



## PROPIEDADES MAGNÉTICAS Y CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN PLAYAS DE ANIDACIÓN DE TORTUGA NEGRA (*Chelonia agassizii*) EN MICHOACÁN

Marisol Fragoso<sup>1,2</sup>, Carlos Delgado<sup>1</sup>, Bertha Aguilar<sup>2</sup>, Ligia P. Cruz<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

<sup>2</sup> Laboratorio Interinstitucional de Magnetismo Natural, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>3</sup> Depto. De Geomagnetismo y Exploración, Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México

### RESUMEN

En el presente trabajo se estudiaron 6 perfiles de las playas de anidación de la tortuga negra (*Chelonia agassizii*) en la costa del Estado de Michoacán, México. Se colectaron 113 muestras en tres playas: Colola, Maruata y Lázaro Cárdenas y se determinaron la susceptibilidad magnética y la remanencia magnética natural e inducida, con la finalidad de correlacionar éstas propiedades con los niveles de contaminación por metales pesados. Para ello se analizaron muestras seleccionadas mediante fluorescencia de rayos X (FRX), determinándose concentraciones significativas de Hg, Cu, Co, Ni, Mo, Pb, Cr y Cd. Los resultados muestran que Lázaro Cárdenas arroja los valores más altos de los parámetros magnéticos. De las dos playas restantes, los perfiles de Maruata muestran con respecto a Colola, valores más elevados de la  $X_{LF}$  y la MRIS, así como de las concentraciones de metales pesados.

**Palabras clave:** Contaminación, Magnetismo ambiental.

### ABSTRACT

In the present work, we studied 6 profiles of nesting beaches of black turtle (*Chelonia agassizii*) on the coast of Michoacan, Mexico. 113 samples were collected at three beaches: Colola, Maruata and Lazaro Cardenas and we determined the magnetic susceptibility and the natural and induced magnetic remanence, in order to correlate these properties with the levels of heavy metal contamination. Selected samples were analyzed by X-ray fluorescence (XRF), and we determined significant concentrations of Hg, Cu, Co, Ni, Mo, Pb, Cr and Cd. The results show that Lázaro Cárdenas beach yields higher values of magnetic parameters. Between the two remaining beaches, Maruata profiles show higher values of MRIS and XLF, as well as the concentrations of heavy metals.

**Keywords:** pollution, environmental magnetism.

### Introducción

A lo largo de su ciclo de vida y en la mayor parte de su distribución geográfica, las tortugas marinas tienen una serie de amenazas naturales y antrópicas que ponen en riesgo su sobrevivencia. Se ha detectado una fuerte reducción en las poblaciones de tortugas marinas debido principalmente a que durante en el periodo de incubación, algunos componentes ajenos a la arena pueden influir sobre dos aspectos vitales del comportamiento de anidación: La selección de playa y sobrevivencia de los huevos depositados (Mortimer, 1982).

Estudios recientes demuestran que los metales pesados (MP) influyen en el periodo de incubación de los nidos de las tortugas debido principalmente a que absorben la humedad del ambiente, por lo que pueden absorber sustancias tóxicas del medio donde se encuentran depositados, lo cual favorece la aparición de enfermedades, malformaciones en embriones y crías, así como el aumento de mortalidad temprana en etapa juvenil de tortugas marinas (Bárcenas, 2010).



Los MP se encuentran de manera natural en los sedimentos de las arenas, pero también puede haber un exceso debido a actividades antrópicas. En los últimos años las actividades humanas y las nuevas industrias que se han asentado cerca de las playas de anidación, generando grandes cantidades de residuos con concentraciones de MP que tienen como depósito final en los sedimentos marinos. Se estima que la siderúrgica que se encuentra establecida en la playa de Lázaro Cárdenas es la fuente principal de contaminación para la costa de Michoacán que puede llegar a afectar la reserva de Maruata-Colola que son las playas con mayores registros de desove en la costa de Michoacán.

El objetivo principal de este trabajo es determinar las propiedades magnéticas y correlacionarlas con el contenido de metales pesados en muestras de arenas de Lázaro Cárdenas, Maruata y Colola, Michoacán, sitios de anidación de tortuga negra, para identificar los niveles con mayor afectación. Asimismo, se pretende identificar la fuente de contaminación de dichos metales pesados.

### Localización del área de estudio

El estado de Michoacán está situado en el sur-oeste de la República Mexicana en el litoral Pacífico entre las coordenadas 20° 27' 37" y 17° 53' 50" norte y entre 100° 03' 32" y 103° 44' 49" oeste. El área de estudio se localiza en la costa de Michoacán dentro de su planicie costera que se extiende 210 km de longitud (Alvarado y Delgado, 2005).

La playa Colola se localiza en las coordenadas 18° 18' 38" norte, 103° 25' 50" oeste; ubicados en la zona litoral del estado de Michoacán, México. Es una playa abierta desprotegida de 4.8 km de largo y una anchura promedio de 150 metros que corre en dirección este – oeste.

La playa de Maruata se localiza en las coordenadas 18° 15' 30" norte y 102° 48' 49" oeste; es una playa protegida en la bahía del mismo nombre. (Alvarado y Figueroa, 1989). Colola y Maruata son las playas más visitadas por las hembras de *Chelonia agassizii*, donde se da la mayor cantidad de desoves de esta especie. La playa de Lázaro Cárdenas es la menos visitada por esta especie. Sus coordenadas son: 18° 0' 43" norte y 102° 23' 34" oeste, ubicada en la costa de Michoacán.

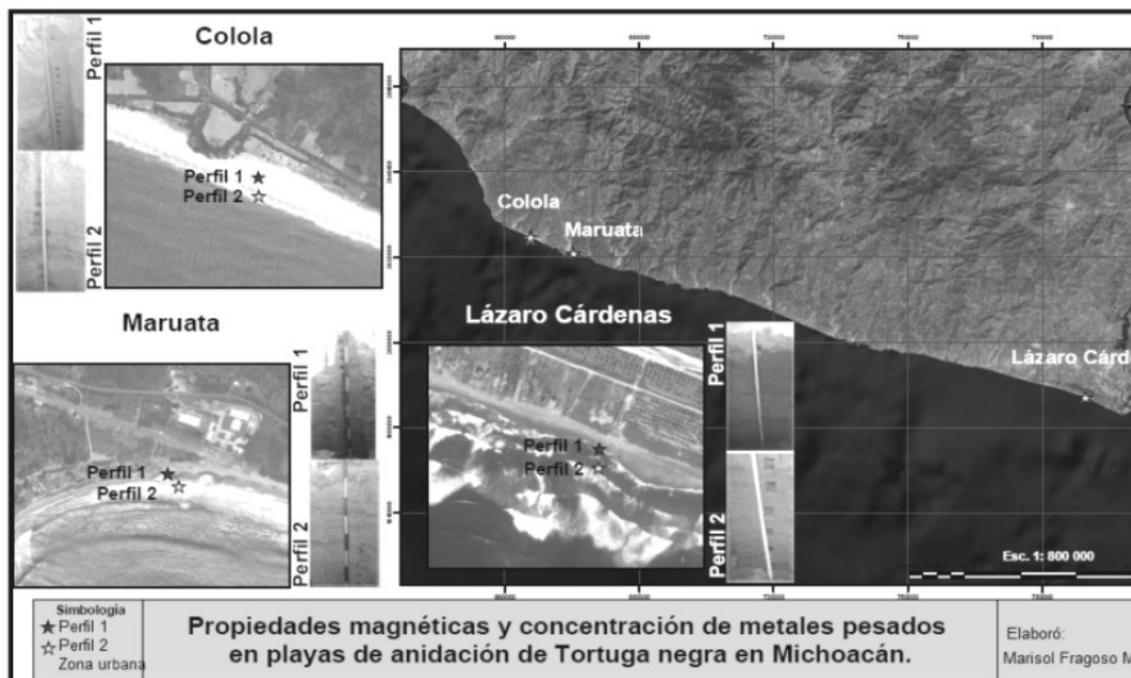


Figura 1. Mapa de la costa de Michoacán ubicando los perfiles de las tres playas de muestreo.



## Materiales y métodos

Para el muestreo se excavaron dos perfiles en cada una de las playas: uno lejano (perfil 1) y otro cercano (perfil 2) al mar, tomando como referencia restos de huevos eclosionados obteniendo un total de 6 seis perfiles. Cada perfil se excavó hasta una profundidad de 1 m (excepto el perfil 1 de Lázaro Cárdenas donde fue imposible muestrear más allá de los 70 cm por su cercanía con la tabla de agua). Se tomaron muestras discretas *in situ* cada 5 cm, con lo cual se obtuvieron 113 muestras: 40 de Colola, 40 de Maruata y 33 de Lázaro Cárdenas. Se etiquetaron y se georeferenciaron por medio de GPS. Posteriormente se pesaron y después se secaron a la sombra durante dos semanas. Una vez secas, se midieron los parámetros magnéticos y se realizaron los análisis químicos para obtener los MP mayores y menores en ppm.

Se determinó la susceptibilidad magnética en baja frecuencia utilizando un susceptibilímetro Bartington MS2B a 460 Hz. Las muestras se sometieron a adquisición de magnetización remanente isotérmica (MRI) utilizando un magnetizador de pulsos ASC IM-10 a temperatura ambiente.

La magnetización adquirida a 700 mT se tomó como la magnetización de saturación (MRIS). Después de la saturación, se aplicaron campos inversos de 300 mT, para obtener la relación  $S-300 = MRI-300/MRIS$ . Se utilizó un magnetómetro de giro AGICO JR6 para medir la magnetización remanente en cada paso de adquisición. Todos los resultados se graficaron de manera que se pueda establecer una escala relativa de concentración de minerales magnéticos, que a su vez, se utilizaron para evaluar niveles de MP.

La determinación de MP se realizó con el equipo: S1 TURBO SDR de (FRX) y se determinaron los siguientes elementos:

Molibdeno (Mo), Circonio (Zr), Estroncio (Sr), Uranio (U), Rubidio (Rb), Torio (Th), Plomo (Pb), Selenio (Se), Arsénico (As), Mercurio (Hg), Oro (Au), Zinc (Zn), Wolframio (W), Cobre (Cu), Níquel (Ni), Cobalto (Co), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Cromo (Cr), Vanadio (V), Titanio (Ti), Escandio (Sc), Calcio (Ca), Potasio (K), Azufre (S), Bario (Ba), Cesio (Cs), Teluro (Te), Antimonio (Sb), Estaño (Sn), Cadmio (Cd), Plata (Ag), Paladio (Pd), Niobio (Nb), Bismuto (Bi), Aluminio (Al), Fosforo (P), Silicio (Si) y Magnesio (Mg).

## Resultados

La susceptibilidad magnética ( $X_{LF}$ ) y la magnetización remanente inducida (MRIS) se muestran en la Figura 2 y 3 se puede observar que la concentración de minerales magnéticos varía de acuerdo con los contenidos de MP. En Colola, el Co fue el metal con mayor concentración encontrado a 60 cm de profundidad que es el nivel donde normalmente la tortuga negra deposita sus huevos. Predominan bajos niveles de Hg a lo largo de ambos perfiles. En el perfil 2 se detectó la presencia de Cd entre los 60 y 80 cm de profundidad. **Figura 2**

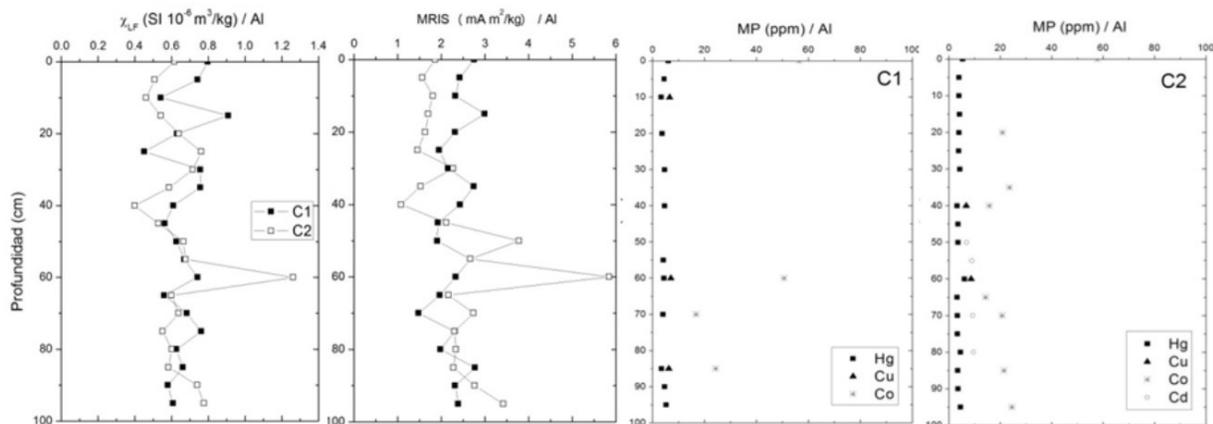


Figura 2. XLF y MRIS con contenidos de metales pesados en los perfiles 1 y 2 de la playa Colola, Michoacán.



La Figura 3 muestra los perfiles de Maruatay se puede apreciar abundancia de MP considerados como peligrosos para la anidación de esta especie. También presenta los valores más altos de minerales magnéticos con respecto a Colola.

En Maruata, el perfil 1 es el que presentó las concentraciones más altas de MP, detectándose elementos como el Pb y Cr, no presentes en el perfil 2. El Cd solo se detectó en dos niveles del perfil 2 y no el perfil 1. El Hg y el Mo que se encuentran presentes aparentemente a lo largo de casi la totalidad de ambos perfiles, se encuentran en cantidades cercanas al límite de detección por lo que no deben considerarse como elementos de riesgo en este caso.

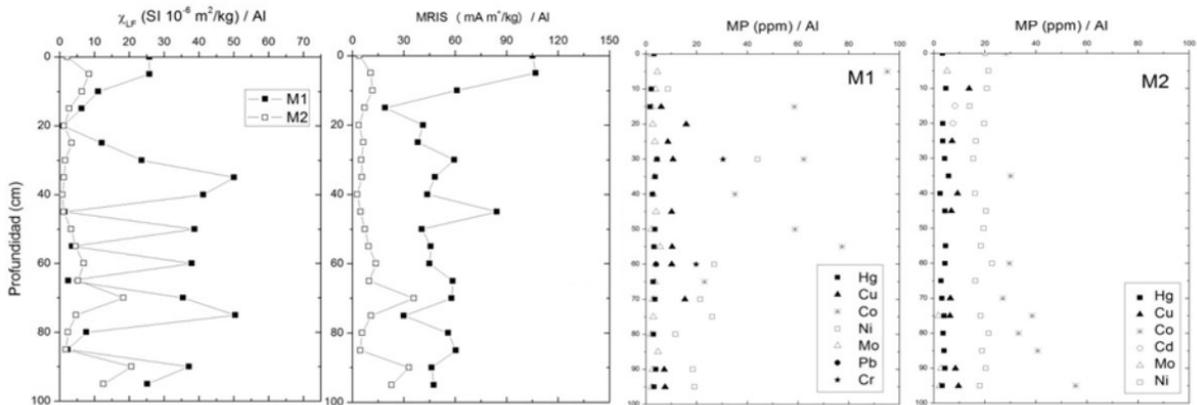


Figura 3. XLF y MRIS con contenidos de metales pesados en los perfiles 1 y 2 de la playa Maruata, Michoacán

La figura 4 compara el parámetro MRIS para las tres playas de muestreo; se observa que existe mayor contenido de minerales magnéticos para Lázaro Cárdenas lo que constituye una primera aproximación de que el mayor grado de contaminación se encuentra en esta playa; los valores de éste parámetro magnético oscilan entre 0 y 8 para Colola de 0-8, mientras que para Maruata varían de 0 a 200 y en Lázaro Cárdenas son dos veces mayores que para Maruata. **Figura 4**

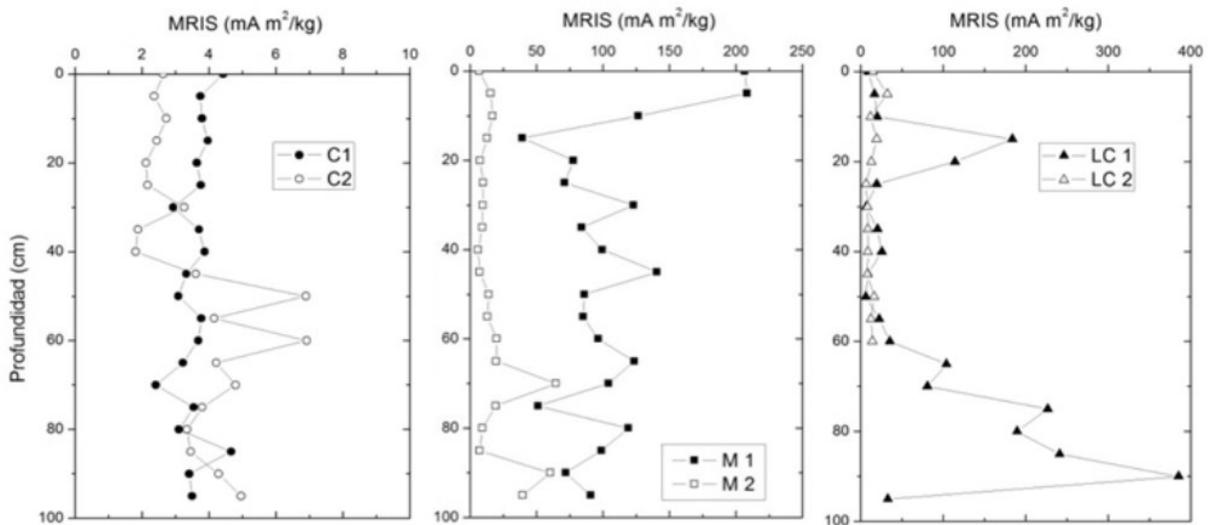


Figura 4. Comparación de MRIS de Colola, Maruata y Lázaro Cárdenas.



## Discusión

En Colola se encontraron bajas concentraciones de Cd en el Perfil 2 entre los 60 y 80 cm; el Cd pueden afectar la formación de los órganos internos durante las primeras fases de desarrollo embrionario (Storelli *et al.*, 2004). El Cu y Co se encuentra presente en ambos perfiles de Colola por lo que es probable que un porcentaje de huevos se quede sin eclosionar.

El Hg se detectó a lo largo de ambos perfiles en cantidades mínimas. Éste se ha reportado como agente carcinógeno en especies de tortugas marinas (Bárceñas, 2010). Se identificaron bajos niveles de MP a lo largo de los dos perfiles muestreados y algunos estaban debajo del límite de detección. Se tiene el registro que el Cu y Fe afectan algunos órganos de tortugas marinas como el cerebro y las glándulas de sal (Caurant *et al.*, 1999). Por otra parte en Maruata se detectaron concentraciones importantes de Cu y de Fe a lo largo de ambos perfiles. También se determinó la presencia de Pb, Cr, Cd, Ni, Mo, Hg y Co en ésta playa; algunos de estos MP son considerados como elementos peligrosos para algunas especies de tortugas marinas (Bárceñas, 2010). Finalmente, aunque no se realizó el análisis químico en las muestras de Lázaro Cárdenas, éstas arrojaron los valores más altos de los parámetros magnéticos. Cabe recordar que en ésta zona se registra una intensa actividad antrópica. Por el contrario, la playa Colola (zona de reserva ecológica y con poca población humana) presentó los valores más bajos de los parámetros magnéticos.

## Conclusiones

Los valores más altos de parámetros magnéticos que se obtuvieron se observan en los perfiles de Lázaro Cárdenas, seguidos de Maruata y Colola.

Se observó a lo largo de los perfiles que existe una relación entre la concentración de MP con los parámetros magnéticos. Al comparar los resultados entre Colola y Maruata, se determinó que las muestras de Maruata son las que tienen mayor concentración de MP y minerales magnéticos.

Se deduce que la playa de Lázaro Cárdenas, con picos más altos en los resultados magnéticos, posiblemente tenga mayor contaminación de MP y sea la playa menos apta para la anidación.

En Colola se registraron los niveles más bajos de MP. No se detectaron Mo, Pb y Cr que si estaban presentes en los perfiles de Maruata, por lo que Colola se considera la playa más apta para la reproducción y anidación de tortugas marinas.

## Referencias bibliográficas

- Alvarado, J., Delgado, C., 2005. Tortugas marinas de Michoacán. Historia Natural y Conservación. Comisión de pesca del estado de Michoacán. U.M.S.N.H., 152 p.
- Alvarado, J. y Figueroa, A., 1989. Madurez sexual tardía de las tortugas marinas. *Ciencia y Desarrollo. Vol. XV (89)*, 59-63 pp.
- Alvarado, J., Figueroa, A., 1989. Ecología y Conservación de las tortugas marinas de Michoacán, México. *Cuadernos de Investigación. No. 7, U.M.S.N.H.*, 71 p.
- Bárceñas, A. (2010). La jornada ecológica.  
*Correo electrónico: [abi\\_tortoise@yahoo.com.mx](mailto:abi_tortoise@yahoo.com.mx)*
- Caurant, F., Bustamante, P., Bordes, M., Miramand, P., 1999. Bioaccumulation of cadmium, copper and zinc in some tissues of three species of marine turtles stranded along the French atlantic coasts. *Marine Pollution Bulletin* 38, 1085–1091.
- Mortimer, J. A., 1982. Factors Influencing Beach Selection by Nesting Sea Turtles. *Biology and Conservation of Sea Turtles*. Smithsonian Institution Press, 45- 51 p.
- Storelli, M., Marcotrigiano, G. O., 2004. Heavy metal residues in tissues of marine turtles. *Pharmacological–Biological Department, Chemistry and Biochemistry Section, Veterinary Medicine Faculty*. 237 p.