

ANÁLISIS MORFOLÓGICO EN LA CONFLUENCIA DE LOS RÍOS DAULE Y BABAHOYO REALIZADO EN EL AÑO 2016*

MORPHOLOGICAL ANALYSIS IN THE CONFLUENCE OF THE DAULE AND BABAHOYO RIVERS DURING THE YEAR 2016*

Patricia Villa⁽¹⁾, Manuel Gómez De La Torre⁽¹⁾, Andrés Pacheco⁽¹⁾

¹Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Matemáticas y Física, Guayaquil, Ecuador.

* Generado de la tesis de pregrado de Ingeniería Civil, Universidad de Guayaquil, 2016

Correo electrónico: angela.villar@ug.edu.ec manuel.gomezdelatorre@ug.edu.ec andres.pacheco@ug.edu.ec

RESUMEN

Esta investigación, responde a la necesidad de identificar cambios morfológicos que podrían estar asociados, con alteraciones en el funcionamiento hidráulico, de la confluencia del río Daule con el río Babahoyo frente a la ciudad de Guayaquil, lo que podría generar riesgos como: inundaciones en zonas bajas, erosión en las orillas e infraestructura y dificultades para la navegación segura.

Con la finalidad de realizar el diagnóstico del lecho fluvial se ha generado la modelación digital del terreno y se analizó los cambios morfológicos, en los últimos cinco años en base a las batimetrías existentes.

Usando el software, de manejo de información geográfica, ArcGIS se generaron modelos digitales del terreno con las batimetrías de los años 2012, 2014, 2016; en los cuales se ha podido observar dos puntos críticos; el primero es un banco de arena en el río Daule entre el Islote El Palmar y La Puntilla, que está en movimiento y que va aumentando de tamaño, el cual tiende a unirse al islote El Palmar y el segundo punto crítico, que se analizó, es un banco de arena nuevo que está formando en la desembocadura del río Babahoyo.

Ante el supuesto de existir cambios morfológicos significativos, el estudio nos ha permitido establecer las condiciones en que se encuentra el lecho fluvial y poderla comparar con la información histórica que se ha recolectado en el área de estudio. Este análisis generó una recomendación de un plan de monitoreo de lecho del río, para definir las acciones de mitigación que se requieran tomar en relación de las condiciones intrínsecas del sector.

Palabras claves: Datos batimétricos, Geomorfología, Modelo Digital del Terreno, Sedimentación.

ABSTRACT

The purpose of the research is to identify morphological changes that would be associated with a hydraulic flow permanent change in the confluences of the Daule river that joints Babahoyo river at Guayaquil city, so that the probable scenario of a Hydraulic riskin a populated area as Guayaquil due to: flooding at low land areas, erosion at river bank and safety in navigation.

In order to achieve an overview of the river bed changes, in this research was generated a digital terrain model and was analyzed the morphological changes in the last five years from the collected bathymetry data.

By the use of ArcGIS software, it was generated 3 cases of digital terrain models in the study area for the years, 2012, 2014, 2016. There was find out two critical sand accumulation areas: First, sand accumulation at Daule river between La Puntilla and the Palmar islet which is growing and dynamic; Second a new sand accumulation at Babahoyo river in the confluence with Daule river.

About the hypothesis of any hydraulic flow change, this research enable us to assess the last five year morphological condition of the hydraulic river bed and compare with the collected historical data. The results about the actual flow condition allowed us to propose a preventing planning with monitoring river bed bottom witch is necessary to evaluate future mitigation measures.

Keywords: *Digital Terrain Model, Geomorphology, Sedimentation, Bathymetric data.*

INTRODUCCIÓN

El estuario del río Guayas, comienza en la Isla Puna y se extiende hasta donde llega el influjo de la marea y la salinidad, es decir hasta unos 100 km. dentro del continente por los ríos Daule y Babahoyo (Armijos & Montolío, 2008).

Algunos investigadores y geólogos, creen que el estero Salado, junto con el río Guayas, formaban parte de un gran delta, que se comunicaban entre si hasta la gran llanura, en donde hoy se asienta la ciudad de Guayaquil.

La Cuenca del Guayas con un área de 34.500 km², abarca el sistema hidrográfico formado por las sub cuencas de los ríos Daule y Babahoyo, los mismos que dan lugar a la formación del río Guayas en su confluencia en la Puntilla de Samborondón a una distancia de 5 km. de la ciudad de Guayaquil. Estos dos afluentes son los aportantes de la sedimentación, que ha afectado por años el cauce navegable del río, material sedimentario que ha dado lugar a la formación de azolves que se han transformado en grandes bajos, barras e islotes tanto en sus afluentes como en el río Guayas; ejemplo: Islote Mocolí en el Babahoyo; Islote El Palmar; los bajos en la desembocaduras de los ríos Daule y Babahoyo entre Guayaquil y Durán (Hinojosa, 2014).

El área de influencia de ésta investigación es la ciudad de Guayaquil, como antecedente se tiene que el río Guayas colinda con la ciudad y que ha sido muy importante durante su historia, por ejemplo tenemos que, el puerto de Guayaquil se estableció inicialmente en la orilla del río Guayas a la altura del barrio de Las Peñas que se extendía hasta la calle Olmedo, mismo que contaba con muelles que permitían el arribo de las naves, en donde se embarcaban y desembarcaban las mercaderías. Por la forma meándrica o sinuosa del río Guayas era difícil su ingreso a Guayaquil; siendo que las embarcaciones debían atravesar grandes bancos de arena y sedimentaciones dispersas (Tobar, 2004).

Debido a la importancia del río Guayas para su área de influencia en especial para la

ciudad de Guayaquil varios estudios previos tratan sobre el sistema dinámico del río Guayas y el desarrollo de una muy significativa acumulación de arena en medio de su cauce que se conoce como islote “El Palmar” frente a la ciudad de Guayaquil. El Estudio más relevante en la materia, fue presentado por el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos (USACE, 2005); con el título “Reporte del Estudio de Sedimentación del río Guayas”; también el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), ha realizado publicaciones respecto principalmente a la formación del Islote El Palmar, en base a levantamientos hidrográficos en años anteriores.

En los estudios previos se observa que en el río Guayas, así como en sus afluentes (ríos Babahoyo y Daule), el transporte de sedimento predominante es por suspensión, sin embargo, la mecánica del transporte de sedimentos frente a la ciudad de Guayaquil es muy compleja debido a cuatro razones:

1. La morfología del fondo es muy irregular y cambiante.- En el contexto de una morfología fluvial dinámica, la secuencia de excavado - relleno depende localmente de la forma de las secciones transversales del cauce. (Andrews, 1982).

2. Características del estuario.- Existe predominancia de los efectos de las mareas, inclusive sobre las descargas fluviales del río; siendo que la dirección principal del transporte de sedimentos del río Guayas se dirige hacia aguas abajo del cauce, la dirección del flujo es variable con periodos de aproximadamente medio día, por efectos de la marea. En la Clasificación de los Deltas (Galloway, 1975) los estuarios representan un caso particular de deltas con predominancia de las mareas.

3. La confluencia del río Daule y Babahoyo.- La confluencia entre los dos ríos está controlada por la relación entre sus caudales y el ángulo de convergencia. Si se modifica la relación o se aumenta el ángulo se genera sedimentación en la salida del río menor (banco de arena) (Best, 1988).

Según Best (1988), las aguas que proceden del río menor o del río con ángulo fuerte dan vueltas en la zona de confluencia en lugar de correr de manera continua, lo que genera la sedimentación de un banco de arena.

Las fluctuaciones de la relación de los caudales de los ríos Daule y Babahoyo son favorables a la sedimentación en la zona de confluencia. (Dumont, Santana, & Soledispa, 2007).

4. La descarga del río es variable.- Cuya intensidad depende de la época del año, siendo que en la estación lluviosa puede tener una incidencia importante en el transporte de sedimentos en comparación con la época seca, donde la intensidad del río es menor y existe el predominio del efecto de las mareas para el transporte de sedimentos.

De acuerdo a la Comisión de Estudios para el Desarrollo de la Cuenca del río Guayas, CEDEGE, en la Cuenca del río Guayas se registra una tasa promedio anual de erosión laminar de 0.5 mm, equivalente aproximadamente a 15 millones de metros cúbicos de sedimentos. En el período 1997-1998 esta tasa de erosión se incrementó a 1.75 mm, equivalente aproximadamente a 50 millones de metros cúbicos de sedimentos. Este proceso de erosión se atribuye principalmente a la tala de los bosques, a los cambios del uso del suelo, derrumbes y otras actividades que se producen en toda la cuenca. (CAMA E, 2013).

La complejidad del sistema del río Guayas frente a la ciudad de Guayaquil hace muy impredecible la deposición de los sedimentos en suspensión y en consecuencia genera una alta dinámica morfológica del fondo que varía en espacio y tiempo. (Castro B., 2009). En vista de la complejidad del área de estudio, la utilización de un método analítico de transporte de sedimento no es aplicable, por lo que se ha venido estudiando en años anteriores el cambio morfológico mediante las batimetrías multitemporales.

En el caso del área del río Guayas frente a la ciudad de Guayaquil, ha sido tema de discusión, la formación de la acumulación de arena que actualmente es una Isla la cual

emerge, actualmente, tanto en bajamar como alta mar que es conocida como islote "El Palmar".

Aun cuando la opinión general coincide en que la formación de esta isla es el resultado del proceso natural de un sistema fluvial dinámico estacional, los estudios han identificado varios factores que tendrían influencia directa en la tasa de crecimiento y formación de la isla en los últimos años, entre las cuales se podrían mencionar: Cambio en los usos del suelo, la deforestación en la cuenca alta, la construcción de la represa Daule-Peripa, presencia de estructuras de ingeniería significativas como los puentes sobre el río Daule y Babahoyo, los trabajos de dragado, fenómenos naturales como el fenómeno del niño, aumento del nivel de mar, entre otros factores que aceleran la erosión o sedimentación. (Castro B., 2009).

Los ajustes a medio plazo son a menudo provocados por actividades humanas que crean un desequilibrio temporal en el cauce, obligándole a atravesar por toda una serie de «estados transitorios» en busca de un nuevo equilibrio. Tales cambios inducidos por el hombre incluyen efectos directos causados por la planificación deliberada del río para controlar la corriente, regular el suministro de agua o mejorar la navegación, y cambios indirectos producidos por la alteración en los usos del suelo que afectan a la escorrentía superficial y producción de sedimentos (Park, 1981).

El ajuste de la morfología del cauce a un nuevo equilibrio estable no se realiza normalmente mediante un cambio unidireccional, sino a través de una compleja secuencia de cambios que incluyen períodos alternativos de erosión y deposición (Wolman, 1967; Howard y Dolan, 1981).

En esta investigación se pretende evaluar la posibilidad de que el equilibrio dinámico estacional que presentaba el río Guayas, ubicado frente a la ciudad de Guayaquil, se haya afectado pudiendo presentar una situación de desequilibrio de la morfología del lecho fluvial; Para esta evaluación se han recopilado batimetrías de diferentes

instituciones que permitan analizar los cambios morfológicos que se están dando actualmente en el área de estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Considerando la premisa de que pudiera existir una perturbación del equilibrio dinámico estacional característico de un estuario (lo cual se podría argumentar por la sedimentación descrita en la revisión bibliográfica del área de estudio), se procedió a la recopilación de varias fuentes de información batimétrica (últimos 5 años), con la finalidad de poder actualizar el análisis de la variabilidad de la morfología del área de estudio.

Varias Instituciones estatales y privadas han realizado trabajos batimétricos en el área de estudio los mismos que son representados en diferentes productos y a diferentes escalas.

Como primera fuente para esta investigación se ha tomado al Instituto Oceanográfico de la Armada ha realizado varios trabajos de levantamientos hidrográficos 1982, 1985, 1997, 1999, 2000 y 2001 que fueron publicados en las cartas de navegación, y 2005, 2009, 2010 citadas en las Actas Oceanográficas del Pacífico ediciones 2002 y 2007 (Hinojosa, 2014) para generación de cartografía náutica con fines de seguridad marítima para garantizar la navegación segura y salvaguardar la vida en el mar, sin embargo esta información batimétrica se encuentra publicada en la carta náutica IOA 1072 en formato impreso a escala 1:25.000. Una segunda fuente de información es El Municipio de Guayaquil, el cual realiza contratos para realizar trabajos de batimetría y de sedimentación del río Guayas con el INOCAR dicha información no se encuentra liberada y de acceso público por ser un proyecto de interés municipal. Tercera fuente, Instituciones Pública contratan servicios de Consultores privados para generar datos batimétricos para proyectos específicos en el área de estudio, la cual fue accesible a una escala adecuada para la

caracterización de la morfología del río Guayas frente a la ciudad de Guayaquil.

Con el objetivo de actualizar el análisis de la morfología del río Guayas frente a la ciudad de Guayaquil se realizó la compilación de datos batimétricos generados por proyectos gubernamentales con consultores privados en el área de estudio de los últimos cinco años, que se encontraban accesibles mediante la solicitud a la institución productora de los datos y el correspondiente registro del uso de los mismos únicamente para ser utilizados para fines investigativos.

Para el análisis de esta investigación se consideró los datos de profundidades del fondo fluvial de tres campañas disponibles de levantamientos batimétricos en los últimos cinco años; año 2011 información levantada por la Consultora CVA y Asociados, 2014 levantamiento realizado por el consultor Galo Garzón y año 2016 datos adquiridos por el Servicio de Dragas de la Armada del Ecuador.

Con la información recolectada se pretende:

1. Visualizar la Morfología del fondo del cauce en la confluencia del río Daule con el Babahoyo frente a la ciudad de Guayaquil.
2. Comparar los registros y/o datos colectados en los últimos cinco años mediante el uso de un programa de Información Geográfica con la digitalización del terreno fluvial.

Para el análisis de la información batimétrica se utilizó el software ArcGis por ser versátil y disponer de una interface amigable con el usuario; mediante el uso de ArcGis nos permitió generar un TIN (TIN: red de triangulación irregular, a partir de datos geográficos digitales basados en vectores que se generan mediante la triangulación del conjunto de vértices (puntos); los mismos que se encuentran conectados con una serie de aristas (vectores) para formar la red de triángulos. (Gerald, 2010), de acuerdo al siguiente procedimiento:

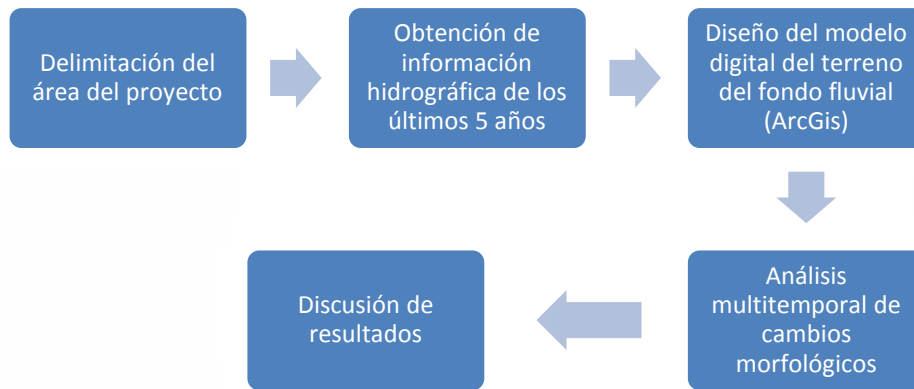


Diagrama 1: Generación del Modelo Digital del Terreno del fondo fluvial
Diagram 1: Generation of the Digital Terrain Model of the riverbed

Para la generación del Modelo Digital del Terreno (TIN) del fondo fluvial se utilizó software ArcGis que utiliza el método de Delaunay, el que realiza la triangulación mediante interpolación lineal que consiste en crear triángulos entre puntos de datos. Los puntos originales de datos se conectan de tal suerte que ningún borde se cruce con los de los otros triángulos (Guibas y Stolfi 1985).

Al cumplirse el criterio de Delaunay en todo el TIN, se asegura la maximización del ángulo interior mínimo de todos los triángulos obteniendo como resultado un

modelo digital del terreno listo para ser alineado y rectificado. (Gerald, 2010).

Generación de TIN Previa a la elaboración del TIN se ingresó los datos batimétricos generando un archivo Shapefile de ArcGis. Se procede a la creación del TIN mediante el módulo Arc-toolbox del sistema de información geográfico ArcGis con la opción Create TIN. Donde se especifica: el nombre del archivo TIN de salida y el sistema de coordenadas, concluyendo el procesamiento de los datos con la creación de la superficie de terreno en 3d como se muestra en la figura:

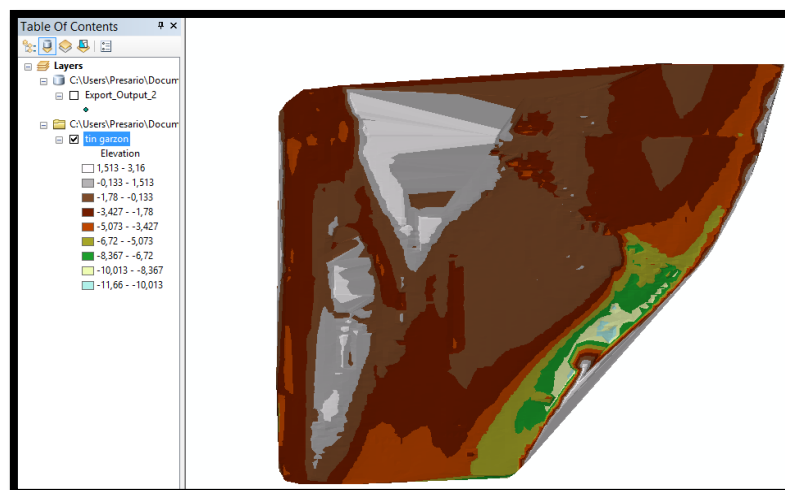


Figura 1: Modelo digital de terreno de la batimetría
Figure 1: Digital terrain model of the bathymetry

Con la finalidad de relacionar el modelo digital de terreno de la batimetría con la

información terrestre del área de estudio se ingresó desde un archivo vector la

planimetría del sector de estudio de la ciudad de Guayaquil previamente delineado con la herramienta: ArcTools opción Deline

ate TIN Data Área para obtener el TIN rectificad como se visualiza en la siguiente gráfica:



Figura 2: Modelo Digital del Terreno (MDT) delineado
Figure 2: Digital Terrain Model (MDT) delineated

Finalmente se personaliza la simbología editando la escala de colores para representar

las coberturas de acuerdo al tipo de información.

RESULTADOS

Análisis de Gráfico: MDT mostrando bancos de arena en la desembocadura del río Babahoyo en el año 2012

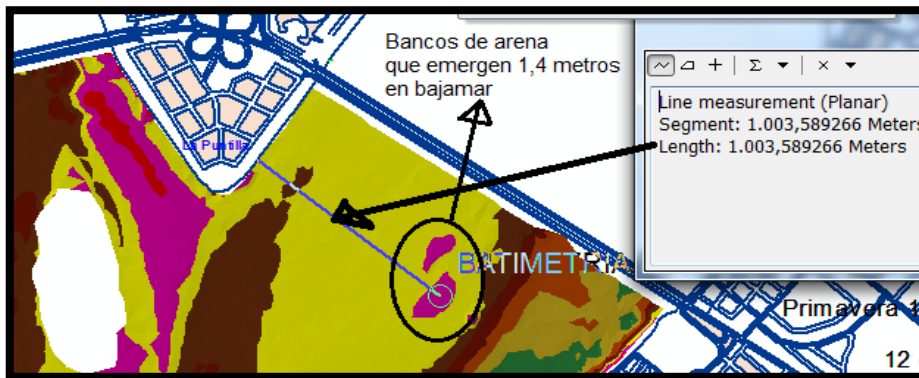


Figura 3: MDT mostrando bancos de arena en la desembocadura del río Babahoyo en el año 2012
Figure 3: MDT showing shoals at the mouth of the Babahoyo River in 2012

De esta batimetría se pudo observar que en la salida del río Babahoyo se ubica un banco de arena que emerge en bajamar que no se había evidenciado en las batimetrías anteriores que está ubicado a una distancia de alrededor de

1 km medido desde la puntilla (indicada de color fucsia).

Análisis Gráfico: MDT mostrando bancos de arena en la desembocadura del río Daule en el año 2012

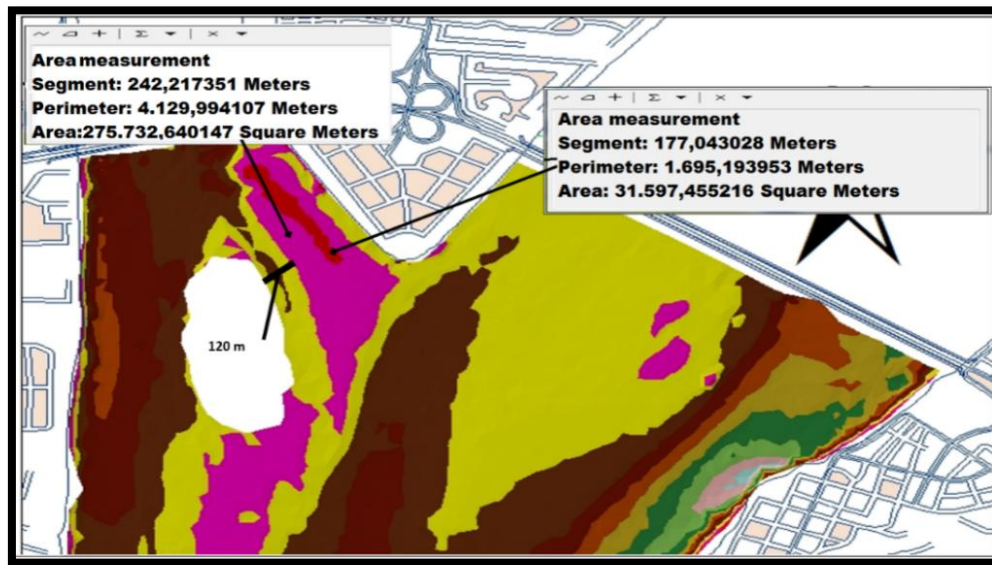


Figura 4: MDT mostrando banco de arena entre el islote y La Puntilla en el año 2012

Figure 4: MDT showing sandbar between the islet and La Puntilla in 2012

En la desembocadura del río Daule presenta dos ramales separados por el islote El Palmar; se puede ver que en el ramal oeste (del lado de la ciudad de Guayaquil) existe una mayor profundidad, y en el ramal este (entre el islote y La Puntilla) presenta un banco de arena de gran dimensión que emerge más de 1.5 m sobre la bajamar (según figura 4) y cubre un

área de 34587 m² y la otra parte del banco que emerge sobre la bajamar con un área de 241145 m², además podemos distinguir una importante acumulación de sedimentos que se genera en la parte sur del islote el Palmar. La separación entre el islote y el banco de arena tiene un promedio de 120 m.

Análisis Gráfico: MDT mostrando las profundidades en el año 2014 del río Daule y Babahoyo

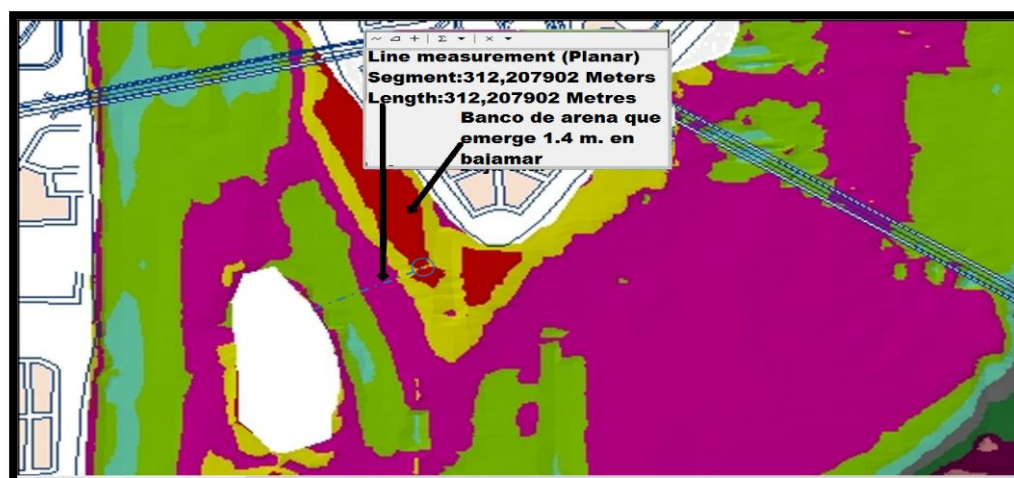


Figura 5: MDT determina el banco de arena apegado a La Puntilla en el año 2014

Figure 5: MDT determines the sandbar attached to La Puntilla in 2014

En la salida del río Babahoyo podemos observar que para este gráfico las profundidades de color fucsia en la desembocadura del río Babahoyo son menores al 0 de bajamar, por lo tanto no descubre ninguna acumulación de arena al contrario de lo que se evidenció en la batimetría del año 2012.

En la desembocadura del río Daule observamos que a diferencia de la batimetría del año 2012, en el ramal este del lado de la puntilla, el banco de arena ha disminuido en cobertura apegándose a la orilla de la Puntilla, dejando un espacio de 312 m entre la Puntilla y el islote El Palmar.

Análisis de Gráfico: MDT mostrando los bajos mediante el uso de batimetría del año 2016 del río Daule y Babahoyo

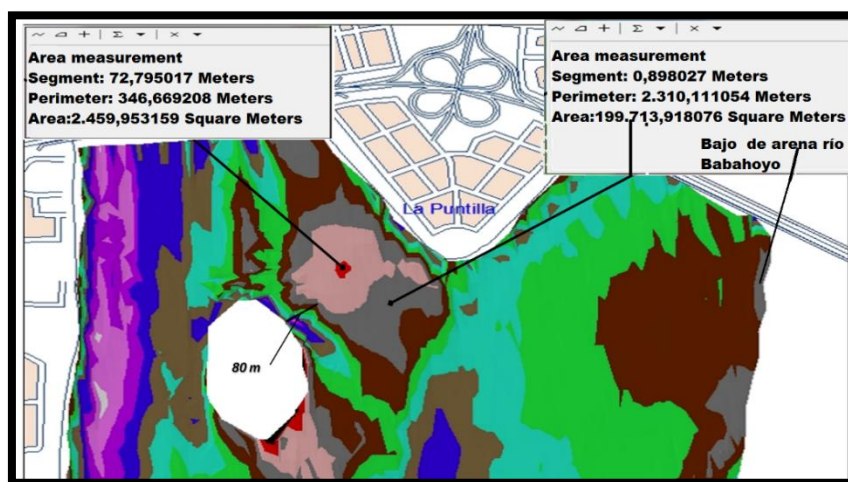


Figura 6: MDT mostrando bancos de arena cerca al islote El Palmar y en la desembocadura del río Babahoyo del año 2016

Figure 6: MDT showing shoals near the island of El Palmar and at the mouth of the Babahoyo river in 2016

En la salida del río Babahoyo: podemos observar que al igual que en el año 2012 vuelve a evidenciarse el banco de arena que emerge en baja mar en el mismo sitio, sin embargo, la superficie que descubre (en color gris) es mayor. No se puede apreciar el banco de arena del río Babahoyo en su totalidad en vista que la información disponible para la generación del TIN no cubre ésta área, por lo que tan sólo se visualiza una porción de esta acumulación de sedimentos ubicada aproximadamente en el centro del cauce del río Babahoyo, debiéndose esto a la falta de datos hacia la orilla este del río Babahoyo.

Una gran diferencia con respecto al año 2014, es que en el centro del cauce del río Babahoyo en el año 2014 presenta menor profundidades (color café), comprendidas entre el rango de 0 y -0.7 m.

En la salida del río Daule: A diferencia del año 2014 se observa que el banco de arena entre el islote El Palmar y la Puntilla se encuentra en el mismo lugar que estaba en el año 2012 pero más cercano al islote El Palmar a 80 metros de la orilla, razón por la cual parecería que tiende a unir el islote El Palmar con La Puntilla. De igual forma se puede apreciar que en la parte sur del islote sigue aumentando la sedimentación. Por otro

lado observamos que el canal oeste del río Daule apegado a la orilla de la ciudad de Guayaquil presenta una mayor profundidad.

DISCUSIÓN

Análisis Morfológico.-De la información batimétrica recolectada por INOCAR desde el año 1975 analizada por Castro. A., 2009, se puede resaltar el crecimiento de un bajo de arena denominado “islote El Palmar”, el cual a través de los años ha ido aumentando en área y altura y que en el año 2016 fue técnicamente determinado como isla mediante la estabilización de sus orillas y elevado el nivel del terreno por el depósito del material dragado, según los trabajos de dragado realizados por el Servicio de Dragas de la Armada (SERDRA) para la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA).

Según Dumont J.F Acta Oceanográfica del Pacífico, INOCAR, 2007; El islote El Palmar se formó sobre una base de barra longitudinal, pero su sedimentación evolucionó rápidamente en una planicie de marea. Su morfología bordeando el cauce del río Babahoyo sugiere una formación por la debilidad del caudal del río Daule y su represamiento por parte del río Babahoyo. Este análisis sugiere que la presencia del islote se enmarca en una evolución a largo plazo, probablemente acelerada por factores recientes (como la represa Daule-Peripa por ejemplo) y que entonces perdurará probablemente en el futuro. Esto concuerda con la hipótesis planteada en esta investigación de que el crecimiento de bancos de arena en el área de estudio podría evidenciar una condición de desequilibrio dinámico temporal que esté afectando a las

condiciones hidráulicas y morfológicas del área de estudio.

De los estudios realizados entre los años 1994-95; 2001-2002; 2005, 2009 y 2010; se desprende que, la situación actual del río Guayas debido al enorme volumen de sedimentación anual (0.297 mts) que depositan sus afluentes los río Daule y Babahoyo, se ha vuelto innavigable a embarcaciones mayores a calados de 1.5 metros en el sector comprendido entre Guayaquil-Durán y la Puntilla de Samborondón (Hinojosa, 2014).

En base a la información previa mostrada, acerca de la morfología del área de estudio; en la presente investigación se puede visualizarlos cambios de morfología de los años anteriores con los cambios ocurridos más recientemente, mediante las modelaciones digitales hechas con la ayuda del software ArcGIS, donde se evidencia que existe un cambio en la morfología de la confluencia de los ríos Daule y Babahoyo de una manera aparentemente cíclica cumpliendo la dinámica que presentan los ríos según su estación.

En el año 2012 existía un banco de arena extenso cerca al islote (Centro del cauce), en el año 2014 este banco de arena se redujo y se apegó a la orilla junto a la Puntilla sin embargo en el año 2016 se puede observar que el banco de arena presenta un aumento en extensión y se acerca al islote con una distancia corta de 80 metros de la orilla.

Así mismo en la desembocadura del río Babahoyo se observa un pequeño banco de arena en el centro del río en el año 2012 que no se evidencia en el 2014 y que vuelve aparecer en el año 2016 con un área mayor.

Al revisar las fechas de ejecución de los levantamientos podemos ver que según la

premisa de un equilibrio dinámico, la morfología en invierno es una y otra en verano (dinámica estacional), pudiendo no existir un cambio significativo a largo plazo (condición de equilibrio).

Sin embargo ante la hipótesis de que exista alteraciones de este equilibrio causadas por la acción humana se podría suponer que este banco de arena al regresar a su sitio podría tener la tendencia a futuro de aumentar su área con la posibilidad de que pueda generar

la unión del islote El Palmar y La Puntilla cerrando por completo el ramal este del río Daule y dando como única salida el ramal oeste del río Daule ubicado entre El islote, El Palmar y la orilla de la ciudad de Guayaquil como se visualiza en el escenario propuesto en la figura 7. Esta tendencia a cerrar el ramal este del río Daule junto entre el islote El Palmar y La Puntilla, se pudo apreciar con las batimetrías del año 2012 y 2016, ambas realizadas en época lluviosa.

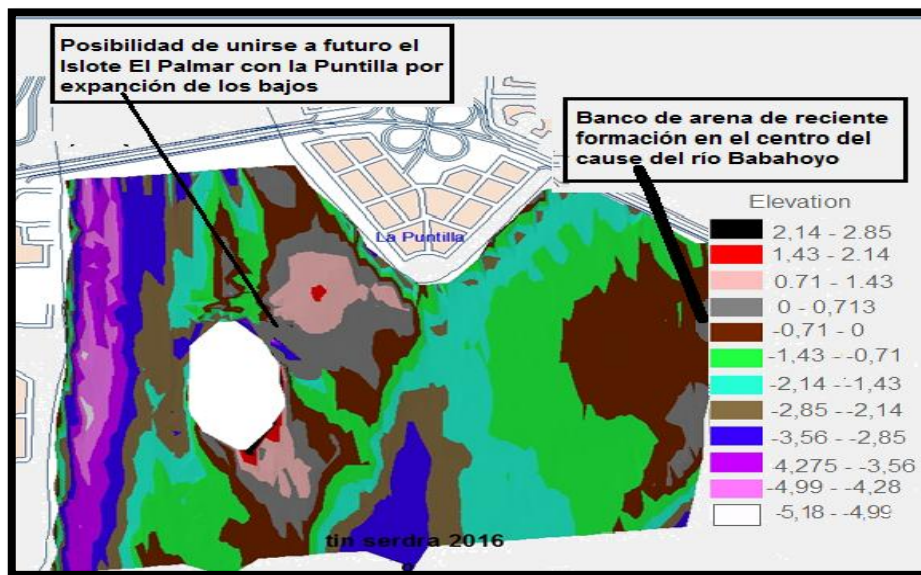


Figura 7: Posible escenario de cierre de ramal este del río Daule junto a La Puntilla
Figure 7: Possible closing scenario of the east branch of the Daule river next to La Puntilla

CONCLUSIONES

Según los antecedentes se puede evidenciar que el área de estudio ha sido afectada por acciones antrópicas y naturales abriendo la posibilidad a cambios morfológicos de largo plazo.

Ante la premisa de que pudiera existir una perturbación del equilibrio dinámico estacional característico de un estuario (lo cual se podría argumentar por la sedimentación descrita en la revisión bibliográfica del área de estudio), se procedió a la recopilación de varias fuentes

de información batimétrica (últimos 5 años), con la finalidad de poder actualizar el análisis de la variabilidad de la morfología del área de estudio.

En esta Investigación se evidenció dos puntos de acumulación de sedimentos o bancos de arena: Primer punto crítico, banco de arena en el río Daule entre el islote El Palmar y La Puntilla; Segundo punto crítico, banco de arena que se está formando en la desembocadura del río Babahoyo.

De acuerdo a la revisión bibliográfica, se detecta una tendencia de sedimentación en el

área de estudio, por lo que existe la posibilidad de que el banco de arena formado en el ramal este del río Daule podría llegar a unir al islote el Palmar con La Puntilla. El cierre del ramal este del río Daule podría obstaculizar el flujo normal del cauce del río Daule incrementando el flujo del ramal oeste, pudiendo provocar un impacto significativo en el área de estudio que afectaría a la ciudad de Guayaquil.

Del análisis realizado en esta investigación se puede decir que el banco de arena de formación reciente en el centro del cauce del río Babahoyo podría aumentar de tamaño, siendo preocupante la formación de este nuevo banco de arena, de forma similar cómo han evolucionado los bancos de arena en la proximidad del islote El Palmar, lo que motivaría un monitoreo estacional (época seca y lluviosa) con la finalidad de poder generar modelos predictivos para definir el comportamiento morfológico del área de estudio y poder precautelar posibles impactos en la ciudad de Guayaquil.

Para profundizar y verificar el comportamiento cíclico estacional de la morfología fluvial del área de estudio y la premisa de cambio a largo plazo como la formación de acumulaciones de arena tanto en el río Daule como en el Babahoyo frente a la ciudad de Guayaquil se requiere información homogénea y continua de por lo menos 3 años; considerando que la información sea generada en la misma área de influencia y que se realice tanto en época seca como lluviosa a una misma escala del levantamiento de datos batimétricos.

AGRADECIMIENTO

Los autores del presente artículo, desean expresar sus sinceros agradecimientos a las personas e instituciones quienes

mediante la Facultad de Ciencias Matemáticas y Física fueron los benefactores de los datos fuentes objeto de análisis de la investigación; así como a la Facultad de Ciencias Matemáticas y Física de la Universidad de Guayaquil quién permitió realizar el presente proyecto de investigación.

REFERENCIAS

Andrews, E. D. (1982). Bank stability and channel width adjustment, East Fork River, Wyoming. *Water Resources Research*, 18(4), 1184–1192.

<https://doi.org/10.1029/WR018i004p01184>

Armijos, M., & Montolío, T. (2008). Ecosistema Guayas (Ecuador), Medio ambiente y sostenibilidad. *Revista*. Retrieved from <http://learningobjects2006.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/131>

Best, J. (1988). Sediment transport and bed morphology at river channel confluences. *Sedimentology*.

CAMAE. (2013). Problemas que afectan la navegabilidad en el río Guayas. Guayaquil. Retrieved from <http://www.camae.org/files/Informar/Año2013/Octubre/Articulo/Articulo.pdf>

Castro B., A. (2009). Sedimentation processes at the confluence of the Daule and Babahoyo rivers, Guayaquil, Ecuador. El Palmar island (T-SENESCYT-0415). The University of Birmingham / 2009. Retrieved from <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/1039?mode=full>

Dumont, J., Santana, E., & Soledispa, B. (2007). El islote El Palmar, resultado de una evolución a largo plazo de la distribución del drenaje entre los ríos Daule y Babahoyo en la Cuenca del Guayas. *Acta Oceanográfica Del Pacífico*.

Galloway, W. (1975). Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems.

Hinojosa, J. T. (2014). Proyecto de dragado para la rehabilitación del canal navegable del río Guayas frente a la ciudad de Guayaquil en base a estudios multitemporales. Retrieved from <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/1519>

TOBAR, V. (2004). El desperdicio del siglo. Portuaria y su cuarto contrato de dragado.

USACE, U. (2005). Estudio de sedimentos del río Guayas 2005.