

# Tasas de sedimentación y fechado de sedimentos en el Golfo de Fonseca, El Salvador, mediante el método de Pb-210

Maira Flores<sup>1</sup>, Oscar Amaya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Toxinas Marinas de la Universidad de El Salvador LABTOX-UES. Facultad de Ciencias Naturales y Matemática. Final 25 Av. Norte, Ciudad Universitaria. San Salvador. [lbttox-ues@ues.edu.sv](mailto:lbttox-ues@ues.edu.sv)

## RESUMEN

Se presentan resultados de la reconstrucción histórica de un núcleo sedimentario para los últimos 100 años (1912-2012), recolectado en el Golfo de Fonseca, El Salvador. Se estimaron tasas de sedimentación utilizando el método de fechado <sup>210</sup>Pb, el incremento encontrado en ese periodo fue 0.03 a 0.57 cm año<sup>-1</sup>, el modelo de fechado utilizado fue flujo constante/sedimentación constante (CFCS), el valor máximo de las tasas de sedimentación ocurrió en el año 2006, se relacionan edades de las capas con eventos naturales y antropogénicos ocurridos en el sitio.

**Palabras claves**— eolmatación, isótopos radioactivos, método de Pb-210, cambios ambientales, cambios climáticos, Golfo de Fonseca.



## INTRODUCCIÓN

El Golfo de Fonseca, compartido por El Salvador, Honduras y Nicaragua, presenta el problema de vertidos asociados al desarrollo urbano, industrial y agrícola [1]. Las tasas de sedimentación son apropiadas para evaluar la cantidad de sedimentos transportados por diversos procesos y conocer el impacto sobre el nivel del Golfo y su colmatación (acumulación de sedimentos).

Los sedimentos formados en sistemas acuáticos son fuente de información de cambios ambientales y climáticos que un determinado lugar ha experimentado. El fechado de sedimentos permite poner la fecha y obtener una visión histórica de la evolución que estos sistemas naturales han sufrido en el tiempo, preservando en las diferentes capas, información relevante sobre fenómenos naturales y antropogénicos, a partir de las edades de las capas es posible determinar las tasas de sedimentación y acumulación másica que reflejan los cambios en la zona de

estudio, permitiendo conocer el impacto de los procesos naturales.

Desde los años setentas se han realizado investigaciones de tasas de sedimentación y fechado de sedimentos marinos, midiendo isótopos radioactivos naturales y artificiales presentes en el ambiente. El radioisótopo natural Pb-210 (<sup>210</sup>Pb) juega un destacado papel en el estudio y fechado de los impactos ambientales producidos durante los últimos 100 años, que cubre el mayor crecimiento industrial y demográfico experimentado en la mayor parte del mundo [2].

## MATERIALES Y METODOS

La campaña de recolección de núcleos sedimentarios se realizó durante marzo y mayo de 2012, utilizando un nucleador de gravedad marca Uwitec. El sitio de muestreo fue seleccionado considerando sedimentos finos (fangosos), evitando zonas cercanas de descarga industrial, dragados etc. Esto para reducir la posibilidad de problemas de mezcla. El núcleo para análisis fue codificado como GF04, extraído a 8 m bajo el nivel del mar, con 28 cm de longitud y 8 cm de diámetro, coordenadas 17° 11' 28.68'' N y 87° 52' 09.0'' O, Fig.1.

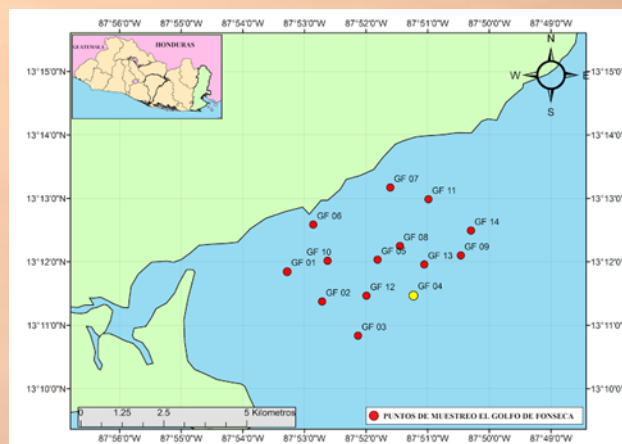


Fig. 1. Ubicación y distribución de puntos de muestreo en el Golfo de Fonseca, Núcleo GF04 coordenadas 17° 11' 28.68'' N y 87° 52' 09.0'' O.

## TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS

Los núcleos sedimentarios se transportaron en posición vertical al laboratorio de Toxinas Marinas (LABTOX-UES) para evitar mezcla en la interfase agua-sedimento, se rebanaron en secciones de 1 cm de espesor. Se estimó la materia orgánica a través del análisis de pérdidas por ignición (PPI), calcinando una porción de sedimento seco a 550 °C.

### Digestión de la muestra

Se pesaron 0.5 g de sedimento por muestra en recipientes de teflón; agregando cantidades conocidas de <sup>209</sup>Po (Polonio-209) como trazador, se realizó una digestión ácida utilizando 5ml:HNO<sub>3</sub>, 4ml:HCl y 1ml:HF concentrados, en plancha de calentamiento a 120°C durante 15 h. Se evaporó hasta sequedad a temperatura de 80°C, el residuo se redisolvió en HCl concentrado y se evaporó nuevamente a sequedad, repitiendo tres veces. El aislamiento de los isótopos de Po se realizó por disolución espontánea en discos de plata de 2 cm de diámetro, mediante agitación orbital por 12 horas (Ks 260 basic). La actividad del <sup>210</sup>Pb se determinó por espectrometría alfa utilizando un detector de barrera superficial de silicio (Ortec, Alpha Duo ULTRA-AS) con un tiempo de conteo de 400,000 segundos [3].

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La actividad del <sup>210</sup>Pb (Plomo-210), se determinó por espectrometría alfa, a través de su descendiente <sup>210</sup>Po (Polonio-210). Para efectuar el fechado se seleccionó el modelo CFCS basado en la relación altamente significativa de los coeficientes de correlación obtenidos Pearson y regresión, P<0.05 y r>0.93, para la relación logarítmica de <sup>210</sup>Pb<sub>ex</sub>, con la masa acumulada. Este modelo incluye un flujo constante de <sup>210</sup>Pb independientemente de las variaciones en el flujo sedimentario [4, 5]. Para la determinación de la actividad de <sup>210</sup>Pb se requiere determinar las actividades de plomo total, plomo soportado y plomo en exceso.

### <sup>210</sup>Pb Total

El intervalo de la actividad de <sup>210</sup>Pb<sub>tot</sub> fue de 41.7 a 119 Bq kg<sup>-1</sup>, este perfil presentó una zona de mezcla superficial en los primeros 6 cm del núcleo específicamente entre el

centímetro 4 y 6; y un posterior decaimiento exponencial con respecto a la profundidad. Fig.2.

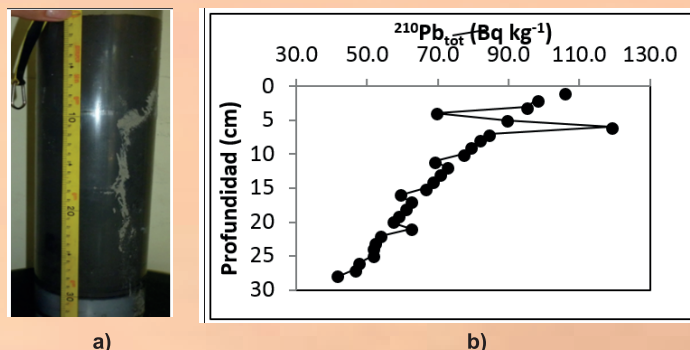


Fig. 2. a) Características del núcleo analizado y b) Perfil de <sup>210</sup>Pb<sub>tot</sub> contra la profundidad, para el núcleo sedimentario GF04 del Golfo de Fonseca.

### <sup>210</sup>Pb soportado (<sup>210</sup>Pb<sub>sop</sub>)

El valor de concentración de <sup>210</sup>Pb<sub>sop</sub> en los sedimentos se obtuvo calculando el promedio de las concentraciones de la parte asintótica del perfil, que se mantienen casi constantes respecto a la profundidad. En este estudio se determinó por el promedio de los valores del <sup>210</sup>Pb<sub>tot</sub> de las últimas tres profundidades, arrojando el valor de 45.2 ± 3.2 Bq kg<sup>-1</sup>.

### <sup>210</sup>Pb en exceso (<sup>210</sup>Pb<sub>ex</sub>)

Proviene principalmente del depósito atmosférico directo, es el valor necesario para realizar el fechado de un núcleo sedimentario, así como las tasas de sedimentación y acumulación, empleando la siguiente ecuación [8, 9]:

$$Pb_{Exceso}^{210} = Pb_{Total}^{210} - Pb_{soportado}^{210} \quad EC. 1$$

El intervalo de concentraciones de la actividad de <sup>210</sup>Pb<sub>ex</sub> fue de 6.3 a 73.7 Bq kg<sup>-1</sup>, están dentro de los valores típicos de <sup>210</sup>Pb<sub>ex</sub> de estuarios tropicales y subtropicales en el mundo (Tabla 1).

Tabla 1. Comparación de valores máximos de <sup>210</sup>Pb<sub>ex</sub> (Bq kg<sup>-1</sup>) en diversos sistemas costeros.

Sistema Costero	<sup>210</sup> Pb <sub>ex</sub> (Bq kg <sup>-1</sup> )	Referencia
Bahía San Francisco, E.E.U.U.	33	Fuller <i>et al.</i> , 1999. [8]
Lagunas Costeras de Sinaloa, México	33	Ruiz-Fernández <i>et al.</i> , 2009. [9]
Estuario Sagua, Cuba	58	Díaz-Asencio <i>et al.</i> , 2009. [10]
Bahía Daya, China	60	Du <i>et al.</i> , 2008. [11]
Laguna Mitla, México	87	Páez-Osuna y Mandelli, 1984. [12]
Golfo Tehuantepec, México	103,1	Vásquez Bedoya, Luis Fernando, 2006. [13]
Estuario del río Coatzacoalcos, México	47	Rosales-Hoz <i>et al.</i> , 2003. [14]
<b>Golfo de Fonseca</b>	<b>73,7</b>	<b>Este estudio</b>

### Tasas de Acumulación y Sedimentación

La tasas de sedimentación para los últimos cien años oscilaron entre 0.03 a 0.57 cm año<sup>-1</sup>, y la tasa de acumulación másica entre 0.03 a 0.40 g cm<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup>,

figuras 3 y 4. Los valores de tasas de sedimentación y acumulación encontradas en este estudio son comparables con valores obtenidos para diversos sistemas acuáticos en el mundo (Tabla 2).

Tabla 2. Intervalos de valores de tasas de sedimentación (cm año<sup>-1</sup>) y acumulación másica (g cm<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup>) en diversos sistemas acuáticos en el mundo.

Sistema	Tasa de sedimentación (cm año <sup>-1</sup> )	Tasa de acumulación (g cm <sup>-2</sup> año <sup>-1</sup> )	Referencia
Thane Creek, India	0.32 - 0.92	0.08 - 0.21	Jha <i>et al.</i> , 2003. [15]
Bahía de Cienfuegos, Cuba	-----	0.3 - 0.5	Alonso-Hernández <i>et al.</i> , 2006. [16]
Río Culiacán, México	0.04 - 1.2	0.04 - 1.7	Ruiz-Fernández <i>et al.</i> , 2002. [17]
Río San Antonio (estuario del río Coatzacoalcos, México)	0.07 - 0.91	0.10 - 1.23	Bojorquez Sánchez, Sara, 2009. [5]
Arroyo San Francisco (estuario del río Coatzacoalcos, México)	0.05 - 0.54	0.08 - 1.35	Bojorquez Sánchez, Sara, 2009. [5]
Montportail-Brouage, Marennes-Oléron Bay, France	0.26-0.95	-----	Gouleau <i>et al.</i> , 2000. [18]
Golfo Tehuantepec, México	0.03 - 0.21	0.05- 0.29	Vásquez Bedoya, Luis Fernando, 2006. [13] Ruiz Fernández., <i>et al.</i> , 2009. [19]
<b>Golfo de Fonseca, El Salvador</b>	<b>0.03 a 0.57</b>	<b>0.03 a 0.40</b>	<b>Este estudio</b>

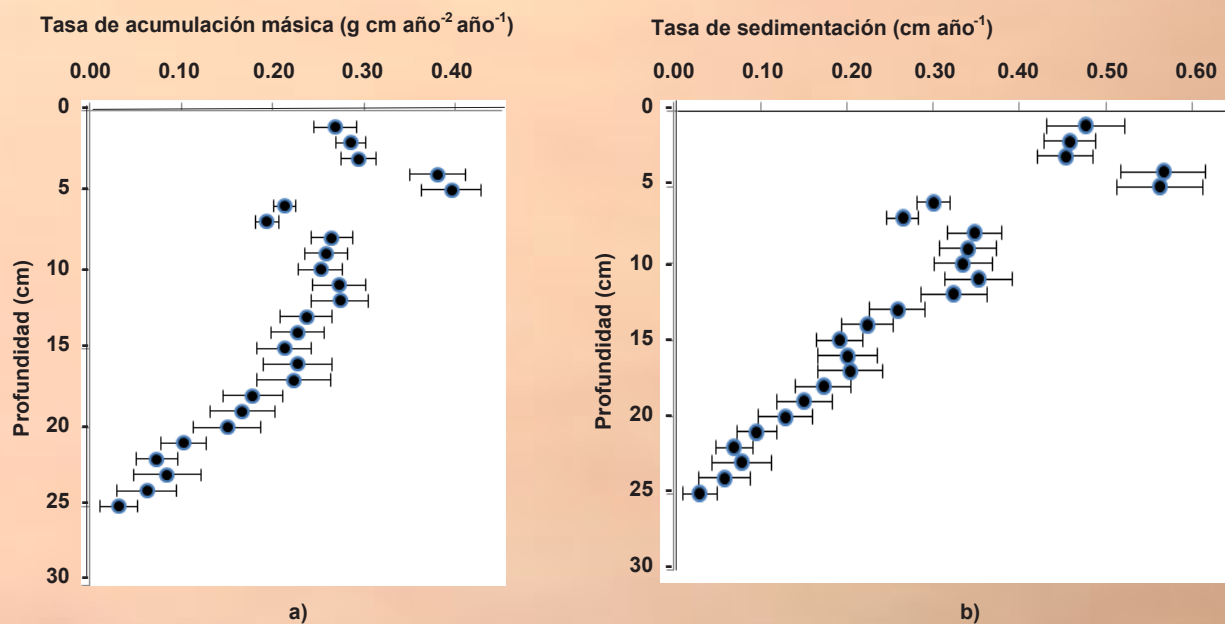


Fig. 3. Perfiles a) tasa de acumulación másica contra la profundidad y b) tasa de sedimentación contra la profundidad.



Durante los años 2009-2011, se presentaron una serie de eventos meteorológicos entre otros: Tormenta Ida (2009), Agatha (2010), Depresión Tropical 12E y Bajas Presiones (2011), coin-

ciendo en estos años incrementos significativos en las tasas de sedimentación como se muestra en la Figura 4.

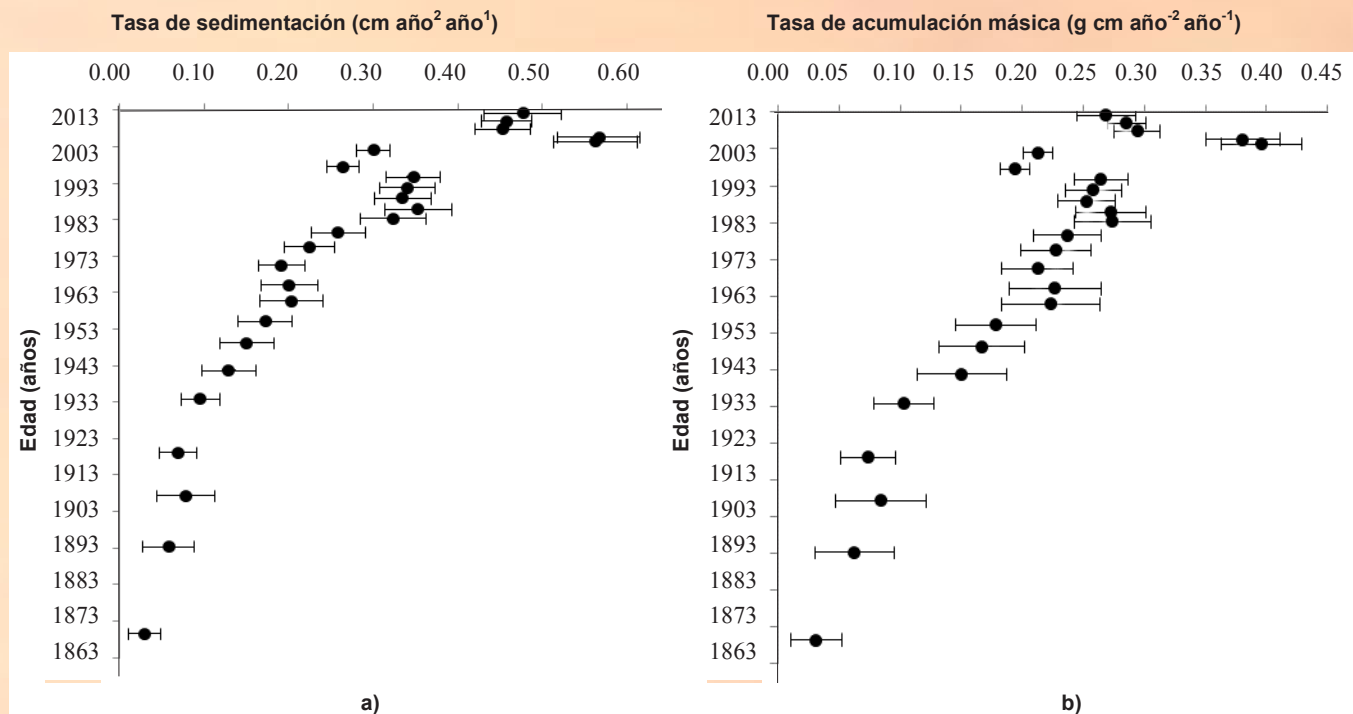


Fig. 4. Perfiles a) tasa de acumulación mássica contra la profundidad y b) tasa de sedimentación contra la profundidad.

## CONCLUSIONES

- Las tasas de sedimentación en el núcleo GF04 del Golfo de Fonseca en un periodo de 100 años variaron entre  $0.03$  y  $0.57 \text{ cm año}^{-1}$  y las tasas de acumulación mássica fluctuaron entre  $0.03$  y  $0.40 \text{ g cm}^{-2} \text{ año}^{-1}$ . El valor mássimo de las tasas de sedimentación se registró en el año 2006, ( $0.57 \pm 0.05 \text{ cm/año}$ ); coincidiendo probablemente con la construcción del puerto de La Unión Centroamericana (2005-2008), también en el año 2005 sucedió el huracán Stan un evento meteorológico importante, que posiblemente contribuyó al aporte de sedimento a la zona de estudio incrementando las tasas de sedimentación.
- Este estudio pionero es una aproximación cuantitativa a la evolución erosional del Golfo de Fonseca.
- Se tiene la capacidad instalada en el país para hacer investigaciones empleando el método de fechado de  $^{210}\text{Pb}$ .

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Cordales Lenin. 2001. PROARCA/COSTAS. 59 pp.
- [2] Juan Pablo Bernal, *et al.*, 2010. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Volumen 62, num. 3, 305-323.
- [3] A.C. Ruiz-Fernández y J.A. Sánchez-Cabeza. 2010. Guía para el uso de sedimentos en la reconstrucción histórica de la contaminación en zonas costeras. IAEA (International Atomic Energy Agency).
- [4] Robbins J. A., 1978. p. 332-367.
- [5] Appleby P. G., 2001. Kluwer Academic Publishers,

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue posible con el apoyo del Organismo Internacional de Energía Atómica OIEA, bajo el proyecto ELS7005.