

Geomorfología de los estuarios: una visión diferente

Maria Cintia Piccolo - Gerardo M.E. Perillo

1. Qué son los estuarios

Los estuarios son una de las más importantes características de las zonas costeras sujetas a fuertes procesos de interacción mar-continente en un amplio rango de escalas espacio-temporales. En general, estos ambientes ocupan las áreas costeras menos expuestas a la acción marina, permitiendo el desarrollo de puertos, facilidades recreacionales o apropiados emprendimientos de acuicultura. Sin embargo, dentro de los estuarios los procesos dinámicos son significativos imponiendo un marcado stress sobre la biota, ya sea permanente o temporaria, la morfología y las construcciones.

Las diferencias de salinidad presentes entre las aguas dulces provenientes del río y las aguas marinas hacen que las especies marinas que los habitan sean muy especializadas y adaptadas a tolerar esos extremos. Aunque relativamente escasos en diversidad (comparadas con otros ambientes más estables), el número de individuos suele ser alto debido al gran ingreso de nutrientes desde el continente. Por otro lado, si bien hay especies que habitan durante toda su vida dentro del ámbito estuarial, gran parte de las especies de la plataforma continental (muchas de ellas de alto rendimiento comercial) utilizan a los estuarios como zonas de desove y crecimiento de juveniles.

Los estuarios en la actualidad poseen una relevancia aún mayor en cuanto al desarrollo social y económico de la humanidad. Grandes civilizaciones e importantes ciudades se han fundado y han prosperado a la vera de un estuario. Los principales puertos del mundo se encuentran en estuarios. Y ello se debe no sólo a sus condiciones de protección sino que a través de los ríos, los estuarios tienen una rápida llegada al interior del continente. Una de las formas más económicas de transporte de mercaderías es por agua, por lo tanto aprovechar este recurso previo a la exportación de los bienes de un país es sólo una consecuencia lógica de su ubicación.

Son muchas la definiciones que existen de estuarios. Algunas de ellas son contradictorias o no representan la realidad, dependiendo del punto de vista de cada investigador. Por lo tanto se propuso la siguiente definición del mencionado cuerpo de agua (Perillo, 1995) : *«Un estuario es un cuerpo de agua costero semicerrado que se extiende hasta el limite efectivo de la influencia de la marea, dentro del cual el agua salada que ingresa por una o más conexiones libres con el*

mar abierto, o cualquier otro cuerpo de agua salino, es diluida significativamente con agua dulce derivada del drenaje terrestre, y puede sustentar especies biológicas eurihalinas ya sea por una parte o la totalidad de su ciclo de vida". A los efectos de entender en realidad que es un estuario, se analiza los diferentes elementos de la definición.

Un estuario es un cuerpo de agua costero semicerrado: Los estuarios son parte de la costa, pero al ser semicerrados implican que se incluyen dentro de la parte continental de la costa. Para muchos, la costa se refiere a la playa o el borde estricto con el mar. Sin embargo, la costa es una zona de ancho variable que incluye tanto una parte en el continente como otra en el mar. Los estuarios, al igual que los ríos, forman parte del continente y no son un ámbito marino. Otro aspecto importante, fundamental para los procesos que allí ocurren, es la palabra "semicerrado". Ello implica que el estuario tiene bordes bien definidos. En otras palabras, tanto las márgenes como el fondo del estuario ejercen una considerable influencia sobre la dinámica del ambiente, especialmente en lo que se refiere a la propagación de la onda de marea dentro de ellos.

se extiende hasta el límite efectivo de la influencia de la marea: El término estuario deriva del latín *aestus* que significa "de marea". Por lo tanto, la marea es necesariamente el elemento dinámico esencial de estos ambientes. La marea es la proveedora de más del 80 % de la energía (en algunos estuarios es el 100%) necesaria para generar los procesos que ocurren en los mismos. La acción de la marea modifica las características del transporte de sedimentos y otras sustancias orgánicas o contaminantes, al igual que cambia las condiciones de la biota que vive en las planicies de marea, marismas y manglares asociados.

Resumiendo, la evolución geomorfológica y las condiciones biológicas del estuario dependen profundamente de la dinámica mareal.

dentro del cual el agua salada que ingresa por una o más conexiones libres con el mar abierto, o cualquier otro cuerpo de agua salino: esta definición por primera vez incluye el concepto de estuarios jerárquicos tales como el caso de la Bahía de Chesapeake (EEUU) donde existen desde estuarios primarios hasta terciarios. En Argentina tenemos el caso del estuario de Bahía Blanca que posee como estuario secundario el del río Sauce Chico. También se hace una indicación explícita sobre la existencia posible de más de una conexión libre con el mar abierto. Ello permite introducir dentro de los estuarios a las lagunas costeras.

Otro aspecto importante de esta parte de la definición es que el aporte de agua salada debe ser continuo, por lo que la(s) conexión(es) con el mar debe estar abierta permanentemente. Ello implica que si por alguna razón la boca se cierra temporal o permanentemente, se deja de estar en presencia de un estuario. Este tipo de problemas surgen muy comúnmente en algunas lagunas costeras en climas donde las lluvias son escasas o con una estacionalidad bien diferenciada, donde la amplitud de marea es pequeña (micromareal) y el aporte fluvial es escaso. Entonces

las corrientes litorales suelen ser más importantes que las corrientes generadas por la marea dando lugar al cierre de la boca. Cuando se entra en la estación de lluvias en la cuenca fluvial, el aporte del río puede ser tal que rompa el tapón sedimentario de la boca y se constituya nuevamente el estuario. Ejemplos claros de este proceso son lagunas costeras de Sudáfrica, Nanimia y especialmente de la costa atlántica de Uruguay.

dentro del cual el agua salada ... es diluida significativamente con agua dulce derivada del drenaje terrestre: Para la existencia de un estuario, es importante que exista algún nivel de dilución del agua salada que penetra desde el mar por acción de agua dulce proveniente desde el continente. Es importante destacar que si bien el principal aporte de agua dulce se debe a la acción fluvial, recientes estudios están demostrando que el aporte a través de la napa freática o por surgentes naturales es también muy importante. De hecho, la investigación sobre la influencia de fuentes de agua dulce no puntuales en las costas del mundo se ha convertido en uno de los temas de vanguardia por el efecto que tiene en el hábitat de especies costeras.

...y puede sustentar especies biológicas eurihalinas ya sea por una parte o la totalidad de su ciclo de vida: La definición sugerida tiene una cualidad que la hace diferente de todas las otras propuestas previamente: la misma cubre todas las disciplinas básicas que permiten estudiar los estuarios. Tanto los criterios geomorfológicos y físicos son comunes en muchas definiciones, y el criterio químico se alcanza en parte cuando se lo relaciona con la dilución del agua salada (debido a que existe un cambio en la composición de la solución estándar del agua de mar). El aspecto biológico se incluye raramente en las definiciones de estuarios. Pero en esta nueva definición, este aspecto está específicamente incluido cuando se considera al estuario como el hábitat de especies que se han adaptado para resistir importantes cambios de salinidad. El término eurihhalino (del griego eury = amplio) se lo emplea para describir justamente a estas especies que pueden soportar esos amplios cambios en la salinidad y no tiene relación alguna con algún rango de salinidad específico.

El modelo de estuario generado mediante la definición permite la diferenciación de tres sectores: a) un estuario marino o estuario inferior, en conexión libre con el mar abierto (o cualquier otro cuerpo de agua salada); b) un estuario medio, sujeto una fuerte mezcla de aguas dulces y saladas, y c) un estuario superior o fluvial, caracterizado por agua dulce que está sujeta a la acción diaria de la marea (figura 1). Cada sector está definido por una interfase que migra con el tiempo, el estado de la marea, la descarga fluvial, etc. Los estuarios no necesariamente presentan todos los sectores, sino que pueden tener alguno de ellos. Por ejemplo, el estuario de Bahía Blanca tiene solamente el sector marino y el del Río de la Plata es principalmente un estuario fluvial y tiene un sector medio en la zona de la boca (Piccolo y Perillo, 1997).



Figura 1. Principales sectores de un estuario de acuerdo a sus características físicas.

2. Cómo son los estuarios

Existen diferentes clases de estuarios discriminados principalmente por las características geomorfológicas y la génesis del valle donde se han desarrollado. En la figura 2 se presenta el esquema de la Clasificación Morfogenética de estuarios. A continuación se presenta una descripción de los elementos que la componen incluyendo ejemplos principalmente de ambientes argentinos. La primera división dentro de la clasificación es necesariamente genética, entre estuarios Primarios y Secundarios.

Estuarios Primarios: la forma básica de los mismos es el resultado de procesos terrestres y/o tectónicos y la acción del mar no ha producido cambios significativos sobre las formas originales. Específicamente estos son aquellos estuarios que esencialmente han preservado las características iniciales de su formación hasta el presente.

Estuarios Secundarios: la forma observada es el producto de procesos marinos y su influencia relativa sobre la descarga fluvial que ha actuado desde que el nivel medio del mar alcanzó aproximadamente la posición presente.

Dentro de los estuarios Primarios se han establecido una serie de categorías relacionadas con el mecanismo por el cual se formó el tramo de la costa donde se ha establecido un estuario. Cada una de ellas y sus subcategorías se describen a continuación

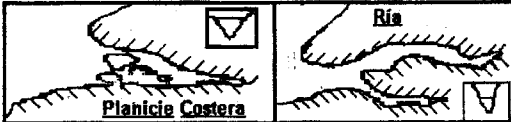
Antiguos Valles Fluviales: estos se han formado por la invasión del mar durante la última transgresión de valles fluviales formados durante el Pleistoceno-Holoceno. De acuerdo con el relieve relativo de la costa donde se han producido se los subdividió en dos categorías: Estuarios de Planicies Costeras y Rías.

Estuarios de Planicies Costeras: Ellos son lo que en general todo el mundo piensa que debería ser un estuario. La figura 2 muestra una versión esquemática de un

estuario de este tipo. Normalmente los mismos tienen forma de embudo y su sección transversal decrece exponencialmente desde la boca hacia su cabecera. El perfil longitudinal de fondo muestra un suave gradiente hacia la boca que, en general, no es interrumpido por un umbral de materiales del valle original o por depósitos

ESTUARIOS PRIMARIOS

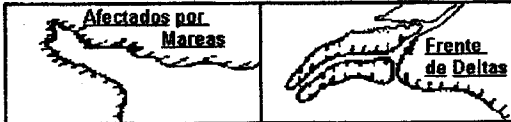
Antiguos Valles Fluviales



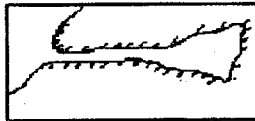
Antiguos Valles Glaciares



Influencia Fluvial



Estructurales



ESTUARIOS SECUNDARIOS

Lagunas Costeras

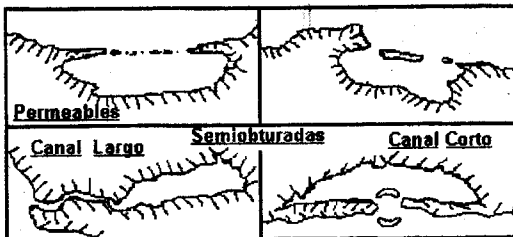


Figura 2. Clasificación morfogenética de estuarios (Modificado de Perillo et al., 1999)

sedimentarios previos al establecimiento del estuario. En promedio, estos estuarios tienen profundidades del orden de 10 m alcanzando hasta 20 o 30 m en sus bocas. El valle (o sección transversal) posee una forma de V abierta y restringida solamente al canal. Normalmente los valles presentan terrazas ya sea sobre una o ambas riberas que dan origen a planicies de marea, marismas o asentamientos de manglares. Ejemplos de estuarios argentinos de planicies costeras son los correspondientes a los ríos Quequén Salado, Quequén Grande, arroyo Claromecó, etc.

Rías: son antiguos valles fluviales inundados por el mar en costas con relieve relativo alto, es decir costas montañosas o acantiladas. El término que deriva de las costas de rías típicas del norte de España y oeste de Francia ha sido mal empleado en América especialmente debido a la influencia española, ya que estos llamaban rías a cualquier estuario. En General Lavalle se llaman rías a los canales de marea que bordean la parte sur de la bahía de Samborombón; muchas de ellas ni siquiera son estuarios. Las rías presentan las mismas características que la categoría anterior pero su valle normalmente es de forma de V mucho más cerrada, la pendiente de sus fondos son mayores alcanzando rápidamente profundidades importantes de más de 30 m en su boca. Otro elemento diferente respecto a los estuarios de planicie costera es el tamaño del sistema. Estos suelen ser ambientes de gran longitud con un desarrollo areal amplio y cuenca fluvial extensa, mientras que las rías que se concentran en valles montañosos tienen cuencas fluviales pequeñas, escaso desarrollo longitudinal y areal de la zona estuarial.

En la Argentina existen solo tres rías típicas, Deseado, Coig y San Julián. Si bien los lugareños denominan rías a los estuarios de los ríos Santa Cruz y Gallegos, las características geomorfológicas hacen que los mismos no posean todos los elementos necesarios. Lo cual hace muy difícil clasificarlos aún dentro de otras categorías existentes.

Antiguos Valles Glaciares: Al igual que su contraparte fluvial, estos estuarios se formaron por la invasión del mar sobre valles glaciales formados durante las glaciaciones ocurridas durante el Pleistoceno. Mientras los estuarios asociados a ríos se desarrollaron en latitudes bajas y medias, los ambientes glaciares están relacionados a latitudes altas que fueron cubiertos por la calota glaciaria Pleistocena (norte de Europa y Canadá) o en costas afectadas por glaciación alpina (costa sur de Chile). Usualmente la lengua glaciar invadió un valle fluvial anterior y su efectivo y característico mecanismo de erosión labró un valle totalmente diferente. Cuando los glaciares retrocedieron, el mar avanzó inundando esos valles glaciares. También se determinan dos categorías en función de su relieve relativo: fiordos y fiardos.

Fiordos: ocupan valles glaciares formados en costas de alto relieve. Las características morfológicas de un fiordo típico se presentan en la Figura 2. El ancho del valle es relativamente uniforme y su sección transversal tiene forma de U. Los fiordos pueden tener normalmente profundidades entre 200 y 800 m alcanzando su máximo de 1200 m en el canal Mercier (Chile).

Uno de los elementos sobresalientes de la mayoría de los fiordos es la presencia de un umbral ubicado cerca o en la boca del valle. La cresta de estos umbrales puede estar a tan solo 4 m de profundidad, como ocurre en la costa de Noruega, alcanzar unos 150 m de profundidad en la costa de la Columbia Británica (Canadá) o no existir directamente como los fiordos de la costa este de Canadá. En general, el umbral corresponde a la morena frontal que marcó el máximo avance del glaciar dentro del valle. Umbrales menores suelen encontrarse dentro del fiordo debido a otras morenas frontales originadas ya sea por fluctuaciones durante el retroceso del glaciar principal o por la descarga de glaciares tributarios. Estas

últimas aparecen como aproximadamente paralelas a los bordes del valle y pueden ser confundidos con relictos de la morena lateral.

Si bien no es un estuario, el estrecho de Magallanes es el único ambiente que posee estas características en la Argentina. La mayor parte de los fiordos en América del Sur se ubican sobre la costa sur chilena, siendo, como ya se indicó, el canal Mercier el más profundo del mundo.

Fiardos: La principal diferencia con los fiordos es que estos se han formado en costas de escaso relieve relativo como ocurre en la costa norte de Suecia, de donde deriva el nombre. Las secciones transversales de los fiardos poseen paredes menos empinadas que los anteriores y presentan terrazas laterales que pueden ser confundidas con planicies de depositación. Otra diferencia importante entre ambos es que los fiardos poseen márgenes interiores sumamente irregulares y sus tributarios entran en el sistema con ángulos agudos y sin valles colgantes. En el caso de los fiordos ocurre exactamente lo contrario.

Debido a las regiones en las que se desarrollan, los antiguos valles fluviales tienden a formarse en costas rocosas y el aporte sedimentario (comparado con el de los valles fluviales) es relativamente escaso y variable estacionalmente. En las cabeceras, cerca de la entrada del río principal, se observan sedimentos gruesos, mientras que el material del fondo aparece como una delgada capa de fango depositada en un ambiente reductor. Los fangos son el producto de la depositación de sedimentos en suspensión debido a que la circulación por debajo del nivel del umbral es pobre o nula.

Ríos Influenciados por la Marea: En ríos con grandes descargas como son los casos del Amazonas, Mississippi y de la Plata, el valle original no ha sido inundado completamente por el mar. Sin embargo, la circulación se ve fuertemente afectada por la dinámica de mareas. Ello incluye especialmente la presencia de corrientes reversibles que permiten el desarrollo de patrones geomorfológicos específicos. Estos también han sido divididos en dos subcategorías:

Ríos Dominados por las Mareas: incluyen a aquellos ríos que son afectados por la marea pero la intrusión salina se limita a la boca o está totalmente ausente del valle. Normalmente estos estuarios están asociados con ríos de gran descarga y que, ya sea por su ubicación particular (p.e., Río de la Plata) o por la relativamente fuerte dinámica costera en sus bocas (p.e., Amazonas) no desarrollan un delta. El grado de intrusión salina depende de las condiciones estacionales y climáticas; sin embargo, los procesos mareales son muy importantes en el transporte de sedimentos y la evolución morfológica del valle.

Estuarios de Frentes de Delta: esta categoría incluye a los estuarios encontrados en las porciones de los deltas afectados por la dinámica de mareas y/o intrusión salina. El ejemplo clásico lo conforman los canales exteriores del delta del Mississippi, mientras que en nuestro país el único que se comportaría como tal es el río Colorado.

Estuarios Estructurales: sus valles se originaron por procesos neotectónicos tales como fallamiento, vulcanismo, rebote glaciario, isostasia, etc., que halla ocurrido desde el Pleistoceno. Clasificaciones anteriores que incluían versiones relacionadas con esta categoría en ningún momento consideran el problema del tiempo. En el presente caso, todos los procesos estructurales que dieron lugar a la formación del valle deben estar activos actualmente o han ocurrido desde el Pleistoceno. De otra manera, se podría sugerir que casi todos los estuarios serían de esta categoría ya que gran parte de ellos están controlados por fallas. Ejemplos son la bahía de San Francisco (EEUU) y el río Valdivia (Chile). En Argentina no hay evidencias claras de estuarios estructurales aunque por su geomorfología actual se sugiere el estuario del río Gallegos.

Lagunas Costeras: dentro de los estuarios secundarios la única categoría es la de las Lagunas Costeras, las que se pueden definir como: cuerpos de agua interiores usualmente paralelos a la costa, separados del mar por una barrera y conectados al océano por una o más bocas. Las subcategorías están basadas en la naturaleza de la entrada. De hecho todos los estudios realizados en los últimos 10-15 años demuestran sin lugar a dudas que el comportamiento de las lagunas costeras está significativamente unido a la forma de la entrada.

Semiobturada: se caracterizan por un única entrada; p.e. Laguna de los Patos (Brasil); Mar Chiquita (Argentina).

Restringidas poseen unas pocas entradas o una boca muy ancha; p.e., Pamlico Sound, EE.UU.; bahía San Sebastián (Argentina), laguna de Términos (México).

Permeables tienen gran número de entradas separadas por pequeñas islas de barrera; Laguna Belice (Belice), Mississippi Sound (EEUU). No hay ejemplos de estas lagunas en Sudamérica.

Como se indicó, existen marcadas diferencias en la geomorfología y los procesos dinámicos de la laguna en función de la longitud del canal. A su vez, este es una respuesta a los procesos dominantes que dieron lugar a la laguna. Es especialmente importante la relación con la deriva litoral y las variaciones del nivel medio del mar durante la formación de la barrera. Esto último muestra además una reacción a las diferentes condiciones sufridas por el nivel del mar en los hemisferios Norte y Sur.

3. Ambientes morfológicos de los estuarios

A grandes rasgos, la estructura general de los estuarios se observa en la figura 1. Pero dentro de los mismos existe una serie de ambientes característicos que representan condiciones dinámicas, climáticas y biológicas específicas que deben ser descriptas cuando se analiza la geomorfología de los estuarios. Estos ambientes son principalmente: planicies de marea, marismas y manglares.

Todos ellos son ambientes intermareales (son cubiertos y descubiertos por la marea) que pueden encontrarse en costas abiertas, pero son mucho más comunes en las zonas interiores de estuarios. Ello se debe a que los estuarios le ofrecen las condiciones ideales de protección para que se produzca una sedimentación de los

materiales finos que son los principales componentes sedimentarios de estos ambientes.

Planicies de Marea

Como su nombre lo sugiere, estos ambientes presentan relativamente escasa pendiente y se relacionan profundamente con los niveles de marea. Probablemente la definición más aceptada es la propuesta por Klein (1985) que indica que las planicies de marea son "...ambientes de bajo relieve conteniendo sedimentos inconsolidados y no vegetados que se acumulan dentro del rango de marea, incluyendo la zona supramareal. Ellas están presentes donde las marismas están ausentes o entre la marisma y el ambiente submareal".

Las planicies se desarrollan más comúnmente en costas protegidas como el caso de los estuarios o detrás de barreras, donde la acción de las olas es escasa pero el aporte sedimentario es significativo. Cuando se forman en costas abiertas, las olas se ven reducidas por efectos de una plataforma interior muy ancha o por los efectos de la gran cantidad de sedimento en suspensión. Este es el caso típico de la planicies frente a la costas de Surinam donde la olas desaparecen por la alta viscosidad del agua.

Entre los elementos más importantes que deben tomarse en consideración al describir las planicies son la amplitud de marea (macro, meso, o micromareal) y el aporte sedimentario (composición, granulometría y abundancia). La mayoría de las planicies se encuentran en ambientes meso y macromareales (amplitudes de marea superiores a 2 m las primeras y a 4 m las segundas). Ello, sumado a la escasa pendiente, implica que la superficie expuesta durante la bajamar es mucho mayor cuando mayor sea la amplitud de marea. También la marea determina la zonación propia de las planicies (Figura 3).

Por otro lado, el aporte sedimentario debe ser significativo como para poder construir este ambiente. Sin embargo, debido a la relativamente escasa energía, no necesariamente debe ser un aporte extremadamente alto. En este sentido, los sedimentos predominantes son limos y arcillas sobre todo en la zona intermareal, mientras que la parte submareal suele ser más arenosa. Es muy raro encontrar gravas salvo en sitios donde existe un aporte importante de estos materiales como ocurre en Bahía Loyola en el estuario del Río Gallegos.

Un elemento característico de los ambientes intermareales en general, pero muy especialmente en las planicies, son los canales de marea. Ellos se forman inicialmente por la concentración del agua en pequeñas depresiones de la planicie y el proceso erosivo subsecuente cuando se drenan esas depresiones durante la bajamar. A medida que el proceso erosivo se acrecienta, los pequeños surcos rápidamente evolucionan en canales cuyo tamaño va creciendo paulatinamente en función de la cohesividad de los sedimentos.

Prácticamente desde su inicio los canales de marea adquieren un patrón meandriforme que se va acentuando a medida que se hacen cada vez mayores. Justamente los meandros son el mecanismo principal de evolución y migración lateral de los canales. El efecto del tipo de sedimento en la velocidad de migración

es remarcable. Por ejemplo en fangos la migración es del orden máximo de 25 m/año mientras que en arenas ese valor puede alcanzar fácilmente los 100 m/año.

En la Argentina las planicies de marea se encuentran principalmente en el borde sur de la bahía de Samborombón, en mucho menor proporción en sectores definidos de la Laguna Mar Chiquita y en el estuario del río Quequén Salado (cerca de su desembocadura). Pero los mayores desarrollos se observan en el estuario de Bahía Blanca y Bahía Anegada, la parte interior de Caleta Valdés, y de las bahías San Antonio y San Sebastián y en los estuarios de los ríos Gallegos, Santa Cruz y Coig.

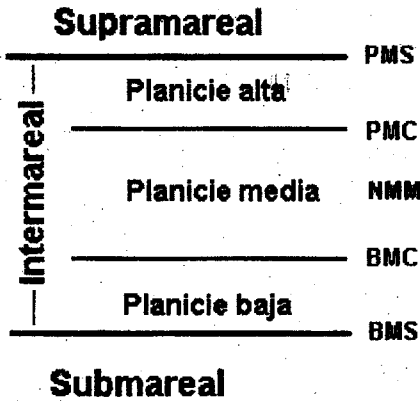


Figura 3. Zonación de planicies y marismas en base al rango de marea. PMS = Pleamar media de sicigias, PMC = Pleamar media de cuadraturas; NMM = Nivel medio del mar, BMC = Bajamar media de cuadratura, BMS = Bajamar media de sicigias.

Marismas Saladas

Las marismas son ambientes también intermareales que se diferencian de las planicies por la presencia de vegetación halófitas (plantas que pueden vivir en ambientes salinos). Si bien presentan una zonación similar a la descrita para las planicies (Figura 3), las marismas tienden a desarrollarse en niveles topográficos más altos. De hecho, las marismas suelen colonizar planicies de marea en sitios donde existe progradación de las planicies heredando las características morfológicas de estas, especialmente los canales de mareas.

Antes de la colonización por las plantas vasculares, el sedimento de las planicies es normalmente estabilizado por algas, especialmente diatomeas. Por lo tanto, el frente de colonización está muy bien marcado y solo sobresalen algunos manchones de plantas adelantadas. En cambio, la colonización puede verse retardada en lugares donde se concentra agua durante la bajamar en pequeñas cuencas donde la evaporación subsecuente incrementa la salinidad hasta niveles incompatibles con los requeridos por las plantas.

Las plantas son un factor esencial en el crecimiento y desarrollo de las

marismas. Especialmente aquellas de tallos altos (p.e., *Spartina*) afectan significativamente la circulación de las aguas cargadas de sedimentos y reducen la erosión de las olas. Cuando la energía de las aguas se ve disminuida por la fricción de la vegetación, el sedimento en suspensión tiende a depositarse y por lo tanto se produce un crecimiento vertical de la marisma. En este sentido, las marismas poseen mayor estabilidad que las planicies y la posibilidad de erosión es superior en las últimas.

Existen notables diferencias en los géneros y especies de plantas dentro de una misma marisma. Por ejemplo, las especies con tallos más desarrollados tienden a encontrarse en los bordes de las canales de marea, disminuyendo en altura hacia las zonas menos activas y altas topográficamente. Sin embargo, la mayor zonación depende del clima. Las especies dominantes en zonas templadas son principalmente del tipo *Spartina* (p.e., *S. alterniflora*, *S. patens*, etc.), mientras que en climas fríos el dominio es de las Salicornias (p.e., *S. antigua*, *Festuca*, *Griceda*, etc.). Como veremos en la siguiente sección, las marismas son muy poco frecuentes en climas tropicales.

Resulta obvio que la composición de los sedimentos tanto en la superficie de las marismas como en suspensión es notablemente diferente del de las planicies. El porcentaje de materia orgánica es muy superior tanto derivada de las propias plantas como por la mayor actividad biológica existente en las marismas. La vegetación no sólo sirve de alimento para diversas especies animales sino que actúa como protección que permite utilizarla como áreas de desove y desarrollo de juveniles.

Las marismas en Argentina se encuentran principalmente asociadas a las planicies de marea indicadas en la sección anterior. Por ejemplo, las planicies van siendo reemplazadas por marismas de sur a norte en la bahía de Samborombón. Tanto en Mar Chiquita como Bahía San Julián, Puerto Deseado y a lo largo de la costa sur del estuario del río Santa Cruz las marismas son dominantes sobre las planicies.

En el caso de Bahía Blanca se ha producido en los últimos años un efecto muy significativo. Mientras que el estuario presentaba fuertes procesos erosivos, luego que se volcara gran parte del refulado originado en el dragado del canal de navegación en 1989 sobre esas planicies, se ha detectado en la actualidad la formación de una marisma dominada por *Spartina alterniflora* a lo largo del Canal Principal.

Manglares

Los manglares se desarrollan principalmente entre las latitudes de 30° S y 30° N. Aunque en las latitudes más extremas pueden existir todavía vegetación de marismas, los manglares las reemplazan totalmente dentro de los 25° N. Sin embargo, estos no pueden considerarse totalmente como los equivalentes de baja latitud de las marismas debido a que la estructura de la vegetación y su posición con respecto al nivel de la pleamar media.

Los manglares están formados por árboles y arbustos mientras que las

marismas sólo poseen hierbas. Además, debido a las raíces especiales que poseen, muchos tipos de manglares están adaptados a vivir en suelos totalmente inundados en un nivel inferior al de la mayor parte de las marismas. Existen dos mecanismos básicos en las que los manglares actúan como sistema de protección en comparación con los ambientes de planicies y marismas. Por un lado, el denso enrejado de troncos y raíces aéreas producen una fuerte reducción de las corrientes, favoreciendo la sedimentación. Por el otro, el sistema de raíces bajo tierra es muy denso por lo que induce una mayor unión del sedimento aumentando la estabilidad del suelo.

Se han determinado un total de 60 especies de manglares en seis zonas alrededor de la faja tropical de nuestro planeta. Cada una de ellas ha sido diferenciadas por una particular combinación de especies exclusivas. Pero todas las especies tienen en común el hecho de que están adaptadas a suelos húmedos a inundados, aguas salinas e inundación periódica por las mareas. Al igual que en el caso de las planicies y de las marismas, también los manglares presentan una zonación que es comúnmente paralela a los canales en los estuarios.

En Argentina no existen manglares y los primeros que se observan en Sudamérica aparecen en la parte norte de la Laguna de los Patos en Brasil. Su densidad aumenta significativamente hacia el norte. Todos ellos se encuentran dentro de la zona Atlántica dominada por especies tales como *Avicenia germinans*, *Rizophora harrisoni*, *R. mangle* y *R. racemosa* entre otras.

Conclusiones

Aunque la geomorfología juega un papel fundamental en todos los ambientes costeros, es especialmente significativa en estuarios. De hecho el comportamiento del principal factor energético, la marea, depende esencialmente de las características y disposición del estuario. Sin embargo, el tratamiento que se realiza de este tema en la literatura científica hasta recientemente ha sido escasa. Sólo en los últimos 10 años se ha pasado de la etapa de conocimiento de los procesos estuariales a niveles medios para empezar a estudiar su dinámica instantánea.

Es justamente en esta escala donde la geomorfología es más significativa asociada a los cambios que se producen a niveles turbulentos y al transporte de sedimentos. Los valores medios dan una imagen distorsionada de los procesos. El objetivo del presente trabajo fue mostrar los elementos básicos que se necesitan para conocer de los estuarios y para poder avanzar en la dilución de unos de los problemas más interesantes: la predicción de su evolución futura. Alcanzar un adecuado nivel de predicción permitiría solucionar los innumerables problemas tales como la contaminación, o el dragado de estos sensibles cuerpos de aguas costeros.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó con el apoyo del Proyecto denominado *Estudio integrado de estuarios argentinos*, N° 24/H035, Universidad Nacional del Sur.

Referencias

- Klein, G. De vries, 1985. Intertidal flats and intertidal sand bodies. In: R.A. davis (Ed), Coastal Sedimentary Enviroments, Springer verlag, N.Y., 187-224.
- Perillo, G.M.E., 1995. Definitions and geomorphologic classifications of estuaries. In Geomorphology and sedimentology of estuaries. Perillo, G.M.E., (Editor) Elsevier, Amsterdam, 17 - 47.
- Perillo, G.M.E., Piccolo, M.C. y Pino-Quivira, M., 1999. What do we know about the geomorphology and physical oceanography of South American estuaries. In Estuaries of South America: their geomorphology and dynamics. Perillo, G.M.E., Piccolo, M.C. y Pino-Quivira, M(Editor) Springer-Verlag, Berlin. 1 - 13.
- Piccolo, M.C. y Perillo, G.M.E., 1997. Geomorfología e hidrografía de los estuarios. En El Mar Argentino y sus recursos pesqueros. INIDEP, Mar del Plata, Tomo 1, 133-161.