



**Tecnociencia 2013, Vol. 15, N° 2.**

## **PERFILES DE PLAYA COMO INDICADORES DEL IMPACTO DE LA ACTIVIDAD DE EXTRACCIÓN DE ARENA SUBMARINA EN EL ARCHIPIÉLAGO DE LAS PERLAS**

**Luis Miguel González<sup>1</sup> y Arturo Dominici-Arosemena<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Física, Universidad de Panamá.

<sup>2</sup>Conservacion Internacional/FUNDESPA

E-mail: <sup>1</sup>mreal9@yahoo.es, <sup>2</sup>adominici@fundespa.org

### **RESUMEN**

Las playas son un recurso natural valioso. En Panamá la arena proveniente de fuentes marinas es usada para la industria de la construcción. Una manera en que la extracción de arena submarina puede afectar la estabilidad de las playas tiene que ver con el hecho de que, debido a su posición y forma, el sitio de extracción puede constituirse en una defensa para las playas. Esto es así debido a que el sitio de extracción puede consistir de una zona de menor profundidad que sus alrededores (bajo), por lo que la energía del oleaje incidente puede ser desviada (refracción) o disipada (rompientes). Hemos analizado perfiles de playa medidos en varias islas del Las Perlas ubicadas frente a un sitio de extracción de arena submarina. Dichos perfiles fueron medidos utilizando una técnica de topografía conocida como nivelación diferencial. En la isla Mogo Mogo encontramos que en el año 2010 la parte noreste de la playa estaba por debajo de su condición de equilibrio. El análisis de refracción del oleaje incidente del sureste mostró que la zona de extracción desviaba dichas olas e impedía que llegaran a la playa de estudio. Esto sugiere que dicha zona proporcionaba una defensa a la playa contra el oleaje proveniente del sureste.

### **PALABRAS CLAVES**

Panamá, Archipiélago de Las Perlas, perfiles de playa, extracción de arena, refracción de oleaje, coastal erosion.

## **ABSTRACT**

We seek to assess the impact of underwater sand mining activity on beaches located near the extraction area. Beach profiles measured on the beaches of interest are used as indicators. Baseline beach profiles were obtained in 2006. Beach profiles for comparison purposes were obtained in 2010. We used the concept of equilibrium profile to assess the changes found. At Mogo Mogo Island there was evidence of a significant deficit of sand. This can be explained if we consider that the area of underwater sand mining gave this beach a natural defense from waves that come from the southeast.

## **KEYWORDS**

Panama, Las Perlas Archipiélago, beach profiles, sand mining, wave refraction, coastal erosion

## **INTRODUCCION**

La Zona Marina Especial de Manejo de las Perlas, creada por la Ley 18 de mayo de 2008 de Panamá, es la más reciente adición a un extenso corredor marino de conservación que se extiende desde Costa Rica hasta Ecuador. La zona de manejo de 1688 km<sup>2</sup> incluye 250 islas e isletas rocosas aproximadamente. El Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales ha realizado varios estudios científicos en el Archipiélago de Las Perlas, entre ellos una evaluación de las características de las playas que existen en las diferentes islas que lo componen.

Existen varias maneras en que la extracción de arena submarina puede afectar a las playas. Por ejemplo, las condiciones del oleaje que llega a la orilla pueden cambiar como resultado del dragado de bancos de arena o bajíos cercanos a la costa, lo cual reduce la protección que los mismos proporcionan a la orilla. La desaparición, o el descenso en el nivel, de los bancos de arena cambiará los patrones del oleaje entre el banco y la costa; esto a su vez inducirá cambios en el transporte de sedimentos y por consiguiente en los patrones de erosión y depósito en las playas (Kortekaas *et al.*, 2010).

Estas zonas en donde el fondo se eleva pueden influenciar la abundancia y riqueza de especies que se encuentren en un área marina

determinada. En estas áreas se encuentra una mayor abundancia de peces en comparación con la plataforma continental que la rodea. De manera que los bajíos parecen ser zonas con características importantes y debe evaluarse su extracción con fines comerciales (Vasslides & Able, 2007).

En este estudio hemos realizado una estimación de la función de protección a la costa de una zona de baja profundidad que fue dragada. Para esto, se realizó un análisis de perfiles de playa en varias islas de Las Perlas, así como un análisis de refracción del oleaje incidente. Se encontró que en la playa de estudio de isla Mogo Mogo la zona de baja profundidad dragada desviaba el oleaje incidente del sureste.”

## **METODOLOGIA**

Para realizar la investigación se seleccionaron playas en la Isla Mogo Mogo, en la Isla Bolaño, y en la Isla La Mina. Estas playas se encuentran ubicadas en las cercanías de un área de extracción de arena submarina y fueron parte de un estudio anterior efectuado en el año 2006.

Para localizar la ubicación de las secciones transversales que se midieron en la zona intermareal de las diferentes playas en el año 2010, se utilizaron las coordenadas (Latitud, Longitud) registradas para dichas secciones durante el estudio de Goarin en el año 2006. Para efectuar las mediciones de la posición geográfica en ambos trabajos se utilizó como instrumento un GPS Etrex Garmin de 12 canales en modo WAAS. Pruebas efectuadas con uno de estos equipos y un punto de control geodésico mostraron una exactitud  $< 5$  m.

Para la medición de las secciones transversales o perfiles de playa se utilizó la nivelación diferencial. Esta técnica de topografía consiste en medir las diferencias de altura entre dos o varios puntos. Para este efecto se utilizó un nivel topográfico marca Topcon, un estadal graduado y una cinta de agrimensor. En cada playa se midieron tres perfiles o transectos perpendiculares a la orilla, desde la ubicación del punto de control en la costa hasta el borde del agua en marea baja. En

gabinete se utilizó el programa de computo Tides & Currents para realizar predicciones de la altura de la marea para los días en que se realizó el trabajo de campo, y de esta manera ubicar el nivel de referencia. Las mediciones se efectuaron en agosto del 2010. Los datos de los perfiles para el año 2006 (mayo y junio) se tomaron del trabajo de Goarin 2006. Para generar las gráficas de los perfiles se utilizó el programa de computo MATLAB.

Con la finalidad de estimar el perfil de equilibrio utilizamos una de las propuestas más conocidas (Dean *et al.*, 2004):

$$h(y) = Ay^{2/3}$$

Donde:

y = distancia perpendicular a la costa medida desde el nivel medio del mar,

h = profundidad del fondo con relación al nivel medio del mar,

A = coeficiente que depende del tamaño del sedimento.

El análisis volumétrico se efectuó con el programa de computo SURFER, utilizando como superficie de referencia la correspondiente a 1 m. Con los datos de oleaje disponibles se hicieron diagramas de refracción para evaluar el efecto que pueda tener las dimensiones del área de extracción de arena submarina, sobre las características del oleaje incidente. Para construir las ortogonales (perpendiculares a las crestas de las olas) se utilizó el método manual explicado en el Shore Protection Manual, volumen 1.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

La playa en isla Mogo Mogo se ubica al Sureste de la sección principal de la Isla (Fig. 1). La playa tiene alrededor de 300 metros de largo. En la Figura 2 se presentan graficados todos los perfiles levantados en la playa de isla Mogo Mogo en el 2006 y en el 2010, para compararlos con el perfil de equilibrio (PE). Se observa que en la parte alta de la playa, la variabilidad de los perfiles, con respecto al PE, es baja, con excepción del perfil 3 levantado en el 2010. El perfil 3 medido en el 2010 se encuentra por debajo del PE en toda su extensión.

La playa en isla Bolaño en la que se midieron los perfiles tiene el área de extracción hacia el Este. El levantamiento de los perfiles se efectuó en junio del año 2006 y en agosto del año 2010. En la Figura 3 se presentan graficados todos los perfiles levantados en la playa de isla Bolaño en el 2006 y en el 2010, para compararlos con el perfil de equilibrio (PE). Puede observarse aquí que en la parte alta de la playa los perfiles medidos tienden a ubicarse debajo del PE, mientras que en la parte media de la playa se encuentran sobre el PE. En la parte baja de la playa se presenta una situación mixta.

La playa en isla La Mina en la que se midieron los perfiles tiene el área de extracción hacia el Norte. En la Figura 4 se presentan graficados todos los perfiles levantados en la playa de isla La Mina en el 2006 y en el 2010, para compararlos con el perfil de equilibrio (PE). Vemos aquí como en la parte alta de la playa la mayoría de los perfiles medidos se ubican por debajo del PE, mientras que en la parte baja de la playa sucede lo contrario: los perfiles observados se ubican por encima del PE.

En el cuadro N° 1 mostramos el resultado de comparar el estimado del volumen de arena presente en las playas de estudio en los años 2006 y 2010. Los cálculos se realizaron en el área de coincidencia de los perfiles y por encima de la elevación de un (1) metro.

Cuadro 1. Análisis Volumétrico en las playas de interés.

Playa de Isla	Volumen 2010 menos Volumen 2006 (m <sup>3</sup> )	% del total
Mogo Mogo	-1055	-19.4
Bolaño	-386	-10
La Mina	+1028	+6

En la Figura 1 se muestra un diagrama de refracción hecho manualmente para oleaje que se aproxima, desde el Sureste, a la playa de estudio en Mogo Mogo. Las líneas (ortogonales) que se muestran (en color rojo) son perpendiculares a las crestas y corresponden a olas con un periodo de 5 segundos. Se aprecia en esta figura como la zona de poca profundidad desvía el oleaje proveniente del Sureste. Esta zona de menor profundidad es parte de las zonas de extracción de arena submarina.

El concepto de perfil de equilibrio establece que cada perfil de playa de un tamaño de grano de arena específico puede alcanzar una forma estable bajo condiciones de oleaje incidente constante en un intervalo de tiempo suficientemente largo. Las mediciones de campo y los modelos hidráulicos muestran que los perfiles de las playas cambian de forma como respuesta a los cambios en la intensidad del oleaje incidente, pero si permanecen el tiempo suficiente bajo condiciones de oleaje uniformes, adquieren una forma constante (Jenkins & Inman, 2006). Generalmente las mediciones de los perfiles de playa muestran que éstos fluctúan alrededor del perfil de equilibrio calculado para la playa de que se trate y que el promedio de ellos se asemeja al perfil de equilibrio (Dean & Dalrymple, 2004). La determinación de este perfil de equilibrio puede ayudar a distinguir entre la variabilidad natural y eventos erosivos significativos que puedan acontecer en las playas.

Una parte de la playa de estudio en isla Mogo Mogo en el año 2010 difiere considerablemente y en toda su extensión, del perfil de equilibrio (Fig. 2). Esto puede ser interpretado como que en esta zona se registra un faltante considerable de arena. Como se aprecia en el Cuadro 1, el déficit de arena en la playa de Mogo Mogo entre los años 2010 y 2006 fue de 19.4%, lo cual también es un indicio de que en esta playa se ha perdido arena de manera significativa.

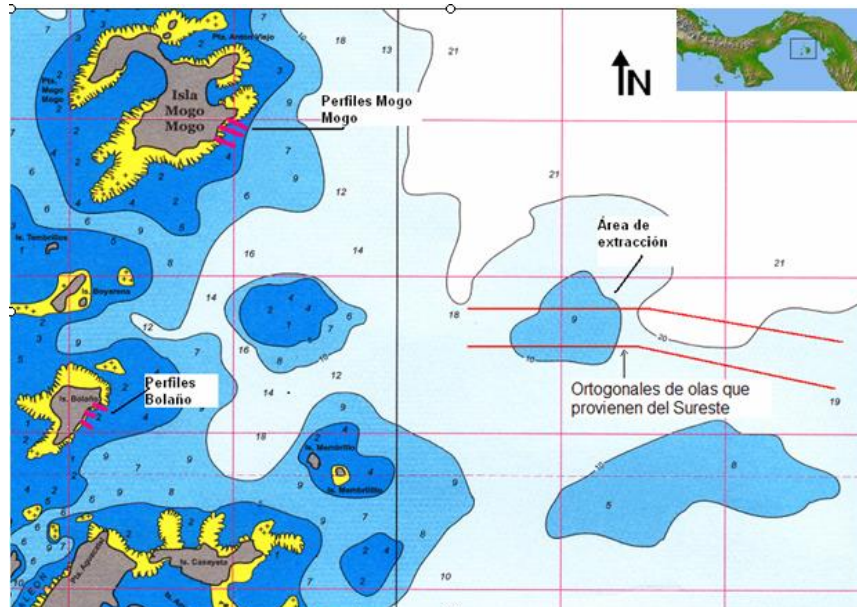


Fig. 1. Localización de la isla Mogo Mogo, el área de extracción de arena submarina y el diagrama de refracción. Dos ortogonales (perpendiculares a las crestas de las olas), marcadas en color rojo, son desviadas (refracción) por parte de la zona de extracción de arena submarina.

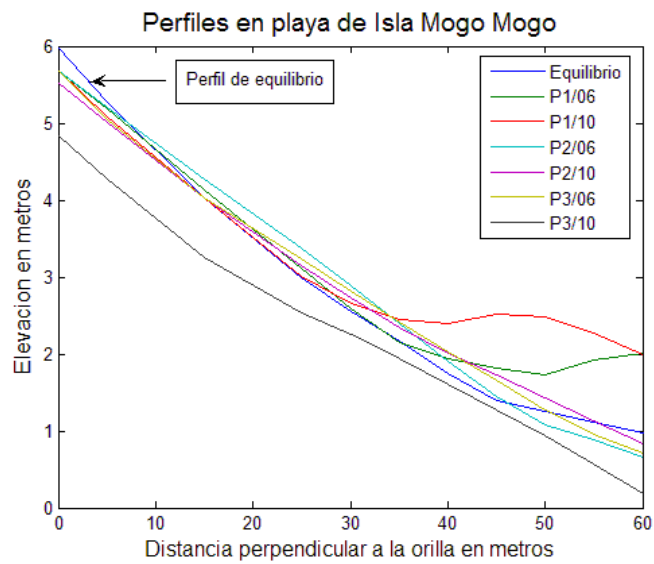


Fig. 2. Perfiles en playa de isla Mogo Mogo comparados con el perfil de equilibrio (PE).

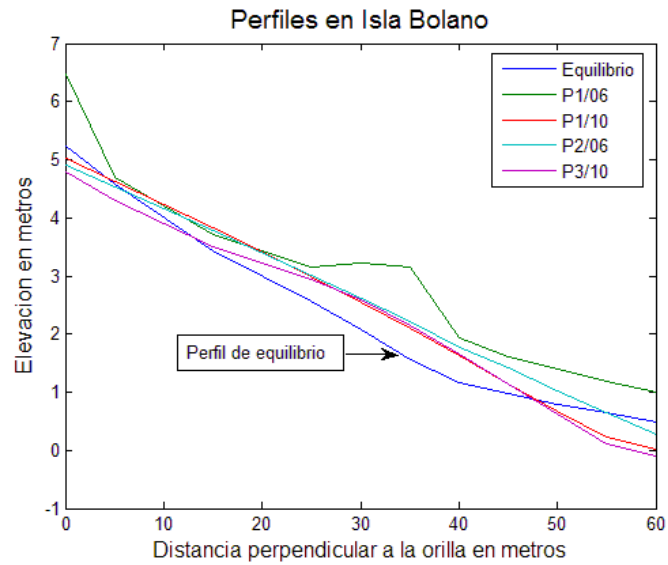


Fig. 3. Perfiles en playa de isla Bolaño comparados con el perfil de equilibrio.

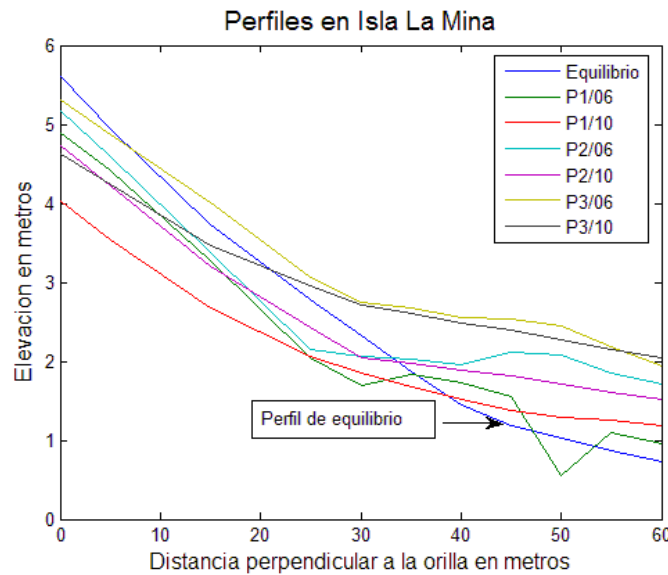


Fig. 4. Perfiles en playa de isla La Mina comparados con el perfil de equilibrio.



## **CONCLUSIONES**

Hemos mostrado como el perfil de equilibrio (PE) nos permite distinguir la fluctuación normal en los perfiles (alrededor del PE) de fluctuaciones que responden a otras causas.

Apoiados en este concepto planteamos que en la zona Noreste (perfil 3) de la playa en Isla Mogo Mogo se registró socavación en el año 2010.

Por otro lado, encontramos evidencia de que la zona de extracción de arena submarina desviaba el oleaje que llegaba a la playa de Mogo Mogo.

Considerando estos hechos, así como la disminución del volumen de arena presente en dicha playa, se propone que la zona de extracción de arena submarina (bajío) le proporcionaba una defensa contra el oleaje incidente del sureste.

## **AGRADECIMIENTOS**

La Organización No Gubernamental Conservación Internacionales proporcionó el financiamiento y revisión técnica del presente trabajo con fondos provenientes del Plan de Trabajo 2008 – 2013 del corredor ETPS, como una asistencia técnica a la Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá. Cuando se realizó el diseño preliminar del proyecto, el autor principal laboraba como Oceanólogo en la ARAP. Como parte de la Iniciativa Darwin se han realizado varios estudios científicos en el Archipiélago de Las Perlas, entre ellos la Tesis de Maestría titulada “MONITOREO Y GESTION DE PLAYAS EN EL ARCHIPIELAGO DE LAS PERLA PANAMA”, en el año 2006. Los datos de campo recabados en dicha tesis fueron utilizados como línea base en el presente trabajo.

## **REFERENCIAS**

Dean, R. & R. Dalrymple. 2004. Coastal Processes with Engineering Applications. Cambridge University Press.

Goarin, M. 2006. Monitoring and Management of Beaches in the Archipelago of Las Perlas, Panama. Heriot-Watt University, Edinburgh. United Kingdom.

Jenkins, S. & D. Inman. 2006. Thermodynamic solutions for equilibrium beach profiles. Journal of Geophysical Research, Vol. 111. C02003, 21 PP. American Geophysical Union.

Kortekaas, S., I. Bagdanaviciute, P. Gyssels, J. Alonso Huerta & A. Héquette. 2010. Assessment of the Effects of Marine Aggregate Extraction on the Coastline: an Example from the German Baltic Sea Coast. Journal of Coastal Research SI 51: 205-214.

Saizar, A. 1997. Assessment of impacts of a potential sea-level rise on the coast of Montevideo, Uruguay. Climate Research. Vol. 9: 73 – 79.

Vasslides, J. & K. Able. 2008. Importance of shoreface sand ridges as habitat for fishes off the northeast coast of the United States. Fish. Bull. 106:93–107.

Waterways Experiment Station. 1984. SHORE PROTECTION MANUAL, VOLUMENES I Y II. Department of the Army, USA.

Zawadzka-Kahlau. 2009. Influence of sea bottom relief on coastal processes of the Southern Baltic. GEOLOGIJA. Vol. 51. No. 3–4: 109–124.

*Recibido noviembre de 2011, aceptado agosto de 2013.*