

ESTUDIO DE LOS SEDIMENTOS DEL SECTOR DONDE CONVERGEN LOS RÍOS DAULE Y BABAHOYO, Y LAS POSIBLES CAUSAS QUE ESTÁN FORMANDO UN NUEVO ISLOTE EN ESE SECTOR

Por:
Bolívar Soledispa P. (1)

ABSTRACT

A study of 25 surfaces marine sediments samples of bottom was performed in the convergence of the Daule and Babahoyo rivers. It shows the principal characteristics of the sediments based upon granulometric analysis and statistical parameters. It determined that the sand, classified poorly, and positive asymmetrical is predominant in the area of outlet of the Daule River, with a percentage between 79 and 99% of same material. On the other hand, in the area of outlet of the Babahoyo River the predominant material is the silt, of median grain, with a percentage between 64 and 87%. Also it observed muddy material, that is to say, a mixture of silt and sand but in small patches.

The rivers of the area of study transport high quantity of sediments in suspension. As to sediments of the islet in formation, from the center toward the north, there is a layer of mud of 1 to 2.50 meters, that lies on sand.

Between the possible causes that are forming the islet in the outlet of the Daule River are: The high quantity of sediment carried by the rivers, due to the torrential rains that are produced during an event El Niño; as well as the deforestation, mainly in the high and middle part of the basin of the Daule.

RESUMEN

Se estudian 25 muestras de sedimentos superficiales de fondo del sector donde convergen los ríos Daule y Babahoyo y donde forman el Río Guayas. Se presenta las principales características de los sedimentos en base al análisis granulométrico y a los parámetros estadísticos. Se determina que la arena, mal clasificada, y asimétricamente positiva, predomina en el área de desembocadura del Río Daule, con un porcentaje entre 79 y 99% de dicho material. En cambio, en el área de desembocadura del Río Babahoyo el material predominante es el limo, de grano medio, con un porcentaje entre 64 y 87%. También se aprecia material fangoso, es decir, una mezcla de limo y arena, pero en pequeños parches. Los ríos del área de estudio transportan gran cantidad de sedimentos en suspensión. En cuanto a los sedimentos del islote en formación, desde el centro hacia el norte, hay una capa de fango de 1 a 2.50 metros, que yace sobre arena.

Entre las posibles causas que están formando el islote en la desembocadura del Río Daule están: la gran cantidad de sedimentos acarreados por los ríos, debido a las torrenciales lluvias que se producen durante un evento El Niño; así como la deforestación, principalmente en la parte alta y media de la Cuenca del Daule.

ANTECEDENTES

La División de Sedimentología, prosiguiendo con el estudio de los fondos marinos y de los ríos ecuatorianos, planificó el Proyecto: "Estudio de las características sedimentológicas del sector donde convergen

los Ríos Daule y Babahoyo y forman el Río Guayas, y las posibles causas que están formando un nuevo islote en esa área."

Hay que señalar que este trabajo fue complementado con la información que se obtuvo del "Estudio de los Problemas de

Erosión y Sedimentación en la Zona de Confluencia de los ríos Daule y Babahoyo", el que fue financiado por el Municipio de la ciudad de Guayaquil.

Este tipo de investigación sirve como guía en la planificación de programas que tengan como base la exploración racional de recursos naturales como los áridos para la construcción, entre los cuales está: la arena y la grava. Además, la información obtenida es aplicable a obras de ingeniería costera como dragado para relleno hidráulico, construcción de puertos pesqueros, petroleros, turísticos, y en otras edificaciones como las estructuras para el reforzamiento de las márgenes de ríos.

OBJETIVOS

- Caracterizar el área de estudio en base a los tipos de sedimentos que predominan en el sector, a su distribución aproximada en el mismo, así como a su posible proveniencia.
- Determinar la carga de sedimentos en suspensión que transportan los ríos.
- Determinar las posibles causas que están originando la formación de una nueva isla en la desembocadura del Río Daule.

AREA DE ESTUDIO

El área de estudio comprende el sector donde desembocan los ríos Daule y Babahoyo y forman el Río Guayas, hasta frente al Cerro Santa Ana, incluyendo el islote que se está formando en ese sitio (Fig. 1).

CARACTERÍSTICAS HIDROGRÁFICAS DEL AREA

La Cuenca del Guayas, con sus 32.130 km² de área perteneciente a 8 provincias, constituye el sistema fluvial más importante no sólo del Golfo de Guayaquil sino de toda la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes.

El Río Guayas, el más grande de la costa

occidental de Sudamérica, tiene una extensión de 55 kilómetros, medida desde la confluencia de los ríos Daule y Babahoyo hasta la Isla Verde. Su anchura se mantiene casi uniforme entre 1.5 km y 3 km, excepto frente a la ciudad de Guayaquil donde se divide en dos ramales que bordean la Isla Santay, de unos 5 km de ancho. Varía en profundidad entre 5 y 12 metros (respecto al nivel medio de bajamares de sicigia), encontrándose las mayores profundidades frente a la ciudad de Guayaquil. Todo el sector antes mencionado está comprendido dentro de una zona estuarina.

El Río Guayas está formado por dos principales tributarios: el Daule, que le aporta un 40% del caudal), nace en la zona montañosa de la Provincia de Manabí, y en su recorrido recibe el caudal de numerosos afluentes; y el Río Babahoyo, con el aporte del 60% (en verano) y hasta un 66% (en invierno), nace en la región andina, también tiene muchos e importantes afluentes (INOCAR, 1997).

Durante la estación de lluvias, las corrientes de marea en el Río Guayas y en el Canal de Jambelí pueden alcanzar velocidades mayores de 3.5 m/s (7 nudos) y 1.5 m/s (3 nudos), respectivamente (CAAM, 1996).

GEOLOGÍA

La Geología de la ciudad de Guayaquil (Fig. 2) está enmarcada completamente en la Hoja de Guayaquil, escala 1:100.000, editada en 1979 por la Dirección General de Geología y Minas, actualmente CODIGEM, y que forma parte del Mapa Geológico del Ecuador. Una breve descripción es la siguiente.

- Hacia el Norte de la ciudad, especialmente en las partes elevadas (cerros del Carmen y Santa Ana, cerros de Durán, San Eduardo, Fábrica de Cemento Rocafuerte y Urdesa), afloran rocas del Cretáceo Superior y Terciario Inferior, en el extremo de la Cordillera Chongón Colonche. Las primeras, clasificadas como: areniscas, grauvacas, tobas y aglomerados, pertenecientes a la Formación Cayo, de edad Senoniana (Bristow, 1975b), la cual fue definida por

Olson (1931) en Puerto Cayo, la localidad tipo, y se presenta como una secuencia de estratificaciones delgadas a gruesas, generalmente con buzamiento hacia el sur; así como argilitas silicificadas pertenecientes al miembro superior de la Formación Cayo, conocido como Miembro Guayaquil (Bristow, 1975b) y cuya edad es Maestrichtiana, llegando posiblemente a Daniana (Thalman, 1946; Sigal, 1968). Los afloramientos de este Miembro se observan en las antiguas canteras del cerro San Eduardo ($2^{\circ}10.8'S$ $79^{\circ}52.7'W$), extendiéndose hasta la Cordillera Chongón-Colonche y en los cerros de Durán. En cambio, las rocas del Terciario Inferior corresponden a la Formación San Eduardo, definida como Caliza de San Eduardo por Landes (1944), y como Formación San Eduardo por Williams (1947), la misma que aflora en las canteras de la Fábrica Nacional de Cemento Rocafuerte ($2^{\circ}11.0'S$ $79^{\circ}56.2'W$), extendiéndose hasta la falda de los cerros Chongón-Colonche, y caracterizada por calizas bien estratificadas, de color gris claro a crema, localmente negras y generalmente densas. Esta Formación se encuentra en contacto discordante con la Formación Cayo subyacente, y su edad es Eoceno Medio.

Hacia el sur y este de la ciudad afloran sedimentos cuaternarios que cubren la mayor parte del terreno, el mismo que es muy plano, constituido por pequeñas terrazas de arena y arcilla, así como depósitos aluviales (Holoceno), consolidados por manglares y conformados por lodos alrededor de los ríos, que forman el drenaje del Río Guayas (INOCAR, 1997).

METODOLOGÍA DE TRABAJO

De campo

En el área de estudio se tomaron 19 muestras de sedimentos superficiales de fondo, distribuidas en 5 perfiles perpendiculares al eje de los canales, en cada uno de los cuales se colectaron entre 3 y 4 muestras. Esta metodología de muestreo es representativa para efectuar una caracterización de la sedimentación, por cuanto el material extraído con la draga muestreadora, que penetra unos 20 a 30

centímetros en el fondo, es muy homogéneo (Fig. 1).

También se llevó a cabo un muestreo de agua en cuatro estaciones: 2, 7, 14 y 16; Fig. 1), tanto en flujo como en reflujo. Por la poca profundidad del sector sólo fueron tomadas en dos niveles: superficial (aproximadamente a 30 cm. bajo la superficie del agua), y de fondo (aproximadamente a 30 cm. arriba del lecho del río). En la estación 2 y 7 se apreció claramente la influencia que ejercen las pilas del puente Rafael Mendoza en la retención del agua y, posiblemente, en la deposición de sedimentos.

También se efectuó un reconocimiento geológico del islote que se está formando en la desembocadura del Río Daule, en donde se tomaron 6 muestras de sedimentos, ubicadas en diferentes sectores del borde de la misma (Fig. 1). Hay que señalar que la parte central del islote está cubierta de vegetación.

Los equipos utilizados para el muestreo fueron: una draga modelo Van Veen para los sedimentos superficiales de fondo, y una botella muestreadora de agua modelo Van Dorn para los sedimentos en suspensión.

El muestreo se realizó entre los días 20 y 22 de febrero/2002, a bordo de la lancha Bellatrix del INOCAR.

Para el posicionamiento de las estaciones de muestreo se utilizó el sistema GPS.

De laboratorio

En el laboratorio se llevó a cabo el análisis granulométrico, para lo cual las muestras se tamizaron en húmedo sobre un tamiz 230 (USA, Standard Testing Sieve) con el fin de separar la fracción gruesa (grava-arena) de la fracción fina (limo-arcilla). La fracción gruesa se tamizó en seco utilizando un juego de tamices y un agitador mecánico modelo Ro-Tap durante 15 minutos.

La fracción fina en cambio fue tratada mediante el análisis de pipeta, el mismo que consiste en tomar varias muestras de la

suspensión previamente agitada, a una profundidad y tiempo predeterminados.

La concentración de sedimentos en suspensión, en g/L, se determinó por filtración, utilizando papel filtro muy fino (poros de 2 micras) previamente secado y pesado; material de vidrio y bomba de succión. Una vez retenido el sedimento en el papel filtro se secó a la intemperie; luego se pesó y por último, por diferencia de peso, se obtuvo la carga de sedimentos en suspensión.

Los porcentajes de los diferentes tamaños de grano, su textura, así como los parámetros estadísticos, cuya interpretación sirve de complemento para la redacción del informe final, se obtuvieron de acuerdo a un programa elaborado por el Centro de Datos Oceanográficos (CENDOC).

Las coordenadas de las estaciones de muestreo y su profundidad; el porcentaje de las fracciones: grava, arena, limo y arcilla, y la textura; así como los principales parámetros estadísticos, se presentan en las Tablas I, II y III, respectivamente. En la Tabla IV se presenta la carga de sedimentos en suspensión por niveles y por estado de marea.

EVALUACIÓN

SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE FONDO

En base a los resultados obtenidos del análisis granulométrico se elaboró la Figura 3, la misma que representa el mapa de distribución de los sedimentos superficiales de fondo según su textura. Se debe señalar que esta distribución es aproximada, ya que a partir de los puntos de muestreo se ha extendido el color que representa el tipo de sedimento, asumiendo que dicho material se continúa un poco más allá de las estaciones de muestreo. En la Figura 3 se aprecia cuatro tipos de material sedimentario, los mismos que en orden de predominancia son:

a) Limo

El limo, de grano medio, es el sedimento que predomina en el área de estudio, con un

64.89 a 87.10% de este material (Tabla II), es mal clasificado, con asimetría positiva. Se localiza principalmente en el sector del Río Babahoyo, comprendido entre el Puente Rafael Mendoza Avilés hasta frente al Cerro de Durán, extendiéndose en una franja que cubre casi todo lo largo y ancho del sector antes mencionado.

b) Arena

La arena de grano fino es el segundo material sedimentario predominante en esta área, con un 79.36 a 99.70% de dicho material; mal clasificada, asimétricamente positiva. Se localiza principalmente desde el sector del Puente Rafael Mendoza, en el Río Daule, hasta frente al Cerro Santa Ana. También se aprecian pequeños parches de arena a lo largo del sector donde desemboca el Río Babahoyo, principalmente el playón que se extiende paralelo a la ribera de la Ciudadela La Puntilla (Estación. 4 y 22, Fig. 3).

La mayoría de las muestras arenosas son mal clasificadas, pero también hay muestras con una buena clasificación de sus granos (Est. 3 y 14), lo cual se debe a que en esas áreas la corriente del agua es bien dinámica.

c) Arena-limosa

Este tercer tipo de sedimento está conformado por fango, es decir, una mezcla de arena con limo en la que predomina la primera (entre 52.80 a 59.52% de arena), teniendo además arcilla pero en menor proporción; son mal clasificados, y se presenta en pequeños parches.

a) Limo-arenoso

Este cuarto tipo de sedimento es también fangoso, es decir, una mezcla de limo con arena en la que prevalece el primero (51.97% de limo; Est. 8, Fig. 3); es mal clasificado, asimétricamente positivo, y se localiza en la margen derecha del Río Daule, tomando como referencia la dirección de la corriente del río, donde la dinámica del agua es moderada, condición que favorece la deposición de material fino.

Tanto la arena como el material fino (limo y

arcilla), este último transportado en suspensión, provienen de los dos afluentes del Río Guayas: el Daule y el Babahoyo.

La deposición de este material limo-arcilloso en el lecho del río se debe a varios factores, los mismos que serán analizados con mayor detalle en líneas posteriores.

En cuanto a la mala clasificación que presenta la mayoría de las muestras de sedimentos de fondo, ésta se debe a que están conformadas por mezclas de granos de diferentes tamaños, originadas por el movimiento que ejerce las corrientes de marea, en su ascenso y descenso por el río.

La asimetría positiva que presentan las muestras de sedimentos, tanto arenosas como limosas (poseen un exceso de material fino), permite suponer que en la fecha del muestreo el área de estudio estaba sometido a un proceso de deposición.

SEDIMENTOS QUE CONFORMAN EL NUEVO ISLOTE EN LA DESEMBOCADURA DEL RÍO DAULE

En base al reconocimiento geológico efectuado en el nuevo islote (Foto 1), así como al análisis granulométrico de las muestras de sedimentos tomadas en el mismo sector, se determinaron dos sectores:

1. Aproximadamente las dos terceras partes del islote, lado norte, están cubiertas por una capa de fango, es decir, una mezcla de limo, arena y arcilla, estos dos últimos en menor proporción (Fig. 3). Esta capa hace que el lado norte sea más alto que el lado sur. En este sector el porcentaje entre limo y arena, en profundidad, es muy variable, ya que hay lugares en los que el piso es menos consistente que otros, y dependiendo de esto se puede caminar con mayor o menor dificultad. En la parte central de esta área hay vegetación.

En un reconocimiento geológico efectuado en febrero/2001 se observó lo siguiente: Esta capa tenía un espesor aproximado de 1 a 2.50 metros, medido en la orilla izquierda del islote (lado del Río Babahoyo), el mismo que iba aumentando a medida que se extendía

hacia el centro del mismo (Foto 2). La capa yacía sobre una arena de grano fino. Había vegetación en la parte central debido a que la capa de fango afloraba inclusive hasta en pleamar, es decir, no se inundaba, lo cual favorecía su desarrollo.

Por la presencia de canales formados por el Río Daule, y que atravesaban el islote (Foto 3), se dedujo que la corriente de los ríos estaba lavando el sedimento fangoso, transportándolo río abajo o río arriba, o a sus alrededores, dependiendo de la marea.

2. La otra tercera parte, lado sur del islote, a una cota más baja que la anterior, está conformada por arena de granulometría fina.

En otros reconocimientos efectuados en febrero y mayo/2002, se pudo apreciar que el espesor de la capa de fango en la ribera izquierda había cambiado, ya que ahora tenía aproximadamente 2.5 a 3 metros, por lo que se dedujo que el agua de los dos ríos continuaba socavando el islote, cambiando en forma paulatina su morfología. Los canales a través del islote habían aumentado, especialmente del lado del Río Babahoyo.

Esta socavación permite suponer que en el caso de no presentarse en un futuro cercano, lluvias torrenciales como las que se manifiestan ante un evento El Niño, las mismas que provocan un acarreo considerable de material limo-arcilloso, la capa de material fangoso podría ser lavado, quedando solamente arena. Además, también podría desaparecer la vegetación, ya que no habría el material sobre el cual se sustenta, que en este caso es el fango. Es posible que este proceso de deposición de sedimentos finos en el islote, alternada con periodos de socavación de este mismo material, podría haber estado ocurriendo a través de los años.

SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN

Los resultados obtenidos del análisis de las muestras de agua tomadas en flujo, presentan valores de carga de sedimentos en suspensión que oscilan entre 0.12 y 0.20 g/l en el nivel superficial, y entre 0.27 y 0.74 g/l en el nivel de fondo. En refluo en cambio, los

valores del nivel superficial están comprendidos entre 0.07 y 0.27 g/l, y para el nivel de fondo entre 0.19 y 0.47 g/l (Tabla IV). En estos resultados claramente se aprecia que la carga de sedimentos en el nivel de fondo, por lo general siempre es mayor que la del nivel superficial, lo cual se debe a que la corriente, en ese nivel de muestreo, produce una mayor resuspensión de los sedimentos del lecho del río, especialmente cuando alcanza mayor velocidad la corriente de marea. Según Jaillard (ORSTOM, 1993), "cerca del fondo de un estuario pueden formarse lentes de agua con una muy alta concentración de materia en suspensión".

Comparando los valores promedios de los dos niveles de muestreo: superficial y de fondo (Tabla V), se tiene que en los ríos Guayas y Babahoyo, en la marea de flujo, hay una leve mayor concentración de sedimentos en suspensión con 0.39 g/l y 0.20 g/l, respectivamente. Esta mayor concentración en el R. Guayas, tanto en flujo como en refluo, se debe a la confluencia de los sedimentos en suspensión transportados por sus dos afluentes: Daule y Babahoyo. En cambio en el Río Daule, la mayor concentración se presenta en refluo con 0.29 g/l, lo cual se debe a la mayor resuspensión de sedimentos del fondo y de las orillas, al unirse la corriente de marea con la corriente normal del río. Es posible también que en flujo, la corriente del Daule transporte una mayor cantidad de sedimentos en suspensión, como sucede en el Babahoyo, pero como el islote actúa como un dique natural, la corriente de marea es retenida, por lo que el material suspendido tiende a depositarse, llegando al área de muestreo (Est. 2) bien disminuido.

ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS SEDIMENTOS DEL ÁREA DE CONFLUENCIA DE LOS RÍOS DAULE Y BABAHOYO

En febrero del 2001 se llevó a cabo un muestreo de sedimentos superficiales de fondo y en suspensión en el mismo sector, así como en las mismas estaciones en que se efectuó el muestreo para el presente trabajo (Fig. 4-a). El análisis de las muestras dio

como resultado una predominancia de arena de grano fino a medio, moderadamente clasificada, asimétricamente positiva, y se localizaba en una amplia franja que se extendía desde la desembocadura del Río Daule hasta frente al Cerro Santa Ana, y desde la desembocadura del Río Babahoyo hasta frente al Cerro de Durán. También se encontraron otros tipos de sedimentos pero en menor proporción como son: limos y mezclas de éste con arena, y se presentaban en pequeños parches.

Tomando como base los dos muestreos de sedimentos llevados a cabo en el mismo sector, pero en diferentes años (Febrero/2001, Fig. 4a; y Febrero/2002, Fig. 3 o Fig. 4b), se efectuó un estudio comparativo de la textura de dichos sedimentos, cuyo resultado es el siguiente:

En el sector de la desembocadura del Río Daule hasta frente al Cerro Santa Ana, los cambios en la granulometría de los sedimentos han sido mínimos, ya que en ambas figuras se aprecia el predominio de arena de grano fino, a excepción de la Est. 1a de la Fig. 4a, en donde antes había una mezcla limo-arenosa; pero ahora, aunque subsiste la mezcla, ha aumentado el porcentaje de limo (Est. 1 de la Fig. 4b), debido a que en ese sector la dinámica del agua es más moderada.

En cambio, en el sector comprendido entre la desembocadura del Río Babahoyo hasta frente al Cerro de Durán, si se aprecia una variación significativa en la granulometría de los sedimentos, ya que donde antes predominaba una arena media a fina o una mezcla de arena-limosa (Fig. 4a), actualmente dicho sector está tapizado de un material limoso (Fig. 4b).

Es posible que la deposición de material fino (limoso) en el área de confluencia de los dos ríos, especialmente en el sector del Río Babahoyo, se deba a que los afluentes del Río Guayas continúan acarreado el material fangoso depositado en el lecho de los mismos en el último evento El Niño (año 97-98). Además, las lluvias de este último invierno, que en ciertos sectores de la Cuenca Baja del Guayas provocaron inundaciones, podrían

también haber causado escorrentías en la parte alta y media de la Cuenca, produciendo erosión y el consiguiente transporte del material sedimentario hacia la parte baja hasta su deposición. Por último, parte del material fangoso socavado en el islote podría también estar siendo depositado en los alrededores.

En cuanto al mínimo cambio en la granulometría de los sedimentos en el lado de la desembocadura del Río Daule, esto posiblemente se debe a que como el islote actúa como un dique natural, al frenar la corriente de agua, aumenta su fuerza al tratar de pasar por el estrecho canal, condición que no favorece la deposición de material limoso, y por el contrario, tiende a lavar dicho material, tal como se puede apreciar en la Estación 8 de la Fig. 4a, en donde antes predominaba el limo, pero ahora hay una mezcla de arena-limosa (Est. 9 de la Fig. 4b). Esto no sucede en el lado de la desembocadura del Río Babahoyo, donde el canal es muy amplio, lo que presenta condiciones favorables para la deposición de material fino.

Si se producen cambios en la granulometría de los sedimentos en este sector, con toda seguridad aguas abajo también se están produciendo cambios en la composición y distribución del material sedimentario.

CAMBIOS MORFOLÓGICOS EN EL ISLOTE EN FORMACIÓN A TRAVÉS DE LOS AÑOS

El Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR), a través de levantamientos hidrográficos, ha venido efectuando un seguimiento de los cambios morfológicos que ha experimentado el "bajo" o islote de la desembocadura del Río Daule a través de los años. Estos cambios, representados en la Figura 5 (a, b, c, d y e) de la Carta-IOA-1071 de los años: 1977 (Fig. 5-a); 1982 (Fig. 5-b); 1986 (Fig. 5-c); 1992 (Fig. 5-d) y; 1999 (Fig. 5-e), se iniciaron con dos barras pequeñas, tal como se aprecia en la Figura 5-a, las mismas que han ido acreciendo hasta alcanzar el tamaño que ahora tiene el islote (Fig. 5-b-c-d y e). En la figura 5-b se aprecia que la pequeña barra norte de la figura 5-a

acrecionó considerablemente, en contraste con la del lado sur que disminuyó su tamaño; pero posteriormente este acrecimiento del islote continuó hasta que se unieron las dos barras, tal como se puede observar en las demás figuras. En figura 5-b también se aprecia un "bajo" que se formó en la orilla entre los sectores denominados "Gas" y "Silos", el mismo que no aparece en las figuras subsiguientes, debido a que fue erosionado. También se debe señalar el "bajo" del Río Babahoyo, presente en las figuras 5-c y 5-d, pero que tampoco aparece en la figura 5-e porque también fue erosionado. Por último, la comparación de las figuras 5-d y 5-e permite apreciar que aproximadamente en ese periodo (1992-1999) se erosionó el extremo norte del islote, pero en cambio aumentó su dimensión ya que se volvió más ancho.

Todos los cambios morfológicos que han sido señalados confirman que en el islote, así como en el resto del área de estudio, se han producido periodos de acreción y erosión, pero siempre ha predominado el primero, lo cual es evidenciado por las dimensiones que está alcanzando el islote.

Este acrecimiento del islote está disminuyendo la anchura, así como la profundidad en el canal de navegación de ese sector del Río Daule, amenazando las edificaciones ubicadas en el área de la Base Naval Norte y sectores aledaños (frente al islote), ya que en una "crecida" del río por lluvias torrenciales, esta gran cantidad de agua acumulada, para compensar el espacio perdido, podría atravesar en forma violenta este sector, erosionando el fondo, así como la orilla del islote, por estar conformado de material suelto, es decir, no consolidado, habiendo la posibilidad de que también afecte la orilla donde hay edificaciones. Aunque, con toda seguridad, el río siempre se abrirá paso socavando el islote porque, como ya se señaló, está constituido por material suelto, es decir, de fácil erosión.

Hay que señalar que también se está produciendo sedimentación en el sector comprendido entre el islote y la ciudadela La Puntilla.

En la última inspección que se efectuó al

área de estudio (febrero/2002), un "bajo" en el Río Babahoyo, ubicado junto a la ribera de la ciudadela La Puntilla, había acrecionado considerablemente, ya que en bajamar de sicigia se apreciaba una larga playa arenosa.

POSIBLES CAUSAS A NIVEL LOCAL Y REGIONAL, QUE ESTÁN ORIGINANDO UNA ACELERADA SEDIMENTACIÓN DEL RÍO GUAYAS Y DE SUS AFLUENTES, DANDO LUGAR A LA FORMACIÓN DE BANCOS DE ARENA Y LODO

La desembocadura de los ríos Daule y Babahoyo, con una importante descarga de agua con aporte sedimentario, junto a las corrientes de marea, entre otros factores, han contribuido a la formación de un extenso complejo de canales e islas intermedias de forma alargada, hasta llegar a aislar el Estero Salado del actual curso del Río Guayas.

Aproximadamente en los últimos 20-25 años este excesivo acarreo de sedimentos, especialmente durante un evento "El Niño", ha acelerado el proceso de sedimentación del estuario del Guayas, lo que ha originado una mayor acreción de sus orillas, así como la formación de "bajos" o bancos de arena y lodo a lo largo de los mismos. Entre estos "bajos" se destacan los siguientes (Fig. 6; Fuente: Diario El Universo, 21 de junio del 2001):

- 1) Los del Río Daule, ubicados hacia la ribera del sector comprendido entre las urbanizaciones Entre Ríos y La Puntilla.
- 2) El islote en la desembocadura del Río Daule, el mismo que tiene unas 60 ha.
- 3) El ubicado frente a la antigua cervecería en el sector Las Peñas.
- 4) El de la ribera de la Urbanización La Puntilla, en el Río Babahoyo.
- 5) Los ubicados entre El Puente Rafael Mendoza Avilés y la Isla Mocolí, en el Río Babahoyo.
- 6) El del estero que separa la Isla Santay y Durán.
- 7) El del Río Guayas frente a la ciudadela La

Pradera y el Guasmo.

- 8) El ubicado al sur de las Esclusas.
- 9) El del sector sur de la Isla Santay
- 10) Los ubicados varios kilómetros más abajo de la Esclusa.

Hay que señalar que la sedimentación o azolvamiento que se está produciendo en el estuario del Guayas es un proceso natural que ocurre en todos los estuarios del mundo, y es la causa por la cual su morfología está cambiando constantemente. El problema en este río es que el proceso de sedimentación en los últimos años se ha acelerado por la acción de la propia naturaleza, así como también por procesos antrópicos.

Entre las posibles causas que están produciendo la aceleración de este proceso de sedimentación están:

El Evento El Niño.- Las torrenciales lluvias que se producen durante un evento El Niño es una de las principales causas del azolvamiento del Río Guayas, por el considerable arrastre de sedimentos. Normalmente los ríos de la cuenca aportan al Río Guayas una gran cantidad de sedimentos (2.5 millones de toneladas métricas). Durante un evento El Niño esta cantidad aumenta 3.5 veces (CEDEGÉ, 2001), por lo que al llegar a la parte baja de la cuenca, una considerable cantidad de ese material se deposita en sus orillas o en el centro, formando "los bajos"; otra parte es canalizada a través del Canal de Jambelí hacia el mar, y otra parte se dirige hacia el Estero Salado o también hacia el mar a través del Canal de Cascajal.

Con relación al aporte de material sedimentario, cuando la cantidad de sedimentos en suspensión es inferior a la capacidad de transporte de un río, este tiene la fuerza suficiente para erosionar su cauce y orilla. Pero cuando la cantidad de sedimentos es mayor, y por lo tanto excede la capacidad de transporte del río, éste tiende a depositarse. Esto último es lo que está ocurriendo en el estuario del Guayas, cuya evidencia es el material acumulado en las riberas de los ríos, así como el que se

acumuló en el islote en formación, especialmente ante un evento El Niño, proceso que continuará y seguirá cambiando el espesor, la composición y distribución del lecho del río.

La deforestación.- La deforestación es otra de las principales causas del proceso de sedimentación que está experimentando el estuario del Guayas. Según un informe de Fundación Natura publicado por el diario El Universo (Mayo 29/93), "Es preocupante el ritmo de pérdida de suelo laborable en el país, puesto que sobrepasa las 100 toneladas métricas por hectáreas anualmente (ton/ha/año). La causa principal es la deforestación, que ha tornado inactivas tierras que sumadas alcanzan un total aproximado de 25.000 Km². El impacto de la deforestación por efecto de la tala de árboles, la quema de la vegetación, la actividad maderera, la agricultura y la ganadería, se puede observar en la calidad de los suelos, la misma que influye directamente en la economía nacional y en la productividad agrícola, forestal y ganadera".

Según la CAAM (1996), "Un aspecto que tiene mucho que ver en la erosión de suelos inclinados de la parte media y alta de la Cuenca del Guayas y, por lo tanto en el aumento del volumen de sedimentos que llega al cauce de los ríos, es la sustitución de ancestrales prácticas agropecuarias de manejo de suelo de montañas muy vulnerables, que se venían efectuando con mucho éxito por siglos, por el uso indiscriminado de maquinaria en suelos frágiles y de poco espesor en laderas, inclusive con empleo de tractores para roturar el suelo en sentido de la pendiente, creando así procesos erosivos violentos, que en pocas décadas han causado las mayores pérdidas de suelos en el país en toda su historia. Además, el uso indiscriminado de motosierras para eliminar áreas boscosas, o el uso de instrumentos y tecnologías reñidas con la conveniencia de un adecuado manejo de los recursos suelo, agua y cubierta vegetal".

En la parte alta y media de la Cuenca del Guayas, la deforestación aumenta la escorrentía, y por ende la erosión, ya que disminuye la cubierta vegetal, que es la que

fija físicamente los sedimentos y los mantiene unidos. Las lluvias y los mecanismos del drenaje fluvial pueden intensificar este escurrimiento produciendo una mayor erosión.

La tasa de deforestación anual de manglares fue mayor entre los periodos 1987-1991 y 1991-1995, con tasas de 1.4% y 1.3% (en relación a la cobertura de manglar en 1969), respectivamente. Las mayores tasas de deforestación de manglar (1987-1991 y 1991-1995), no coinciden con las mayores tasas de crecimiento de la industria camaronera. Sin embargo, esto no significa que no haya existido conversión de manglares a piscinas camaroneras durante ese período. El problema fue que la presión urbanística aumentó la presión global sobre el manglar, ya que entre 1987 y 1991 se realizaron asentamientos humanos desordenados en la Isla Trinitaria y otros lugares cubiertos de manglar (INOCAR, 1998).

Según CEDEGE (2001), "La producción promedio anual de sedimentos en la Cuenca del Río Guayas hasta la ciudad de Guayaquil es de alrededor de 15 millones de metros cúbicos; una parte se deposita a lo largo del estuario, y otra, alcanza el océano. Este valor implica que el promedio de erosión a lo largo y ancho de esta cuenca es de alrededor de 0.5 milímetros por año, lo que da lugar a que sea considerada como una cuenca de drenaje que está sufriendo un proceso de desertificación muy preocupante".

Las mareas.- Las mareas juegan un papel fundamental en el relleno del ríos, ya que al ingresar las aguas del mar hacia el estuario, el encuentro del agua salada con el agua dulce que transporta sedimentos en suspensión, hace que éstos neutralicen su potencial, floculen, es decir, se agrupan formando partículas grandes, lo que hace que la concentración de estos sedimentos en la columna de agua sea considerable. Luego, durante los periodos de menor velocidad de la corriente, principalmente en los momentos de estoa, por el peso que han adquirido estos sedimentos, un considerable porcentaje de los mismos se deposita en el fondo del río. Pero después, cuando la velocidad de la corriente aumenta, el lecho puede ser

erosionado, y parte del material depositado puede ser colocado nuevamente en suspensión. La estoa es el momento en que un ciclo de marea, por ejemplo de flujo, cambia al de reflujo, es decir, aparentemente la corriente se detiene para luego de aproximadamente 30-40 minutos, iniciar el descenso del nivel del agua. En este tiempo gran cantidad de sedimentos transportados en suspensión se deposita en el fondo y orilla de los ríos.

Según Espinoza F. (Diario El Universo de mayo/2001), "El choque de la corriente del Río Guayas con la del agua de mar, anteriormente se producía aguas abajo de la ciudad, pero como ahora este río ha perdido su fuerza hidráulica por la gran acumulación de sedimentos en su lecho, hoy ese choque se produce frente a la ciudad de Guayaquil". Esta disminución de la fuerza del río, insuficiente para contrarrestar el avance del agua de mar, hace que este último penetre mayor distancia aguas arriba, originando por consiguiente una mayor sedimentación. Con relación a este último punto, valores de salinidad normalmente se extienden hasta cerca de 20 km al norte de Guayaquil, siguiendo el cauce del Río Daule. En el sitio de captación de agua de la Planta La Toma (25 km al norte de Guayaquil), la salinidad promedio durante la estación de lluvias es menor a de 0.1 ppm, y durante la estación seca, de alrededor de 0.7 ppm (CAAM, 1996). Sin embargo, durante el estiaje de ciertos años, la cuña de agua salada ha penetrado hacia el norte más de lo habitual (pasando la población de Daule), ocasionando graves problemas en el abastecimiento de agua potable de la ciudad de Guayaquil (CAAM, 1996). Por otro lado, 30 km río arriba de la ciudad de Guayaquil, siguiendo el cauce del Río Babahoyo, a la altura de la población Samborombón, la salinidad fluctúa entre 0.1 y 0.3 ppm en un ciclo de marea durante la estación seca; mientras que 30 km más arriba, cerca de la ciudad de Babahoyo, la salinidad del agua se mantiene por debajo de 0.1 ppm durante todo el año (CAAM, 1996).

La construcción de piscinas camaroneras.- La construcción de muros de contención para cerrar el área de las piscinas camaroneras ha disminuido la capacidad de almacenamiento

del estuario. A esto se agrega también el depósito, en el lecho del río, del material extraído de las piscinas, todo lo cual ha reducido el volumen de agua que pasa por el canal principal, acelerando su sedimentación.

Construcción de muros de contención a lo largo de varios ríos.- Ciudades y poblados como Babahoyo, Milagro, Manuel J. Calle, la Troncal y otros, sufrían periódicamente los efectos de inundaciones. Con la finalidad de disminuirlas, CEDEGE elaboró un plan maestro en el cual se planificó obras de control como la construcción de bypass en varios ríos, con lo que se consiguió desviar parte de su descarga, para ser aprovechada en otros sectores de la costa. Otra de las obras de control fue la construcción de muros de contención a lo largo de las riberas de varios ríos, entre ellos el Daule. Esta medida también vino a disminuir las inundaciones porque encausó las aguas de los ríos evitando su desbordamiento. Pero en cambio, la gran cantidad de sedimentos que a causa de dichos desbordamientos antes se depositaba fuera de las orillas, actualmente se deposita a lo largo del cauce del Río Guayas, aumentando por consiguiente su azolvamiento. Hay que señalar que a veces, por la intensidad de las lluvias, los muros de contención, contruidos en poblados y en áreas agrícolas, son destruidos produciéndose nuevamente las inundaciones (CAAM, 1996).

Los Niveles Base de un río.- Teóricamente, el nivel base de un río es el nivel límite más abajo del cual una corriente ya no puede erosionar su cauce, y lo que hace es depositar los sedimentos. Cuando una corriente se encuentra con cualquier medio natural o artificial su velocidad se frena, perdiendo su capacidad para erosionar, constituyéndose éste en un nivel base de dicho río. Este medio natural o artificial puede ser: una laguna natural o artificial (el de una presa por ejemplo), un estrato de roca resistente, el lugar en que un río afluente se une a una corriente principal (el Daule y el Babahoyo por ejemplo), y el océano. En la Figura 7 se presenta los diferentes niveles base que se pueden encontrar a lo largo de la trayectoria de un río (Leet Judson, 1975).

De todos estos medios, el océano es considerado como el último nivel base de una corriente por cuanto ésta hasta allí llega; los otros en cambio son considerados como niveles base temporales.

El control de estos medios sobre la corriente es efectivo a lo largo de todo el curso corriente arriba, pues ninguna parte del río puede erosionar más abajo del nivel de estos medios, al menos mientras éstos prevalezcan, es decir, no se destruyan, por lo que cuando esto suceda, quizá por la excavación de su salida de desagüe, ya no controlará el nivel base de la corriente, y ésta quedará en libertad de continuar su erosión hacia abajo. Pero, aunque una corriente se haya liberado de un nivel base temporal, es posible que corriente abajo nuevamente sea controlado por otro medio. Lo que no cambia es el hecho de que su fuerza erosiva siempre estará influenciada por el océano, que es el nivel base final.

Esta definición también se la toma como argumento para tratar de explicar otras posibles causas que estarían originando el azolvamiento de la parte baja de la Cuenca del Guayas, así como también la formación del islote.

Los niveles base del Río Daule son:

- La Presa Daule-Peripa.- Antes de la construcción de la presa, la corriente del agua fluía en forma normal. La presa frena la velocidad de corriente del río y retiene los sedimentos en el embalse. El agua que fluye por el vertedero de la presa sale sin fuerza y casi sin sedimentos, por lo que una vez que por gravedad se vuelve más dinámica, inicia un proceso de erosión agua abajo. Pero, la velocidad que alcanza la corriente en ese tramo, no es suficiente para transportar el material depositado en el fondo de la parte baja de la cuenca, por lo que tiende a depositar el material que viene acarreado desde la parte alta.

- El estrechamiento del Río Guayas por los Cerros Sta. Ana y Durán. La posición de los cerros Santa Ana y Daule origina un estrechamiento del cauce del Río Guayas (Fig. 7), que actúa como cuello de botella,

frenando la velocidad de la corriente de los ríos Daule y Babahoyo, y propiciando la deposición de sedimentos.

- La confluencia de los Ríos Daule y Babahoyo.- El Río Daule, que como ya se señaló, aporta un 40% del caudal que recibe el Río Guayas, actúa como afluente del Babahoyo, que aporta un 60% (verano) y hasta un 66% (invierno), por lo que al confluir las aguas, éste último frena la velocidad de la corriente del primero, lo que hace que los sedimentos tiendan a depositarse en el fondo (CAAM, 1996).

- Las pilas del puente Rafael Mendoza Avilés.- Por las dimensiones de las pilas que conforman los dos tramos del puente, éstas frenan parcialmente la corriente del agua, lo que de alguna manera podrían estar contribuyendo a la sedimentación del Río Guayas.

- El islote de la desembocadura del Daule.- Este islote, que ha alcanzado una considerable dimensión, está actuando como un dique natural, frenando la corriente del río, lo cual también favorece la deposición de los sedimentos.

EFFECTOS DE LA SEDIMENTACIÓN EN EL RÍO GUAYAS

La sedimentación del Río Guayas ha traído como consecuencia varios efectos negativos, entre los cuales están:

- a) Inundaciones agua arriba del islote.- Como ya se señaló anteriormente, actualmente el islote, por la dimensión que ha alcanzado, está actuando como un dique natural, frenando la corriente, aumentando el volumen de agua río arriba, y originando la deposición de sedimentos. Además, este aumento del volumen de agua provoca inundaciones por cuanto el nivel del agua sobrepasa el nivel de la orilla. Estos desbordamientos se producen cuando las lluvias son intensas, y más aún, cuando éstas coinciden con la hora de pleamar de sicigia; y tienen lugar en la parte baja de las subcuencas de los ríos Daule y Babahoyo, así como en el área denominada Cuenca Baja del Guayas.

La última inundación en esta ciudad

(Guayaquil) se produjo en marzo/2001, cuando coincidieron fuertes precipitaciones con la pleamar en sicigia.

Moradores de varios sectores de la parte norte de la ciudad, donde se han producido inundaciones "aseguran que los canales de drenaje del sistema de alcantarillado no tienen capacidad para desfogar el agua que proviene de los cerros de Bastión, Fortín, Flor de Bastión y Nueva Prosperina" (El Universo, 26 de febrero /2001).

b) Erosión de las márgenes del río.- Al actuar el mencionado islote como un dique natural, si aumentara el volumen del agua por torrenciales lluvias, aumentaría la presión de éste para fluir a través del angosto canal, lo que originaría la erosión de su cauce, erosión de la orilla del islote, y podría también afectar la orilla ubicada entre la Base Naval Norte y la Cervecería, desestabilizando las bases de las edificaciones del sector, incluyendo la posibilidad de inundación. Aunque, como ya se señaló, el río siempre socavaría el islote por estar conformado por material suelto.

De acuerdo a la velocidad que alcance la corriente del río, también podría afectar el sector aguas abajo, a la altura del Estero el Guasmo, donde hace una curvatura, ya que se produciría la erosión de dicha margen. Hay que señalar que los propietarios de las industrias ubicadas en este último sector, desde hace varios años han construido muros de contención, para minimizar en lo posible los problemas de erosión que se puedan presentar.

c) Taponamiento de alcantarillas.- Los sedimentos podrían taponar los canales de drenaje de la ciudad, obstruyendo la salida de las descargas de agua servida y de lluvia, aunque también podría suceder que por la fuerza del agua se limpien dichos canales de drenaje.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El sedimento que predomina en el área de desembocadura del Río Daule es una arena de grano fino, con mala clasificación, con asimetría positiva.

En cambio, en la desembocadura del Río Babahoyo casi todo el área está cubierta de material limoso, mal clasificado, y asimétricamente positivo. También se aprecian pequeños parches de mezclas de arena y limo.

Los ríos del área de estudio transportan gran cantidad de sedimentos en suspensión, la misma que ante lluvias torrenciales como las que se presentan en un evento El Niño, ésta aumenta considerablemente.

En cuanto a los sedimentos presentes en el islote, desde aproximadamente la mitad hacia el norte predomina una capa conformada por una mezcla de limo, arcilla y arena, esta última en menor proporción. Esta capa yace sobre material arenoso. En cambio, en la parte sur el material sedimentario predominante es una arena de grano fino.

En el área de estudio, especialmente en el sector donde confluyen los dos afluentes del Guayas, es cada día más evidente la sedimentación. Pero, aunque no hay ninguna medida que solucione definitivamente el azolvamiento de la cuenca del río, sin embargo se pueden tomar varias medidas con la finalidad de disminuir el impacto que esto produce. Entre estas están:

Monitorear con levantamientos batimétricos el avance de la sedimentación del Río Guayas, incluyendo el Daule y el Babahoyo.

- Tomar precauciones reforzando con muros de contención las riberas de los ríos, especialmente las que quedan frente a los "bajos" que se están formando. También deben ser reforzadas las riberas donde el río hace una curvatura, por cuanto también podrían resultar afectadas.

Los muros deben ser de concreto, con su base bien profunda para evitar su socavamiento. Este último factor es importante para aumentar la vida útil de la obra. Una profundización inadecuada respecto de la socavación es una de las causas más comunes de la destrucción prematura de estas estructuras. También es importante que el muro sea inclinado hacia tierra, para que las olas generadas por las

embarcaciones, al llegar a la orilla, choquen y se disipen hacia arriba y no hacia abajo, porque es esto último lo que causa la socavación y por lo tanto la destrucción de los mismos.

- Iniciar un plan para proteger y reforestar la cuenca alta y media del Guayas.

- Educar a la población para que mejore su metodología en cuanto al uso del suelo, especialmente en la agricultura, con la finalidad de minimizar los efectos erosivos en los mismos, con lo que se conseguiría reducir el aporte de material sedimentario a los ríos, lo cual disminuiría la sedimentación.

- Con relación a la sedimentación, hay opiniones en el sentido de dragar el Río Guayas. En opinión del autor, el dragado no es recomendable por ser muy oneroso, aparte de que el río no genera ingresos que solventen en forma continua estos trabajos; además de que en poco tiempo nuevamente se presentaría el problema de la sedimentación, por lo que se tendría que hacer dragados de mantenimiento. En las actuales condiciones del río, las vías de navegación podrían ser utilizadas para paseo turístico en embarcaciones pequeñas.

En el carnaval del 2001, varias familias de la ciudad disfrutaron de un paseo en el islote (Diario El Universo, febrero 2001).

- No es conveniente la posibilidad de construir un parque recreacional en el islote, como lo han sugerido algunos ciudadanos por cuanto, como todo banco de arena, éste es muy inestable por estar conformado por material suelto, es decir, no consolidado, por lo que en cualquier momento podría ser erosionado.

- Según el criterio de varios investigadores norteamericanos que inspeccionaron el área, las edificaciones del sector frente al islote del Río Daule no corren ningún riesgo de socavación, por lo que señalan que por el momento no es necesario dragar esa área.

- En el caso de que se decida el dragado del islote, previamente se deben analizar los sedimentos subsuperficiales, con la finalidad de descartar la presencia de contaminantes, y así disminuir cualquier afectación

especialmente a las piscinas camaroneras que están ubicadas a lo largo del mismo. En el caso de que estén contaminados, los sedimentos dragados deberán ser depositados en tierra firme, con muros de contención para evitar que con el agua de las lluvias éstos vuelvan al lecho del río. Otra alternativa sería colocar los sedimentos en mar abierto, aunque esto resultaría muy costoso.

- Los primeros sectores que deberían ser dragados serían los afluentes (Daule y Babahoyo), ya que son los que transportan sedimentos desde la parte alta y media de la Cuenca. Estos dos ríos también han perdido profundidad por la sedimentación, por lo que la velocidad de la corriente también ha disminuido. Con esta medida se conseguiría aumentar la velocidad de la corriente del agua, desde antes de que llegue al Río Guayas, y cuya fuerza podría efectuar un dragado natural al empujar el sedimento río abajo.

- En cuanto al islote de la desembocadura del Río Daule, inicialmente se dragaría sus extremos, así como el fondo del río, para permitir una mayor fluidez de la corriente de agua a ambos lados de dicho islote.

- El dragado de alguna manera afectaría a las riberas aguas abajo, ya que se alteraría el equilibrio dinámico del río.

- El sistema de alcantarillado debería ser revisado para una mejor evacuación de las aguas servidas, así como las de lluvia, especialmente en el sector norte de la ciudad.

AGRADECIMIENTO

El autor expresa su agradecimiento al CPNV-EM Byron San Miguel Marún, Director del INOCAR; al CPCB-SU Jorge Cárdenas Amores, Jefe del Dpto. de Ciencias del Mar; y al TNNV-UN Rodney Martínez Guingla, Jefe de la División de Estudios Costeros, por el apoyo brindado para la publicación del presente trabajo. También agradece al Dr. Jean Francoise Dumont, por la revisión del artículo. Así mismo agradece al Sr. Víctor Mesías por el dibujo de los mapas.

REFERENCIAS

CAAM, 1996.- *Desarrollo y Problemática Ambiental del área del Golfo de Guayaquil*; pag. 149, 165, 238, 254, 255.

CAAM, 1996.- *Sistemas Biofísicos en el Golfo de Guayaquil*; pag. 67, 68, 78.

CEDEGE, 2001.- *Incidencia de los Sistemas Fluviales de la Cuenca del Río Guayas en la ciudad de Guayaquil*. Pag. 13, 26.

INOCAR, 1998.- *Estudio de Impacto Ambiental por el dragado del Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil, 1998*; pag. Anexo C pag.45, Cap. 3 pag. 75, 89.

INOCAR, 1997.- *Estudio Sedimentológico y de Impacto Ambiental del sector frente al Malecón de Guayaquil, para el Proyecto: "Malecón 2000"*. (Contrato: Fundación Malecón 2000 - INOCAR. Pag. 38, 39.

Jallard, Erienne, (ORSTON), 1993.- *La Sedimentación en los Deltas, los Estuarios y las Cuenas Deltaicas* (Fuente: Internet).

Leet y Judson, 1975.- *Fundamentos de Geología Física*; Cap. 11: *Corrientes superficiales de agua*; pag. 157-158.

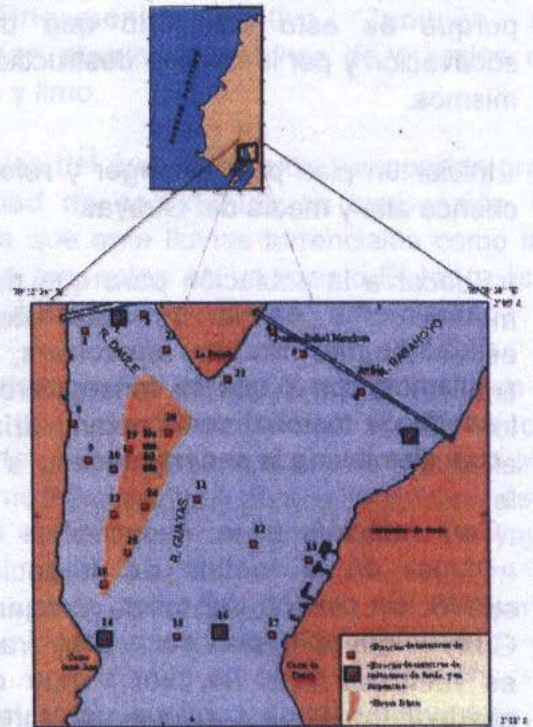


Figura 1. Mapa ubicación de las estaciones de muestreo de sedimentos de fondo y suspensión (Feb/2002)

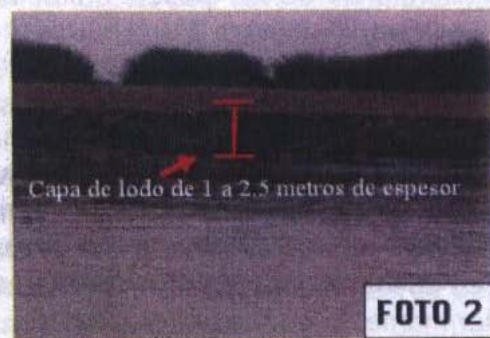


Foto 1. Panorámica del islote
Foto 2. La capa de limo-arcilla es de aproximadamente un metro de espesor
Foto 3. Canales a través del islote

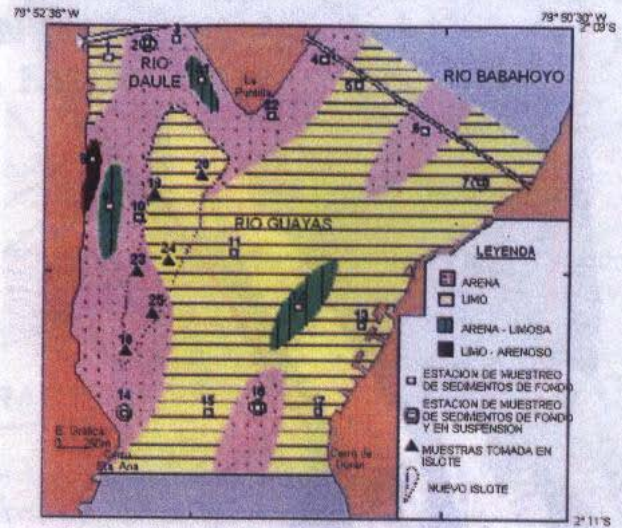
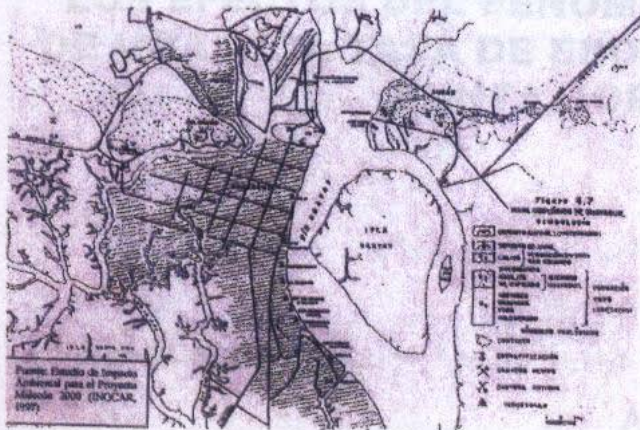


Figura 3. Mapa de distribución de los sedimentos según su textura (Feb/2002)



Figura 4 (a, b). Comparación de la textura de los sedimentos tomados en febrero/2001 y febrero/2002, en el área de confluencia de los ríos Daule y Babahoyo.



Figura 6. Ubicación de los "bajos" que se están formando cerca de la ciudad de Guayaquil (Fuente: Diario El Universo, 21 de junio/2001)

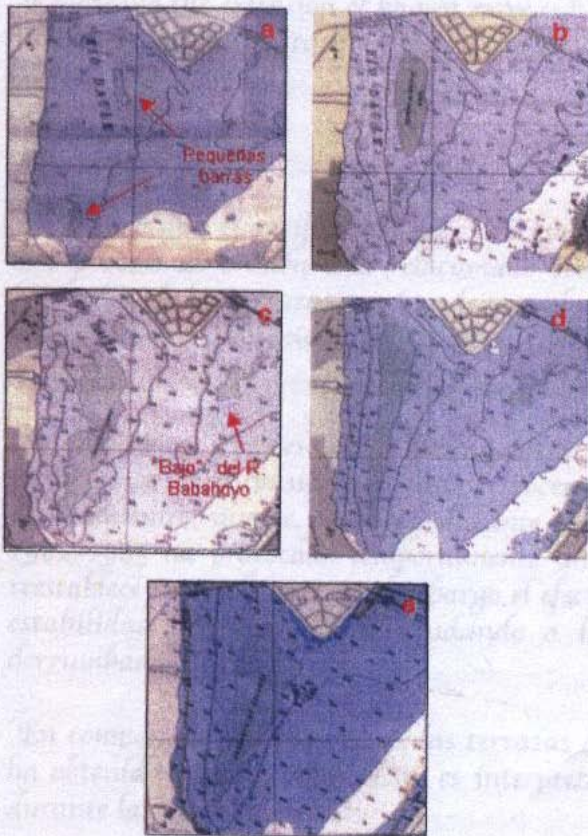


Figura 5 (a,b,c,d e) Cambios morfológicos que ha experimentado el islote de la desembocadura del Río Daule a través de los años

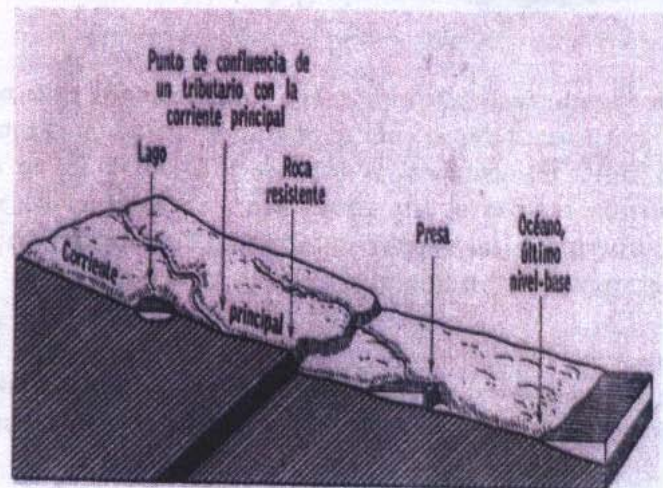


Figura 7. Diferentes niveles base que se pueden encontrar a lo largo de la trayectoria de un río

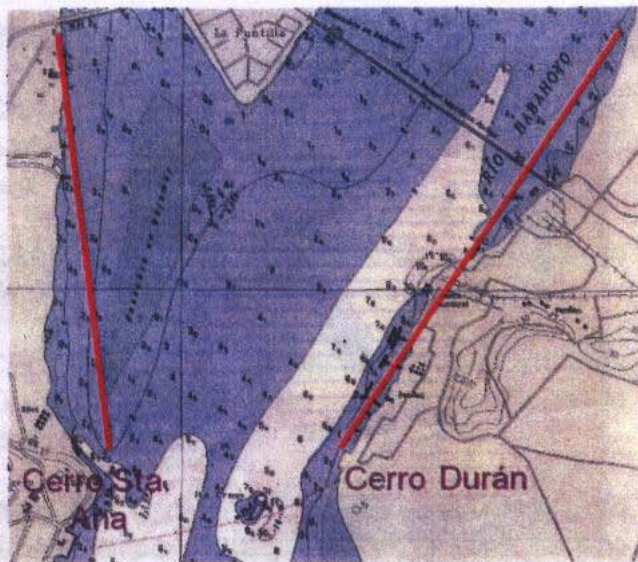


Figura 8. Estrechamiento del Río Guayas originado por los cerros Sta. Ana y Durán