de las diferentes obras civiles del proyecto de la nueva terminal de contenedores en Moín y responden a un plan de gestión integral que constantemente genera nuevos datos y aportes tendientes a disminuir los impactos ambientales.

Referencias

Aké-Castillo J., Vázquez, G. y López-Portillo, J. (2006). Litter fall and decomposition of Rhizophora mangle L. in a coastal lagoon in the southern Gulf of Mexico. *Hidrobiología* 559:101-111.

Celis-Sánchez, J., Estrella-Canto, A., Poot-López, G., González-Salas, C., & López-Rocha, J. (2014). Abundancia estacional de crustáceos asociados a la captura artesanal de jaiba azul (*Callinectes sapidus*) en Sisal, Yucatán, México. *Revista Ciencias Marinas y Costeras, 6*, 75-89. doi: http://dx.doi.org/10.15359/revmar.6.5

Chinchilla, M., Guerrero, O., Gutiérrez-Espeleta, G., Sánchez, R., Rodríguez, B. (2005). Parásitos intestinales en monos congo *Alouatta palliata* (Primates: Cebidae) de Costa Rica. Revista de Biología Tropical, 53 (3-4), 437-445, Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442005000200012

CITES. 2016. Apéndices I,II, y II. Disponible en www.cites.org/esp/app/apendices.php.

García-Hansen, I., Gaviria-Chiquazuque, J., Prada-Triana, M., Alvarez-León, R. (2002). Producción de hojarasca de los manglares de la Isla de San Andrés, Caribe Colombiano. Revista de Biología Tropical, 50: 273-291.

Hines, A.H., Lipcius, R.N-., Haddon, A.M. (1987). Population dynamics and habitat partitioning by size, sex, and molt stage of blue crabs Callinectes sapidus in a subestuary of central Chesapeake Bay. Mar Ecol Prog Ser 36: 55-64.

Juman, R.A. 2005. Biomass, litterfall and decomposition rates for the fringed Rhizophora mangle forest lining the Bon Accord Lagoon, Tobago. Revista de Biología Tropical, 53 (1). 207-217

Milliken, M., Williams, A. (1984). Synopsis of biological data on the blue crab, Callinectes sapidus Rathbun. NOAA Natn Mar Fish Serv Tech Memo. US Dept Commerce 1: 1-39.

MINAE [Ministerio de Ambiente y Energía, CR]. (2005). Decreto Ejecutivo Nº32633-MINAE. Reglamento a Ley de Conservación de la Vida Silvestre. La Gaceta 180 del

MINAE [Ministerio de Ambiente y Energía, CR]. (1994). Decreto Ejecutivo Nº 23253. Creación del Humedal Nacional Cariari. Gaceta 95 del 23 de abril de 1994.

UICN [Unión Intenacional para la Conservación de la Naturaleza]. (2016). The UICN Red List of Threatened Species. http://www.iucnredlist.org/

ISSN 1409-214X. Enero-Marzo 2018. Ambientico 265. Artículo 5 | Pp. 33-39 |

Monitoreo de cetáceos en el Caribe Central de Costa Rica

Investigadora de la Fundación Promar y presidente de la Fundación Verde Agua (marisol.acaballero@gmail.com)

Coordinador Plan de Gestión Ambiental de la Terminal de Contenedores de Moín, Centro Científico Tropical-CCT (jaimeecheverria@gmail.com)

Investigador y coordinador del programa de Cetáceos, Asociación Ambiental VIDA (frankgarita@gmail.com)

Investigador y director ejecutivo de la Fundación Promar (jrodriguez@fundacionpromar.org)

Marisol Amador-Caballero, Jaime Echeverría-Bonilla, Frank Garita-Alpízar y Javier Rodríguez-Fonseca

Los cetáceos, incluidas las ballenas, delfines y parientes, son un grupo de mamíferos marinos adaptados a la vida acuática, con 90 especies distribuidas en todo el mundo (Perrin & Brownell Jr., 2013). Estos mamíferos han llamado la atención de los seres humanos desde la antigüedad y por décadas se ha estudiado su comportamiento. En los últimos años, los estudios se han focalizado en sus formas de comunicación y en como los afectan los impactos de las actividades humanas. Los cetáceos son especies acústicas por naturaleza que producen una amplia gama de intensidades y frecuencias de sonido. Esto lo hacen tanto con fines sociales y reproductivos como para alimentación e identificación del entorno (tipo sonar), particularmente en profundidades donde la luz del sol comienza a faltar o bien en aguas de alta turbidez (Carwardine, 1995; Jefferson *et al.,* 1994).

Es por esto que la contaminación acústica provoca interferencias en sus actividades vitales e incluso daños físicos (oído medio y sistema respiratorio) permanentes y hasta letales (Bailey *et al.,* 2010; Wartzok *et al.,* 2003-2004). En este sentido, uno de los impactos de origen humano más

Volver al índice

relevantes, si bien no el único, es el nivel de ruido oceánico o subacuático.

Costa Rica tiene cerca el 31 % de la diversidad mundial del grupo de cetáceos, lo que significa al menos 28 especies (Rodríguez-Fonseca, 2001; May-Collado *et al.*, 2005). De acuerdo con Rodríguez-Fonseca (2001) hay 8 especies confirmadas de estos mamíferos en el Caribe del país, de las cuales dos no están en el Pacífico: el delfín tucuxi (*Sotalia fluviatilis*) y el delfín manchado del Atlántico (*Stenella frontalis*). Posteriormente, Palacios-Alfaro (2010) registró por primera vez el cachalote pigmeo (*Kogia sima*) en el sector de Gandoca-Manzanillo, que ya se conocía para el Pacífico. También hay varios informes de encallamientos que suman un total de 10 casos que han involucrado al menos 4 especies (Rodríguez-Fonseca & Cubero-Pardo, 2001; D. Chacón com. pers., 2012). En general, hay poca información disponible, estando los estudios relacionados principalmente con el delfín bufeo y el tucuxi y predominando aspectos de ecología, comportamiento y patrones de producción de sonidos (May-Collado, 2010).

Como parte del Plan de Gestión Ambiental del proyecto de construcción de la Terminal de Contenedores de Moín, se llevó a cabo un monitoreo de cetáceos abarcando el Área del Proyecto (AP) y sus Áreas de Influencia Directa (AID) e Indirecta (AII). Los objetivos fueron generar información sobre las especies del Caribe Central, su distribución y comportamiento, así como evaluar el efecto del ruido generado por algunas actividades de la construcción de la nueva terminal y especialmente el hincado de pilotes.

Marisol Amador-Caballero. Cetáceos en el área del proyecto.

El monitoreo se efectuó de mayo del 2015 hasta junio del 2016 utilizando el método de muestreo de transectos lineales (Altmann, 1974) (**Figura 1**). El recorrido total tenía una duración entre 6 y 7 horas al día por 5 días al mes, iniciando frente a la boca del río Matina y concluyendo frente a la boca del río Cieneguita. Al inicio y al final de cada transecto y cuando se avistaba algún cetáceo, se tomaron

Figura 1. Mapa que muestra los transectos y los avistamientos

las coordenadas de posición, temperatura y profundidad del agua, grabaciones subacuáticas, así como el comportamiento de los animales en el momento del avistamiento (Shane, 1990; Würzig & Würzig, 1979). Los niveles de ruido oceánico actuales en las AID, AD y AP, se midieron tanto en intensidad (decibeles, db) como en frecuencia (herzios, Hz). Asimismo, esta información se evaluó en relación con los niveles conocidos de afectación del ruido oceánico en la presencia y distribución de cetáceos (Wartzok *et al*., 2002-2003).

Además, en cada avistamiento de mamíferos marinos, se realizó foto-identificación (F-ID), con fotografía de precisión, para identificar a cada individuo (delfín o ballena) dentro de un grupo específico (Würzig & Jefferson, 1990). Esto permitió determinar el tamaño de la población y determinar si son residentes de las diferentes especies de cetáceos observadas en la zona (Benmessaoud *et al*., 2013; Rossi-Santos, 2007).

Durante todo el período de muestreo se recorrieron 4 795 km, el tiempo de observación acumulado fue 432 horas, mientras que el área aproximada cubierta durante cada recorrido diario fue 170 km^2. Se contabilizaron un total de 64 avistamientos y cuatro especies diferentes (**Cuadro 1**). Nótese como el delfín bufeo o nariz de botella (*Tursiops truncatus*) acapara el 71,8

Frank Garita-Alpízar. Documentación de cetáceos en el área del proyecto.

% del total. En el caso del delfín de dientes rugosos, los dos avistamientos corresponden a los primeros de esta especie en el Caribe de Costa Rica[1].

Los cetáceos tienden a ser especies muy sociales por lo que con frecuencia viven en grupos. Se ha observado en diferentes estudios que para las especies que viven cerca de la costa los grupos sociales son más pequeños mientras que en las especies que viven en alta mar o más lejos de la costa, los grupos son más grandes (Carwardine, 1995; Jefferson *et al.*, 1994; Leatherwood & Reeves, 1983). En esta investigación se encontró coincidencia con esos patrones generales ya que, a mayor profundidad, mayor es el tamaño de grupo. El delfín manchado mostró el tamaño de grupo promedio más grande y el delfín bufeo el más pequeño.

Durante los avistamientos la profundidad promedio máxima fue de 228 m y la mínima de 24,7 m. El delfín bufeo es más común en aguas poco profundas, muy costeras y las tres especies restantes en aguas más profundas como se observa en el **Cuadro 1**. Esto también es consistente con lo observado en otras regiones del Caribe y del Atlántico Tropical en general (Jefferson *et al.*, 1994; Shirihai y Jarrett, 2006). La plataforma continental en Moín es corta y desciende abruptamente hacia la zona abisal. Por ejemplo, en la parte final de los transectos 2 y 3 (entre 10°05' y 10°08') hay profundidades de 470 m y 290 m respectivamente. La carta náutica

1 En el Pacífico es una especie oceánica (mar abierto) común y en ocasiones se puede observar cerca de la costa (Martínez-Fernández *et al.*, 2011; May-Collado *et al.*, 2005; Rodríguez-Fonseca, 2001).

Cuadro 1. Tamaño de grupo y profundidad/avistamiento e individuos fotografiados

Especies registradas	Número de avistamientos y % del total	Tamaño promedio de grupo estimado	Profundidad promedio (m)	Individuos fotografiados (recapturas)
Delfín bufeo o nariz de botella (*Tursiops truncatus*)	46 (73,0)	6,2 individuos	24,7	75 (19)
Delfín manchado del Atlántico (*Stenella frontalis*)	14 (21,8)	14,1 individuos	162,1	44 (6)
Delfín de dientes rugosos (*Steno bredanensis*)	2 (3,1)	14,0 individuos	44,0	18 (6)
Falsa orca (*Pseudorca crassidens*)	2 (3,1)	24,0 individuos	228,0	11 (0)
Total	64 (100)			148 (31)

indica la existencia un cañón profundo de ancho muy variable en ese sector. Esto podría favorecer la presencia de especies oceánicas o de mayores profundidades en áreas cercanas a la costa, aunque no sea de forma regular.

Usando la fórmula de Rossi-Santos (2007), se determinó que tanto el bufeo (*Tursiops truncatus),* con un valor de 7,35 %, como el delfín manchado (*Stenella frontalis)* con un 8,82 %, muestran algún grado de residencia en la zona. Con base en Benmessaoudy *et al.* (2013), se considera que el bufeo tiene una población/subpoblación en la zona de al menos unos 75 individuos y el manchado de 44 individuos.

También, es importante evaluar el efecto del ruido sobre las poblaciones de cetáceos en el Caribe costarricense en el contexto de la gestión ambiental. Inicialmente, se pronosticó que el ruido subacuático (tanto frecuencia como intensidad) provocado durante la construcción de la terminal, por ejemplo, el hincado de pilotes, tendría un efecto negativo sobre los avistamientos de cetáceos.

Aplicando un análisis de varianza de dos vías los resultados preliminares contradicen este supuesto, es decir, no se encontró relación entre el nivel de ruido subacuático y el número de avistamientos. Sin embargo, se encontró una leve relación positiva entre ruido y el número de avistamientos durante el período cuando se realizó el hincado de pilotes.

Lo anterior puede tener varias explicaciones, y estar relacionado con factores que habría que investigar con mayor detalle. Sin embargo, el hincado de pilotes se hizo en seco (no directamente sobre el fondo marino), lo que redujo el nivel de ruido. Por otra parte, en los transectos más lejanos al área portuaria de Moín-Limón se concentran la gran mayoría de los avistamientos, 51 de ellos (80,9 % del total). Ninguno de los dos transectos correspondientes a las áreas portuarias

Marisol Amador-Caballero. Cetáceos en el área del proyecto.

llega a acumular individualmente el 10 % del total de los avistamientos. Los avistamientos de cada especie, tienden a ocurrir en promedio a 9,6 km de distancia. Los avistamientos del delfín manchado son los que promediaron mayor distancia y es la especie en que los avistamientos tienden a estar más lejos del AP (11,7 km).

Estos resultados se deben contextualizar considerando que la actividad portuaria en la bahía de Moín se ha desarrollado desde varias décadas atrás, incluyendo los puertos de Moín, administrados uno por la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE) y el otro por la Junta de Administración Portuaria y de Desarrollo Económico de la Vertiente Atlántica (JAPDEVA), mientras que al otro lado de punta Moín se encuentra el muelle de Limón (también conocido como Muelle de El Alemán). Estas son áreas con altos niveles de ruido oceánico, con muy baja frecuencia de avistamientos de cetáceos, incluso desde antes de la construcción de la nueva terminal. El promedio total de avistamientos mensuales en esas áreas es de 0,23, mientras que el promedio total de los restantes transectos más lejanos es de 0,95, es decir, cuatro veces más.

Referencias

Altmann, J. (1974). Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour,* 49, 267-277.

Bailey, H., Senior, B., Simmons, D., Rusin, J., Picken, G. y Thompson, P.M. (2010). Assesing underwater noise levels during pile-driving at an offshore windfarm and its potential effects on marine mammals. *Marine Pollution Bulletin,* 60, 888-897

Benmessaoud, R., Cherif, M. y Bejaoui, N. (2013). Baseline data on abundance, site fidelity and association patterns of common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) off the northeastern Tunisian coast (Mediterranean Sea). *Journal of Cetacean Research Management,* 13(3), 211-220

Carwardine, M. y Camm, M. (1995). Whales, dolphins and porpoises. DK Publishing (New York) and Dorling Kindersley Ltd (London). 256 p.

Jefferson, T.A., Leatherwood, S. y Webber, M.A. (1994). Marine Mammals of the World. FAO Species Identification Guide. UNEP/FAO, Roma. 320 p.

Krebs, C. J. (1985). Ecología: Estudio de la distribución y la abundancia. Harla Ediciones, México D.F. 753 p.

Leatherwood, S. y Reeves, R.R. (1983). Whales and dolphins. Sierra Club, San Francisco. 302 p.

Martínez-Fernández, D., Montero-Cordero, A. y May-Collado, L. (2011). Cetáceos de las aguas costeras del Pacífico Norte y Sur de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 59(1), 283-290.

May-Collado, L. J. (2010). Changes in whistle structure of two dolphin species during interspecific associations. *Ethology,* 116, 1065-1071.

May-Collado, L. J., Gerrodette, T., Calambokidis, J., Rasmussen, K. y Sereg, I. (2005). Patterns of Cetacean sightings distribution in the Pacific Exclusive Economic Zone of Costa Rica, based on data collection between 1979-2001. *Revista de Biología Tropical,* 53, 249-263.

Palacios, J.D. (2009). First record of the dwarf sperm whale (*Kogia sima*) in Caribbean waters of Costa Rica. *Latin American Journal of Aquatic Mammals,* 7(1-2), 103.

Perrin, W. y Brownell Jr., R. L. (2013). Proposed 2013 updates to the IWC List of Recognised Species of Cetaceans. SC/65a/001. International Whaling Commission (IWC), Scientific Committee. 4 p.

Rodríguez-Fonseca, J. (2001). Diversidad y distribución de los Cetáceos de Costa Rica (Cetacea: Delphinidae, Physeteridae, Ziphiidae y Balaenopteridae). *Revista Biología Tropical,* 49 (Supl. 2), 135-143.

Rodríguez-Fonseca, J. y Cubero-Pardo, P. (2001). Marine mammal strandings in Costa Rica 1966-1999. *Revista Biología Tropical,* 49, 667-672.

Shane, S.H. (1990). Behaviour and ecology of the bottlenose dolphin at Sanibel Island, Florida. Pp: 245-266. *In*: The bottlenose dolphin. S. Leatherwood and R. R. Reeves (editors). Academic Press Inc., San Diego, California, USA. 641 p.

Shirihai, H. y Jarrett, B. (2006). Whales, dolphins and other marine mammals of the world. Princeton University Press. Princeton, New Jersey, USA. 384 p.

Wartzok, D., Popper, A.N., Gordon, J. y Merrill, J. (2003/2004). Factors affecting the responses of marine mammals to acoustic disturbance. *Marine Technology Society Journal,* 37(4), 4-13.

Würzig, B. y Würzig, M. (1979). Behavior and ecology of the bottlenose dolphin, *Tursiops truncatus*, in the South Atlantic. *Fishery Bulletin,* 77, 339-412.

Würzig, B. y Jefferson, T. (1990). Methods of Photo-Identification for Small Cetaceans. *Report for Scientific Comité of the International Whaling Commission,* 12 (Special Issue): 43-52.

ISSN 1409-214X.Enero-Marzo 2018. Ambientico 265. Artículo 6 |Pp. 40-48|

Tres años de actividad freato-magmática intermitente del volcán Turrialba: desde la apertura del conducto a las consecuencias socio-económicas

Investigador del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica (OVSICORI), Universidad Nacional (eduarte@una.cr)

Eliécer Duarte González

El 29 de octubre de 2014 el volcán Turrialba arrancó con el actual periodo freato-magmático para dar paso a los cambios más drásticos que se hayan presentado en unos 150 años. Este ensayo resume los hechos más relevantes de estos 36 meses, las modalidades eruptivas y algunas consecuencias.

Antes de iniciar este periodo de actividad aumentada el volcán presentó cambios como antecedentes. Hubo algunos enjambres sísmicos que se dieron desde 1996 (Barboza *et al*., 2000). A mitad de 2005 hubo cambios en el patrón exhalativo y ya para los primeros meses de 2007 los efectos de afectación por gases, en la vegetación eran notorios. En mayo y julio de ese mismo año enjambres sísmicos produjeron agrietamientos en la cima del volcán y efectos que llegaron hasta unos 3 km a partir de la cima. Cuatro erupciones principales (una por año) sobresalen en los años subsiguientes a partir de enero 2010 hasta mayo de 2013 para culminar con la "voladura del tapón" durante los últimos días de octubre 2014.

Volver al índice

El volcán Turrialba (10,03 N, 83,77 E, 3 340 msnm) se localiza en el extremo sureste del arco volcánico mesoamericano. En su cima se observan tres cráteres alineados de noreste a suroeste, el que se encuentra más al oeste ha mantenido actividad gaseosa, aumentada desde mitad del 2005. Este es un estratovolcán basalto-andesítico de la Cordillera Volcánica Central, ubicado a unos 40 km al este-noreste de la capital San José, y a unos 15 km al noroeste de la ciudad de Turrialba.

Existen trabajos geológicos, aislados e incompletos sobre el volcán Turrialba (Reagan, 1987; Reagan *et al.,* 2006). El mapeo preliminar que se realizó a finales de la década de 1980, muestra lo más superficial de las estructuras principales como flujos de lava y nubes ardientes. También se aportan algunos análisis petrológicos de productos colectados en la cima y alrededores que caracterizan a este volcán como altamente explosivo. Se ofrece una interpretación estratigráfica de los últimos 3 500 años y se aportan generalidades de los últimos 9 000 años.

El último periodo eruptivo magmático ensanchó el cráter oeste el cual concentra la mayor parte de la actividad fumarólica en los últimos años. Su enorme caldera está abierta hacia el noreste y posee una dimensión de 2 200 m en dirección noreste-suroeste y entre 500 a 800 m en dirección noroeste-sureste. Se ubican en esta cima tres cráteres principales, uno al este ocupado por un cuerpo de agua intermitente, somero y de unos 100 m de diámetro, un cráter central en cuyas paredes se observa actividad fumarólica (también posee un lago intermitente gracias a las abundantes precipitaciones de la región). En el borde norte se notan algunas terrazas cavadas por antiguos vecinos de la región que explotaron las acumulaciones de azufre con fines farmacéuticos, y finalmente, al oeste se muestra el cráter asociado a la actividad magmática más reciente ocurrida entre 1864 y 1866. En el fondo y alrededores de este cráter se manifiestan salidas importantes de gas y vapor y su fondo está siendo colmatado por materiales que se desprenden desde sus empinadas paredes.

El pasado eruptivo del Turrialba está marcado por eventos poderosos de lavas, piroclastos y cenizas las cuales han alcanzado cientos de kilómetros, al ser llevadas por los vientos en dirección oeste.

Debido a las características geoquímicas y petrológicas aunadas a un régimen climático lluvioso, este volcán ha presentado actividad freática y freato-magmática en su pasado histórico y prehistórico que lo coloca en similares condiciones para el presente y el futuro.

El último ciclo magmático, ocurrido hace casi 150 años produjo materiales que afectaron severamente el Valle Central. El período eruptivo más importante se produjo en febrero de 1866, teniéndose reportes de caída de ceniza en sitios tan distantes como el suroeste de Nicaragua. Posterior a este período, hubo reportes de actividad fumarólica menor en 1899, 1920, 1957, 1969, 1971 y desde 1980 hasta

el presente. El volcán ha mantenido hasta la actualidad, actividad freato-magmática aumentada después de octubre de 2014, cuando las erupciones se tornan más frecuentes, con mayores volúmenes de materiales y más lesivas.

El potencial explosivo del Turrialba, su ubicación geográfica, altura y factores meteorológicos hacen de este uno de los volcanes que generan mayor amenaza para la región más poblada y desarrollada del país: el Valle Central (Duarte 1990).

La actividad freato-magmática que se describe en este ensayo es la más severa del *último* siglo y medio con antecedentes discretos de 4 erupciones principales como siguen: en enero 2010 se generaron erupciones desde una abertura formada al suroeste del cráter activo (Duarte *et al.*, 2010). Durante el periodo lluvioso del 2011 se produjo la apertura de un boquete en el fondo del cráter oeste. En enero 2012 se formó una boca en la pared externa, del cráter oeste; con emisión de lapilli, piroclastos y ceniza preexistente (Duarte, 2012). Finalmente, el 21 de mayo de 2013 se produjo la salida sostenida de material fino, por varias horas, simultáneamente desde las bocas 2010 y 2012 sin efectos mayores (Duarte, 2013).

Si bien durante estas erupciones, exceptuando el 2011, se realizaron operativos de emergencia, no hubo muertos ni heridos, aunque s*í* evacuados. El impacto en la agricultura y vegetación natural ha sido variable en los distintos eventos, aunque el proceso de afectación por acidificación se ha sostenido a lo largo de los años mencionados.

Los registros sísmicos, de deformación, observaciones físicas y gases permiten concluir que estas erupciones no corresponden a una nueva actividad magmática sino a una acumulación superficial de gases, que aumentan la presión hasta romper la superficie y formar las aberturas. Las intrusiones magmáticas se comienzan a registrar a partir del periodo propuesto en este artículo por lo que el tema adquiere relevancia.

La metodología se basa en información recopilada por más de 30 años de labores en vigilancia volcánica por parte de grupos de investigación multidisciplinaria sostenida desde el Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica de la Universidad Nacional (OVSICORI-UNA). Durante décadas se ha recopilado información de cambios físicos provocados por diversos elementos de la cambiante actividad volcánica. Este material ha quedado registrado en mapas, notas de campo, fotografías, videos, y otros medios. De igual modo se ha documentado la información perecedera que procede de los distintos eventos freáticos recientes: sus características geológicas, geomorfológicas, geoquímicas, así como su distribución. En los casos que corresponde, se han tomado muestras de material de caída distintas del punto de origen, así como se han realizado mediciones *in situ* de parámetros como temperatura, gases, espesor de

Figura 1. Fondo de caldera y cráter oeste con salida de ceniza (2 de noviembre 2014).

capas de materiales proximales, así como su descripción granulométrica.

Durante los últimos 3 años la actividad freato-magmática ha generado tanto cambios en la geomorfología de la cima y flancos como impacto agudo en los alrededores del macizo y comunidades vecinas.

La actividad inicial se da en octubre 2014. Las erupciones que desbloquearon el conducto del cráter oeste se sucedieron al filo de la medianoche del 29 de octubre y depositaron el grueso de los materiales en los alrededores del cráter ensanchado. Tal actividad se vio acompañada de tremor intenso y sismos volcano-tectónicos. Las columnas de sedimentos y materiales finos preexistentes probablemente alcanzaron varios miles de metros sobre la cima a juzgar por el depósito de tales productos a docenas de kilómetros dentro del Valle Central, en dirección oeste.

En al menos los 2 días siguientes se produjeron otras erupciones menores. Las primeras diseminaron capas de lodo y sedimentos hacia el este (dentro de la caldera volcánica) alcanzando hasta 3 m en el borde mismo del cráter oeste y un relleno similar en el vecino cráter central. Oleadas de lodo, en el fondo de la caldera, alcanzaron unos 300 m, en la horizontal, con espesores de unos 40 cm. Algunos de los bloques de gran tamaño se encontraron a unos 200 m de la boca humeante con tamaños arriba de los 2,4 m; algunos de estos provenían del fondo del cráter y otros de las altas paredes de la caldera desprendidos por las sacudidas de las erupciones (**Figura 1**).

Figura 2. Ceniza y piroclastos tapizan los alrededores de los cráteres central y oeste (diciembre 2015).

El cráter se ensanchó en todas direcciones, pero al menos su borde este perdió unos 25 m de altura y migró unos 30 m hacia el cráter central. Durante los primeros días se pudo observar una depresión (en forma de cráter) en el lado este del fondo, debajo de donde se había formado la boca de enero 2012; tal depresión desapareció meses después producto de la intensa actividad en todo el cráter oeste. Durante estos 3 años la actividad se ha concentrado en este cráter oeste y el ensanchamiento parece ahora estar limitado a las paredes rocosas que conforman un profundo cilindro de más de 100 m de profundidad y unos 100 m de diámetro.

Luego se dio una alternancia de actividad eruptiva entre el 2014 y 2017. Una vez que el conducto quedó abierto hubo altibajos en las emisiones. Por largos períodos se mantenía la exhalación de gases y vapor para combinarse con períodos prolongados de emanación de cenizas. En innumerables ocasiones hubo acompañamiento de fragmentos incandescentes que a veces alcanzaron los flancos, principalmente al sur y sureste, debido a la forma de la abertura principal. Durante los meses secos del 2015, episodios de ceniza cubrieron la zona vecina al volcán, hacia el sur, suroeste y oeste, alcanzando a veces hasta muchas comunidades del Valle Central. En los meses lluviosos de ese mismo año, el patrón cambiante de actividad se mantuvo ensanchando el cráter en distintas direcciones y aportando partículas en direcciones caprichosas según la dirección del viento (**Figura 2**).

Durante el periodo seco del 2016 se repiten condiciones similares a las del año anterior. De nuevo hay cierres del aeropuerto internacional Juan Santamaría y zonas similares vuelven a ser afectadas por gases y cenizas. Dos periodos agudos de producción abundante de ceniza se producen este año: entre abril y mayo (**Figuras 3 y 4**) y luego en octubre cuando cortinas enormes se desplazan en direcciones variables para

Figura 3. Erupción de ceniza tomada desde La Central (20 de mayo de 2016).

producir afectación y preocupación a nivel local y regional.

A finales del 2016 y primeros días del 2017 es cuando se producen las últimas salidas más significativas de cenizas, pero principalmente de grandes segmentos de lava semi-fundida que se depositan en los alrededores del cráter activo. Luego de esto hay muchos meses de reducción de las emisiones de ceniza, predominando la salida de gas y vapor, acompañados por las noches, con un espectáculo de incandescencia sostenido por varios meses. Entre setiembre y octubre de 2017 se produce una salida tímida de pequeños volúmenes de ceniza que se llega a depositar en las vecindades del macizo.

Por lo tanto, los periodos de calma y reactivación se han repetido durante estos 3 años sin un patrón definido. En setiembre de 2015 se registró salida casi sostenida por más de 40 días y el patrón fue similar en octubre de 2016. La única variante entre el periodo seco y el lluvioso es el cambio de dirección del viento siendo la distribución de materiales finos mucho más homogénea en casi todos los puntos cardinales.

La actividad sísmica en forma de enjambres a veces correlaciona con la salida de ceniza y otros piroclastos, aunque también se dieron prolongados períodos

Figura 4. Depósito de ceniza hacia el oeste del volcán (20 de mayo 2016).

Figura 5. Devastación total de vegetación en flancos oeste y noroeste (15 febrero 2017).

de salida pasiva de cenizas sin mayor estruendo en la boca ni alteración del sismograma. En días de abundante salida de ceniza los sismos volcano-tectónicos ascendieron a cientos y las bandas de tremor se sostuvieron, en algunos periodos, por varios días sin ceder.

Esta actividad volcánica tuvo sus consecuencias. Los veranos de 2015 y 2016 fueron especialmente prolíficos en producción de partículas que generaban severos daños en la agricultura y ganadería, y en general en la rutina de las comunidades ubicadas al oeste y suroeste del volcán. Y es que en los meses secos no solo el desplazamiento de esas cenizas es mayor, sino que es más visible, aumentando la ansiedad de vecinos y autoridades llamadas a atender la emergencia. También es en los meses secos cuando se da la mayor afectación de la ceniza en la navegación aérea y por lo tanto su impacto en la economía nacional. El cierre de aeropuertos no solo tiene el impacto directo en las operaciones, sino que genera una percepción negativa en el turista internacional.

Durante los meses lluviosos los efectos no fueron menores. La adherencia de partículas finas es más eficaz causando lesiones profundas en repastos y cultivos comerciales. Los montos depositados en la cima y flancos empinados del volcán también eran blanco fácil de la erosión y el arrastre con traslado de materiales hasta largas distancias. Cauces grises, de los drenajes principales, eran comunes hacia la ciudad de Turrialba y comunidades aledañas como también lo eran hacia las planicies del norte hasta alcanzar ciudades como Guápiles y otras comunidades vecinas. En el borde oeste del cráter activo el engrosamiento de la superficie alcanzó poco más de 4 m (a enero 2017), a unos 3 km hacia el oeste (cerca de La Silvia) el espesor alcanzó hasta 20 cm y así continua en disminución según la

distancia sea mayor a partir del punto de emanación. El tapizado del "callejón de aniquilamiento" es uno de los efectos más lesivos para el edificio volcánico, la superficie endurecida promueve la escorrentía y reduce las posibilidades de regeneración natural a corto plazo. La consolidación de esta zona estéril puede quedar fijada de ese modo hasta por décadas (Fernández, 1987).

Figura 6. Espesor de ceniza a unos 300 m oeste del cráter activo.

Los efectos erosivos en los cauces principales hacia el oeste son dramáticos si tomamos en cuenta que en algunos tramos los cauces profundizaron entre 4 y 10 metros. El efecto de relleno por materiales orgánicos es también notable en las quebradas y ríos encañonados donde en algunos puntos enormes troncos y ramas formaron auténticas represas (**Figura 5**).

Algo que sí ha sido constante, tanto en periodos secos como lluviosos, es la acidificación. En ambos casos la afectación en las zonas de interés comercial, así como en los bosques vírgenes es visible durante todo el año. Cuando la dirección temporal del viento cambia se ven parches de terreno en recuperación. Aunado a esto se debe mencionar otra consecuencia temporal de la actividad alternada y es que las fuentes de agua se ven contaminadas impactando principalmente sus aplicaciones en la ganadería. Este es un tema a contemplar en los planes futuros de las instituciones encargadas del manejo de emergencias y atención a comunidades. Del mismo modo se debe anotar como efectos directos los cortes de fluido eléctrico en la región —por acumulación de ceniza en las redes de distribución y en otros componentes— así como el impacto de proyectiles y cenizas en los equipos científicos de monitoreo volcánico (**Figura 6**).

Durante los últimos días de diciembre 2016 y primeros de enero 2017 este volcán presentó una emanación singular de material pastoso y semi-plástico, que pareciera coincidir con el material más profundo hasta ese entonces producido. El conducto abierto a profundidad tendría la capacidad de producir una descompresión dosificada del sistema sin eventos

traumáticos. Esto se refuerza con unos 10 meses de actividad explosiva casi nula y con la salida débil y apenas esporádica de bajos volúmenes de ceniza. El descenso significativo de la sismicidad (comparada con años anteriores) genera la esperanza de que lentamente el volcán retorne a un estado de equilibrio que podría sentar las bases para que las autoridades responsables visualicen una eventual reapertura del Parque Nacional Volcán Turrialba.

Mientras tanto la salida de gases magmáticos puede mantener montos de acidificación lesivos para las áreas circundantes, por lo que el mejor uso de las tierras alrededor de este macizo debería ser para regeneración natural y conservación.

Referencias

Barboza, V., Fernández, E., Martínez, M., Duarte, E., Van der Laat, R., E., Marino, T., Hernández, E., Valdés, J., Sáenz, R., and Malavassi, E. (2000). Volcán Turrialba: Sismicidad, Geoquímica, Deformación y nuevas fumarolas indican incrementos en la actividad. (Resumen) Los retos y propuestas de la investigación en el III milenio. (CONINVES). Memoria, Editorial UNED. pp. 78.

Duarte E. (2013). *Reconocimiento de las erupciones del 21 de mayo de 2013. Volcán Turrialba.* (Informe de campo del 24-25 de mayo de 2013). OVSICORI-UNA.

Duarte, E. (1990). Algunos aspectos del riesgo volcánico en el Volcán Turrialba. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional: Heredia.

Duarte, E. (2012). Incandescencia en 3 puntos simultáneos del Volcán Turrialba. Informe de campo: 2-3 de febrero de 2012. http://www.ovsicori.una.ac.cr

Duarte, E., et al. (2010). Reconocimiento de Materiales y cambios físicos por erupciones freáticas en la Cima del V. Turrialba. Informe de campo. http://www/htdocs/vulcanologia/informeDeCampo/2010/InfcampoTurrifreaticas15ene2010.pdf

Fernández, E. (1987). Caracterización química de la precipitación en el área adyacente al volcán Turrialba. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional: Heredia.

OVSICORI-UNA. (2013). *Volcán Turrialba: Erupción de Cenizas Terminada. 22 de mayo 2013.* (http://www.ovsicori.una.ac.cr/pdf/2012/turrialba18012012.pdf)

Reagan, M. K. (1987). Turrialba volcano. Costa Rica. Magmatism at the southeast terminus of the Central American arc. (Ph. D. dissertation): Santa Cruz University of California, 216p.

Reagan, M., Duarte, E., Soto, G. & Fernandez, E. (2006). The eruptive history of Turrialba volcano, Costa Rica and potential hazard from future eruptions. *Geol. Soc. of America,* S.P., 412: 235-253.

Soto, G. (1988). Geología y Volcanología del Volcán Turrialba, Costa Rica. Tesis de licenciatura. Universidad de Costa Rica.

ISSN 1409-214X. Enero-Marzo 2018. Ambientico 265. Artículo 7 |Pp. 49-50|

Proyecto de Ley de Combustibles (N.° 20.641)

Abogada ambiental
(vicky.cajiao@gmail.com)

María Virginia Cajiao

Costa Rica tuvo un rol fundamental en el año 2015 en la 21ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (*CMNUCC*), donde liderando el grupo de países ambiciosos, logramos posicionar metas globales muy altas y nos comprometimos frente a los demás países a ser un laboratorio mundial de descarbonización, ratificando así nuestra aspiración nacional de orientar la economía hacia la carbono neutralidad para el año 2021, como parte de las acciones voluntarias pre-2020. Los acuerdos y compromisos voluntarios adquiridos en el marco de estas negociaciones posteriormente fueron acogidos por la Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, mediante la Ley N.° 9405, del 4 de octubre de 2016, aprobación del Acuerdo de París, y por ende adquieren un rango de obligatoriedad aún mayor.

Con la aprobación de esta ley, Costa Rica se comprometió a incrementar su acción climática para aumentar la resiliencia de la sociedad ante los impactos del cambio climático y fortalecer las capacidades locales para un desarrollo bajo en emisiones a largo plazo. El país deberá fortalecer su accionar

Volver al índice

impulsando la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero y otras tareas que recomiende la ciencia, procurando apoyar a las comunidades más vulnerables en su adaptación ante los efectos inevitables del cambio climático (Para mayor detalle sobre dichas negociaciones y compromisos nacionales, lo invitamos a revisar la edición 258 de la revista *Ambientico*).

El año 2018 inicia con la firma y celebración en acto público de la Ley de Incentivos y Promoción para el Transporte Eléctrico (Ley N.° 9518), aprobada por la Asamblea Legislativa a finales del año pasado. Con el fin de continuar el proceso de descarbonización de la economía y bajar la dependencia de la factura petrolera, en diciembre del año pasado se presenta por iniciativa del Poder Ejecutivo el proyecto de Ley de Combustibles (Ley para avanzar en la eliminación del uso de combustibles fósiles en Costa Rica y declarar el territorio nacional libre de exploración y explotación de petróleo y gas), bajo el expediente N.° 20.641. El objetivo primario es contribuir con el proceso de transformación de la matriz energética nacional en aras de avanzar en la meta de descarbonizar la economía mediante el estímulo de combustibles alternativos y tecnologías limpias, la reducción del uso de combustibles fósiles, y la prohibición de exploración y explotación de petróleo y gas en el territorio nacional.

El alcance de este proyecto de ley es regular las actividades de almacenamiento y prestación de servicio público de suministro de combustibles, investigación y desarrollo de combustibles limpios y tecnologías alternativas. Para ello crea la Dirección de Combustibles como órgano técnico adscrito del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), cuyo principal objetivo será establecer los requisitos jurídicos y técnicos, así como los procedimientos por medio de los cuales se regirán el almacenamiento, la distribución, el transporte y la comercialización a mayoreo o al detalle de combustible, e indica que le corresponde al MINAE dictar la política en dicha materia, respetando las directrices del Plan Nacional de Desarrollo y del Plan Nacional de Energía.

Se propone reformar el artículo 6 de la ley que regula a la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE), con el fin de que se incluya dentro de sus objetivos industrializar y comercializar biocombustibles, hidrógeno, gas natural y otros combustibles renovables. Además, declara a Costa Rica como territorio continental y marino libre de exploración y explotación petrolera como compromiso nacional firme en la eliminación del uso de combustibles fósiles y el avance hacia una economía descarbonizada y libre de emisiones, que propicie una mejor calidad del aire y del ambiente para toda la ciudadanía; al mismo tiempo que deroga en su totalidad la Ley de Hidrocarburos, Ley N.° 7399, del 3 de mayo de 1994. Este proyecto se encuentra en proceso legislativo y si desea informarse más al respecto puede revisar el texto completo en: http://www.asamblea.go.cr/Centro_de_Informacion/Consultas_SIL/Pginas/Detalle Proyectos de Ley.aspx?Numero_Proyecto=20641

Normas mínimas para la presentación de artículos a *Ambientico*

1. **Pertinencia de artículos**
   - Aunque la mayoría de artículos de la revista Ambientico son solicitados por invitación, se podrán considerar otros artículos altamente pertinentes a la realidad ambiental nacional, y en donde las opiniones estén claramente sustentadas (usar bibliografía en los casos necesarios). De manera general se reciben artículos cortos (2 000 palabras), claros (entendibles e informativos para una audiencia general no científica), y coherentes (que el escrito siga un flujo ordenado de ideas).

2. **Modo de entrega**
   - El artículo ha de ser presentado en Word y enviado al correo electrónico: ambientico@una.cr

3. **Tamaño, formato, elementos gráficos y separaciones internas**
   - El artículo no debiera exceder las 2 000 palabras.
   - Escribir a espacio sencillo en letra Calibre tamaño 11.
   - Cada párrafo inicia con una sangría y no requiere agregar renglones entre párrafos. Además, *Ambientico* no usa subtítulos para destacar apartados, sino que, donde claramente se cierra o suspende un tema para pasar a otro, se deja un doble espacio antes del párrafo siguiente.
   - Incluir los cuadros en formato Word y no como imágenes o capturas de pantalla.
   - Cada figura (fotos, ilustraciones, mapas, etc.) puede ser incluida en el mismo documento de Word cerca de donde se espera ser presentadas, pero asegurarse de que sean en alta resolución (300 dpi o mayor a 2Mb). Si no son propiedad del autor, deben indicar el nombre de la persona autora.

4. **Sobre la persona autora**
   - Se requiere una fotografía del rostro del autor en alta resolución (300 dpi o mayor a 2Mb).
   - Solamente incluir el nombre completo, el puesto, la organización para la que labora, y el correo electrónico. Por ejemplo: Jorge Salazar Z. Profesor de estadística, Universidad Nacional-UNA (correo@una.cr).

5. **Citas textuales**
   Las citas textuales, que se ruega no excedan las 40 palabras, no han de ponerse en cursivas, ni usando sangría ni en párrafo aparte, sino entrecomilladas, y entreveradas en el texto.

6. **Referencias bibliográficas**
   A partir del *Manual de la American Psychological Association (APA)* (2010), seguimos los siguientes lineamientos respecto a citación de fuentes bibliográficas. Hay dos modalidades de presentación de las referencias bibliográficas intercaladas en el texto. En una, el autor/a citado es el sujeto de la oración; en la otra, el autor citado, en tanto tal, no es parte de la oración, sino que lo que es parte de la oración es solo lo dicho o aportado por él. Ejemplo del primer caso: "… Acuña (2008) asegura que el sistema de áreas protegidas…". Ejemplo del segundo: "… Los problemas ambientales han resultado el principal foco de conflicto (Morales, 2009)…".

Obra con un autor

Entre paréntesis, se coloca el apellido del autor al que se hace referencia, separado por una coma del año de publicación de la obra. Ejemplo: "… (Pacheco, 1989) …".

Obra con más de un autor

Cuando la obra tiene dos autores, se cita a ambos, separados por la conjunción "y". Ejemplo: "… (Núñez y Calvo, 2004) …". Cuando la obra es de más de dos autores, se cita a todos en la primera referencia pero, posteriormente, solo se coloca el apellido del primer autor seguido de "et al.", sin cursiva y con punto después de la contracción "al.". Ejemplo: "… (Pérez, Chacón, López y Jiménez, 2009) …" y, luego: "… (Pérez et al., 2009) …".

Obra con autor desconocido o anónimo

Si la obra carece de autor explícito, hay que consignar en vez de él, y entre comillas, las primeras palabras del título (entre paréntesis). Ejemplo: "… ("Onu inquieta", 2011) …"; o, alternativamente, el nombre de la obra y, después de una coma, la fecha de publicación. Ejemplo: "… *La Nación* (2011) …". Solo cuando se incluye una cita textual debe indicarse la/s página/s. Ejemplo: "… (Pérez, 1999, p. 83) …".

7. **Presentación de las obras referenciadas**
   Al final del artículo, debajo del subtítulo **Referencias**, habrá de consignarse todas las obras referenciadas.

Libro

Primero se anotará el apellido del autor, luego, precedido de una coma, la inicial de su nombre; después, e inmediatamente luego de un punto, el año de publicación de la obra entre paréntesis; seguidamente, y en cursivas, el título de la obra; posteriormente, y después de un punto, el lugar de publicación de la obra (si la ciudad es internacionalmente conocida no hace falta señalar el país, pero, si no, solo se consigna el país), y, finalmente, antecedido por dos puntos, el nombre de la editorial. Ejemplo: Pérez, J. (1999) *La ficción de las áreas silvestres*. Barcelona: Anagrama.

Artículo contenido en un libro

En este caso, se enuncia el apellido del autor seguido de una coma, luego se pone la inicial del nombre de pila seguida de un punto; inmediatamente, entre paréntesis, la fecha. Enseguida ha de ponerse la preposición "En", y, luego, el apellido seguido de una coma y la inicial del nombre de pila del editor o compilador de la obra; indicando a continuación entre paréntesis "Ed." o "Comp.", como sea el caso; inmediatamente se señala el nombre del libro en cursivas y, entre paréntesis, las páginas del artículo precedidas por la abreviatura "p." o "pp." seguido de un punto; posteriormente, el lugar de publicación de la obra, y, antecedido por dos puntos, la editorial. Ejemplo: Mora, F. (1987). Las almitas. En Ugalde, M. (Ed.) *Cuentos fantásticos* (pp. 12-18). Barcelona: Planeta.

Volver al índice

Artículo contenido en una revista

En este caso, se indica el apellido del autor y, luego precedido por una coma, se coloca la letra inicial de su nombre de pila; luego de un punto, y entre paréntesis, la fecha; después el título del artículo y un punto. Enseguida, va el nombre de la revista, en cursivas; inmediatamente, se indica el número de la edición o del volumen separado por una coma de las páginas que constituyen el artículo, luego se coloca el punto final. Ejemplo: Fernández, P. (2008, enero) Las huellas de los dinosaurios en áreas silvestres protegidas. *Fauna prehistórica* 39, 26-29.

Artículo contenido en un periódico

Si la referencia fuera a un diario o semanario, habría de procederse igual que si se tratara de una revista, con la diferencia de que la fecha de publicación se consignará completa iniciando con el año, separado por una coma del nombre del mes y el día, todo entre paréntesis. Antes de indicar el número de página, se coloca la abreviatura "p." o "pp.". Ejemplo: Núñez, A. (2017, marzo 16). Descubren vida inteligente en Marte. *La Nación,* p. 3A.

Material en línea

En caso de que el artículo provenga de un periódico o una revista en línea, se conserva el formato correspondiente y, al final, se coloca la frase "Disponible en" seguido de la dirección electrónica, sin punto al final. Ejemplo: Brenes, A. y Ugalde, S. (2009, noviembre 16). La mayor amenaza ambiental: dragado del río San Juan afecta el río Colorado y los humedales de la zona. *La Nación*. Disponible en: http://wvw.nacion.com/ln_ee/2009/noviembre/16/opinion2160684.html

Autores múltiples

Cuando el texto referenciado tenga dos autores, el apellido de cada uno se separa con una coma de la inicial de su nombre de pila; además, entre un autor y otro se pondrá la conjunción "y". Ejemplo: Otárola, A. y Sáenz, M. (1985). *La enfermedad principal de las vacas*. San José: Euned.

Tratándose de tres o más autores, se coloca el apellido de cada autor separado por una coma de la inicial de su nombre de pila, luego de la que va un punto; y, entre uno y otro autor media una coma. Antes del último autor se coloca la conjunción "y". Ejemplo: Rojas, A., Carvajal, E., Lobo, M. y Fernández, J. (1993). Las migraciones internacionales. Madrid: Síntesis.

Sin autor ni editor ni fecha

Si el documento carece de autor y editor, se colocará el título del documento al inicio de la cita. Al no existir una fecha, se especificará entre paréntesis "s.f." (sin fecha). La fuente se indica anteponiendo "en".

En caso de que la obra en línea haga referencia a una edición impresa, hay que incluir el número de la edición entre paréntesis después del título. Ejemplo: Heurístico. (s.f.). En diccionario en línea Merriam-Webster's (ed. 11). Disponible en http://www.mw.com/dictionary/heuristic . Otro ejemplo: Titulares Revista Voces Nuestras. (2011, febrero 18). *Radio Dignidad, 185*. Disponible en http://www.radiodignidad.org/index.php?option=com_content&task=view&id=355&Itemid=44

Puede utilizarse corchetes para aclarar cuestiones de forma, colocándolos justo después del título, y poniendo en mayúscula la primera letra: [Brochure] , [Podcast de audio], [Blog], [Abstract], etcétera. Ejemplo: Cambronero, C. (2011, marzo 22). La publicidad y los cantos de sirena. *Fusil de chispa* [Blog]. Disponible en http://www.fusildechispas.com

8. Comunicaciones personales o entrevistas

La mención en el texto de comunicaciones personales o entrevistas se hará así: luego de una apertura de paréntesis se consigna la inicial del nombre de pila del entrevistado, después se coloca un punto y, enseguida, el apellido del entrevistado. A continuación, se pone una coma y, posteriormente, la frase "comunicación personal"; luego se coloca el nombre del mes y el día, que se separa con una coma del año en que se efectuó la comunicación; finalmente, se pone el paréntesis de cierre. Ejemplo: "… (L. Jiménez, comunicación personal, septiembre 28, 1998) …".

Las comunicaciones personales no se consignan en la sección de Referencias.

9. Notas a pie de página

Podrá usarse notas a pie de página para aclarar o ampliar información o conceptos, pero solo en los casos en que, por su longitud, esos contenidos no puedan insertarse entre paréntesis en el texto.

10. Uso de cursivas y de comillas

Se usará cursivas –nunca negritas ni subrayado- para enfatizar conceptos. Vocablos en otras lenguas no aceptados por la Real Academia Española de la Lengua, y neologismos, han de escribirse también en cursivas. Asimismo, irán en cursivas nombres de obras de teatro y cinematográficas, de libros, de folletos, de periódicos, de revistas y de documentos publicados por separado. Capítulos de libros y artículos de publicaciones periódicas se pondrán entrecomillados.

11. Uso de números y unidades de medida

Cuando las cantidades sean escritas numéricamente ha de usarse un punto para separar los grupos de tres dígitos en la parte entera del número. Antes de los decimales ha de usarse coma (¡atención en los cuadros!).

Las unidades de medida, en caso de consignarse abreviadamente, habrán de escribirse en singular y en minúsculas.

12. Uso de acrónimos

Los acrónimos lexicalizados que son nombres comunes (como ovni, oenegé y mipyme, por ejemplo) se escriben con todas las letras minúsculas. Los acrónimos no lexicalizados y que, por tanto, se leen destacando cada letra por separado (como UCR y EU, por ejemplo), se escriben con todas las letras mayúsculas.

13. Información del autor

En la página de apertura de cada artículo hay una muy breve presentación del autor con la siguiente información: campo de formación académica, cargo o puesto que se ejerce, institución o entidad donde se labora o con la que se colabora. Además, el articulista debe adjuntar una fotografía de su rostro (o de cara y hombros) en soporte digital y en buena resolución (2MB), y su correo electrónico. En caso de varios autores, la anterior información debe ser provista para cada uno de ellos. Cuando el autor es una institución, en vez de fotografía se envía el logotipo.

14. Palabras clave

Si bien *Ambientico* no publica las palabras clave de cada artículo, se le solicitan al autor no más de cinco para usarlas en el buscador del sitio web.