



ÁREA DE
ESTUDIO



3. ÁREA DE ESTUDIO

3.1. Breve introducción a la geomorfología y dinámica de estuarios

Los estuarios normalmente ocupan áreas costeras con una baja exposición a la influencia marina. En este sentido la acción de las olas se encuentra muy reducida permitiendo el desarrollo de puertos, ambientes recreativos o iniciativas de explotación apropiadas. Constituyen uno de los rasgos costeros más importantes y se encuentran sujetos a fuertes procesos que conducen a cambios geomorfológicos y sedimentológicos, a la vez que imponen un amplio grado de *stress* sobre la biota en forma permanente o temporaria (Perillo, 1995).

Desde el punto de vista oceanográfico, Perillo (1995) definió el término estuario como “cuerpo de agua costero semicerrado que se extienden hasta el límite 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”. Cada uno de los conceptos incluidos en esta definición merece una breve descripción a fin de enriquecer la comprensión de los mismos.

Al mencionar que es un “cuerpo de agua costero semicerrado” se trata de ubicar geográficamente a la estructura, ya que los estuarios forman parte de la costa y poseen bordes definidos dentro de la parte continental. A su vez el ser “semicerrado” implica que tanto el fondo como los bordes están ejerciendo influencia en la configuración del ambiente y en la propagación de la onda de marea. En relación al “aporte de agua salada”, éste debe ser continuo, por lo que la o las conexiones deben permanecer abiertas constantemente, de lo contrario se perdería la configuración de estuario (Perillo, 2007).



Para que pueda existir el estuario el agua salada debe estar necesariamente “diluida con agua derivada del drenaje terrestre”, ya sea por descarga fluvial o por aporte de aguas freáticas. Es esencial que esta dilución sea lo suficientemente grande, como para producir una circulación gravitacional que permita el movimiento de las aguas (Perillo, 2007).

En esta definición también se incluye una relación con aspectos biológicos, “puede sustentar especies biológicas eurihalinas ya sea por una parte o la totalidad de su ciclo de vida”. Se intenta incluir específicamente esta vinculación considerando a los estuarios como hábitat de especies emblemáticas, muchas veces únicas en el mundo, y que se encuentran afectadas en mayor o menor medida por la acción antrópica (Perillo, 2007).

El modelo planteado por la definición permite la diferenciación del estuario en tres sectores principales (Perillo, 1995): a) un estuario marino o estuario inferior, con conexión libre con el mar abierto (o cualquier otro cuerpo de agua salada); b) un estuario medio, sujeto a 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 (Fig. 3.1.1). Cada sector está definido por una interfase que migra con el tiempo, dependiendo de distintos factores, tales como el estado de la marea y la descarga fluvial. Además los estuarios no necesitan tener todos los sectores, sino que pueden tener uno. Perillo (2000) propuso la inclusión de un nuevo sector considerado de interfase entre el río y el estuario denominado “represa de marea” (Fig. 3.1.1) donde se produce un endicamiento del flujo del río y del sedimento transportado por éste, producto de la propagación de la onda de marea.

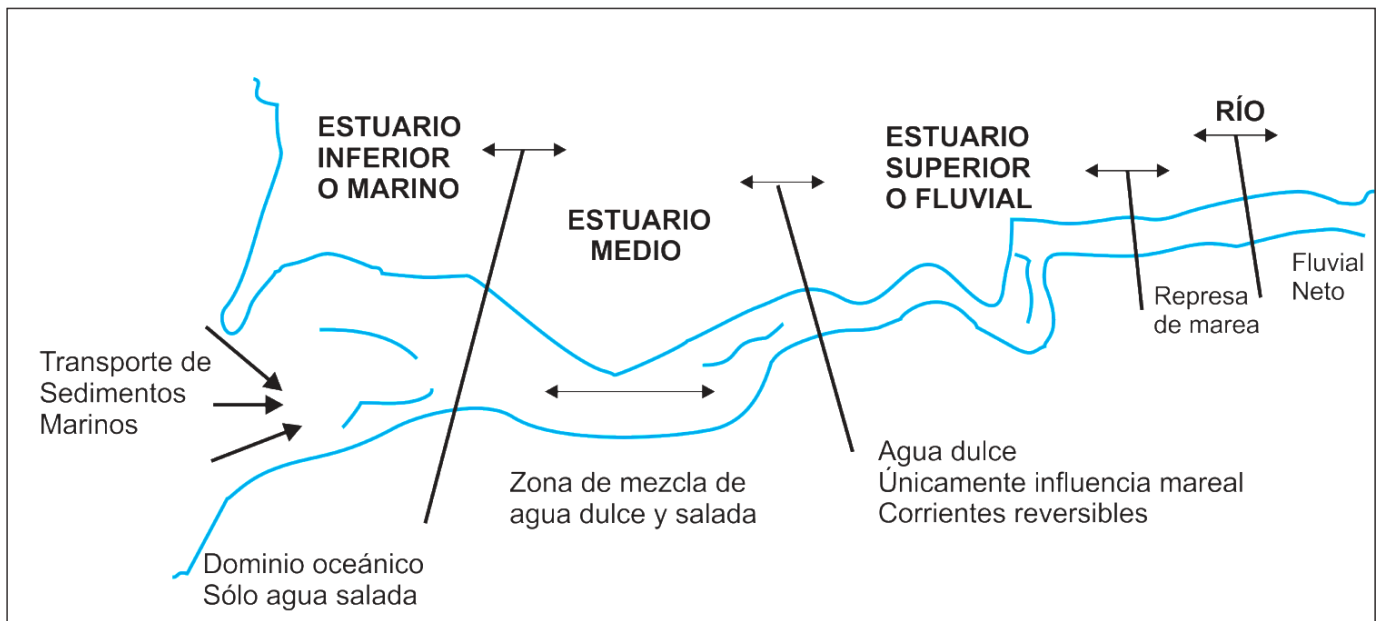


Fig. 3.1.1. Modelo integrado de estuario. Modificado de Perillo, 2007.

En los estuarios también pueden reconocerse tres grandes zonas definidas en función de los niveles de marea y sus fluctuaciones, se denominan zona de submarea, de intermarea y de supramarea. La zona de submarea es aquella que se encuentra sumergida en forma permanente, aún en períodos de bajamar; la de intermarea es aquella zona ubicada entre los niveles de pleamar y bajamar, es decir que se encuentra cubierta durante la marea alta y resulta expuesta durante la marea baja; finalmente la zona de supramarea es aquella que es invadida por las aguas en mareas de sicigia o pleamares extraordinarias (Fig. 3.1.2) (Spalletti, 1980).

3.1.1. Ambientes morfológicos de los estuarios

Dentro de los estuarios existe una serie de ambientes particulares que presentan condiciones dinámicas, climáticas y biológicas determinadas que deben ser descriptas al analizar su geomorfología. Estos ambientes son esencialmente: planicies de marea, marismas y manglares. Todos ellos son ambientes intermareales que pueden hallarse en costas abiertas, pero son mucho más comunes en las zonas



interiores de estuarios, debido a que estas zonas brindan las condiciones ideales de protección para la sedimentación de materiales finos (Perillo, 1995).

Planicies de Marea

Las planicies de marea son superficies constituidas por material sin consolidar que se deposita en los márgenes de los continentes. Estas unidades pueden tener un origen fluvial, o marino a partir de depósitos producidos durante las transgresiones (Bokuniewicz, 1995) (Fig. 3.1.2).

Según Klein (1985) 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”. Esta definición es una de las más aceptadas y se continúa utilizando en la actualidad.

Las planicies se desarrollan en costas protegidas (como estuarios o 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 (Buatois *et al.*, en arbitraje).

Entre los elementos más importantes que describen a las planicies se encuentran la amplitud de marea (determina si el estuario es macro, meso o micromareal) y el aporte sedimentario (composición, granulometría y abundancia). La mayoría de las planicies se encuentran en ambientes mesomareales (amplitud de marea mayor a 2 m) y macromareales (amplitudes de marea superiores a 4). Estas características, junto con la escasa pendiente, implican que la superficie expuesta durante la bajamar es mucho mayor cuanto mayor sea la amplitud de marea.

El aporte sedimentario debe ser importante como para poder construir este ambiente. Sin embargo, debido a la baja energía, no necesariamente debe ser un



aporte alto. Los sedimentos predominantes sobre todo en la zona intermareal son limos y arcillas, mientras que la parte submareal suelen ser más arenosos; es poco común encontrar gravas (Perillo *et al.*, 1987).

Surcando las planicies se desarrollan los canales de marea, éstos se originan por la concentración de agua en pequeños hoyos de la planicie y el posterior proceso erosivo de su drenaje durante la bajamar. Al acrecentarse la erosión, los pequeños hoyos evolucionan a canales que se van desarrollando gradualmente en función de la cohesividad de los sedimentos. A medida que estos maduran y que la planicie va recibiendo mayores aportes sedimentarios, los canales adquieren un patrón meandriforme que se va acentuando al aumentar su desarrollo. Cabe destacar que precisamente 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 de suma importancia, ya que por ejemplo, en fangos la migración es del orden máximo de 25 m/año mientras que en arenas tal migración puede alcanzar fácilmente los 100 m/año (Buatois *et al.*, en arbitraje).

Marismas Saladas

Las marismas saladas han sido definidas como “ambientes ubicados en la zona intermareal alta, donde generalmente el sustrato fangoso soporta una gran variedad y densidad de vegetación halófitas” (Allen y Pye, 1992 en Luternauer *et al.*, 1995). Están presentes en costas abiertas, en bahías, detrás de barreras y en estuarios deltaicos y no deltaicos (Luternauer *et al.*, 1995) (Fig. 3.1.2).

Las marismas tienden a desarrollarse en niveles topográficos más altos que las planicies de marea y se diferencian de estas por la presencia de vegetación halófitas (plantas que pueden vivir en ambientes salinos). De hecho, las marismas suelen colonizar planicies de marea en sitios donde existe progradación de las planicies heredando las características morfológicas de éstas (Buatois *et al.*, en arbitraje).



Las plantas son un componente fundamental en la evolución y desarrollo de las marismas. En general, la riqueza específica de la vegetación tiende a aumentar con la elevación. Aunque a mayor altura la distribución de las especies se encuentra fuertemente influenciada por la competencia, a elevaciones menores depende de sus límites de tolerancia fisiológica (Buatois *et al.*, en arbitraje).

Principalmente las formas de tallos altos como *Spartina* sp. afectan significativamente la circulación de las aguas cargadas de sedimento y reducen la erosión de las olas. Cuando la energía del agua decrece debido a la fricción de la vegetación, el sedimento en suspensión tiende a depositarse produciéndose un crecimiento vertical de la marisma, es por esto que estas últimas poseen mayor estabilidad que las planicies de marea (Buatois *et al.*, en arbitraje).

Dentro de una misma marisma pueden observarse diferencias entre especies y su distribución. Las especies con tallos más desarrollados tienden a ocupar áreas asociadas a los bordes de las canales de marea, decreciendo en altura hacia las zonas más altas topográficamente. A su vez, la zonación de la vegetación, depende principalmente de los factores climáticos. Las especies dominantes en áreas templadas son esencialmente del grupo de las Spartinas, como *Spartina alterniflora* y *S. patens*, mientras que en climas fríos dominan las del grupo de las Salicornias como ser *Salicornia antigua*, *Festuca* sp. y *Gricea* sp. Ambientes similares en regiones tropicales son denominados manglares (Buatois *et al.*, en arbitraje).

Las marismas se caracterizan por poseer altos porcentajes de materia orgánica resultante de la acción de la vegetación y de la actividad biológica existente (Buatois *et al.*, en arbitraje). También son rasgos típicos, las condiciones de *stress* y las fluctuaciones extremas de energía y sustrato, siendo intensamente afectadas por lluvias y tormentas. Por estas razones son escasos los organismos preparados para sobrevivir en estas zonas. El carácter transicional de estos ambientes se manifiesta



en la coexistencia de todo tipo de animales y plantas, tanto terrestres como marinos.

Las interacciones entre la vegetación y los organismos invertebrados crean un planteo estabilidad vs inestabilidad. Las plantas por la acción de sus tallos y raíces constituyen un elemento estabilizador del sedimento, que junto con la presencia de algas que tapizan el suelo, evitan que las corrientes de agua erosionen y transporten el sedimento. A su vez, la labor de los invertebrados produce la remoción del sedimento, expulsando el material al exterior y poniéndolo en suspensión (Perillo e Iribarne 2003 a, b).

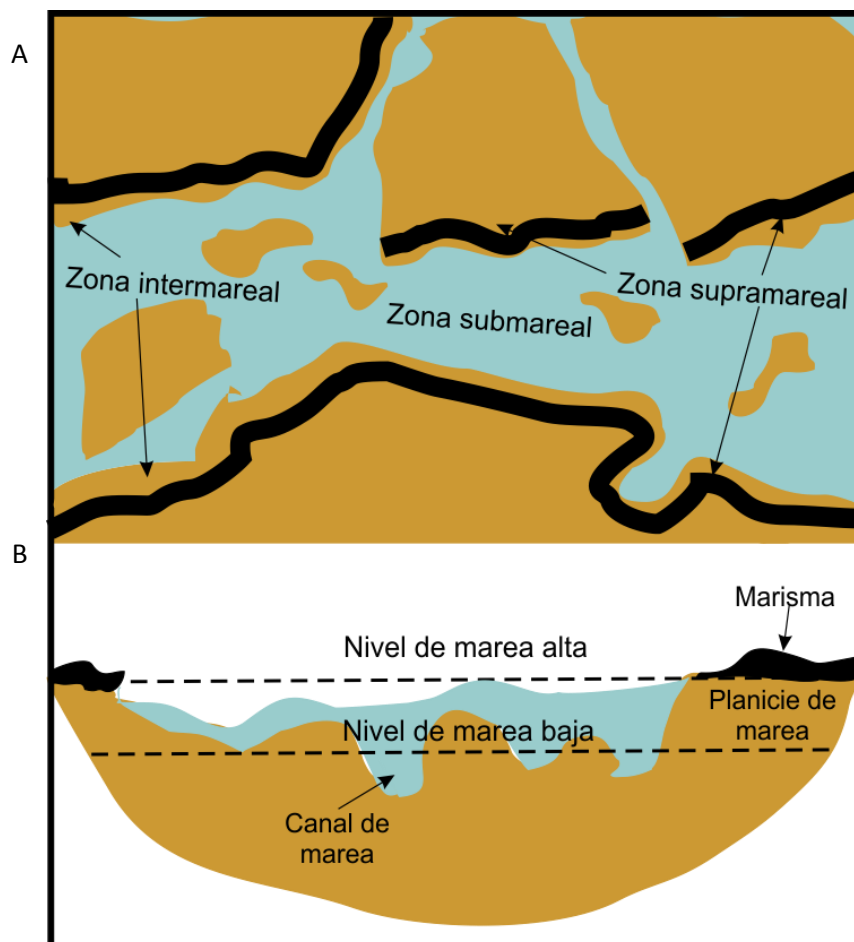


Fig. 3.1.2. Zonas y subambientes estuarinos. A-Planta, B-Perfil. Modificado de Spalletti, 1980.



3.2. Caracterización general del estuario de Bahía Blanca

El estuario de Bahía Blanca se ubica al sur de la provincia de Buenos Aires ocupando una amplia faja costera (Fig. 3.2.1a), allí se emplazan las localidades de Bahía Blanca, Ingeniero White, General Cerri y Punta Alta (Aliotta y Lizasoain, 2007).

Su configuración regional está determinada por la presencia de una compleja trama de canales meandrosos de diversas dimensiones. Gran cantidad de islas bajas, amplias planicies de marea y marismas salinas describen la fisiografía del área. Si bien no presenta una cuenca hidrográfica significativa, el estuario de Bahía Blanca alberga al principal sistema portuario de aguas profundas de Argentina (Cuadrado *et al.*, 2007).

Desde el punto de vista de su geomorfología, el estuario posee una configuración de embudo, con los canales Principal, Bermejo, Bahía Falsa, Bahía Verde y Brightman orientados en dirección NO-SE. También posee dos canales tributarios ubicados sobre la costa norte, los cuales constituyen los principales aportes de agua dulce al sistema (Fig. 3.2.1b). Hacia la cabecera del estuario se ubica el río Sauce Chico y a un km al sudeste del puerto Ingeniero White desemboca el arroyo Napostá Grande; también existen pequeños tributarios que incorporan agua al escurrimiento durante las precipitaciones locales (Fig. 3.2.1c) (Cuadrado *et al.*, 2007).

La superficie total es de 2300 km²; 410 km² corresponden a áreas permanentemente emergidas como las islas, 1150 km² son ocupados por áreas intermareales y 740 km² por el sector submareal (Montesarchio y Lizasoain, 1981). Las mayores áreas intermareales se ubican en la porción norte, mientras que en el sector sur la proporción es mucho menor. Las costas de las islas y de las riberas presentan acantilados de entre 1 y 2 m de altura. Durante las mareas de cuadratura,



el agua cubre la base de los mismos, mientras que durante períodos de sicigia el agua alcanza la porción media y superior (Piccolo y Perillo, 1999).

En cuanto al balance de sedimentos en el estuario de Bahía Blanca, puede afirmarse que es negativo, ya que la cantidad de sedimento que sale del estuario es mayor que la que ingresa. Sin embargo es necesario remarcar que no todo el estuario posee un balance negativo, ya que áreas como las planicies de marea, son zonas de depositación de sedimentos finos, mientras que los bancos submareales reciben el aporte de arenas en tránsito (Codignotto *et al.*, 1993). La distribución granulométrica de los sedimentos en el estuario es una consecuencia directa de la dinámica ambiental. Los procesos erosivos movilizan material en los flancos de los canales, produciéndose una diferenciación en el modo de transporte y en la consiguiente depositación de los mismos (Borel y Gómez, 2006).

Los materiales cohesivos, como los limos y arcillas, son acarreados en suspensión dentro de la columna de agua, mientras que las arenas son transportadas por tracción, rolo o saltación sobre el fondo de los canales. Esta diferencia en la modalidad de transporte y depositación de los sedimentos, produce cambios en la distribución textural entre los canales y las planicies de marea (Cuadrado *et al.*, 2007).

La hidrografía y circulación del estuario depende íntimamente de la compleja geomorfología del ambiente. La propagación de la onda de marea se encuentra afectada por la distribución de los canales y de los ambientes intermareales que la hacen asimétrica y que por consiguiente modifican las duraciones del flujo y reflujos. A su vez los vientos que corren en dirección paralela al Canal Principal también interactúan modificando el comportamiento de la onda de marea (Perillo *et al.*, 2007).

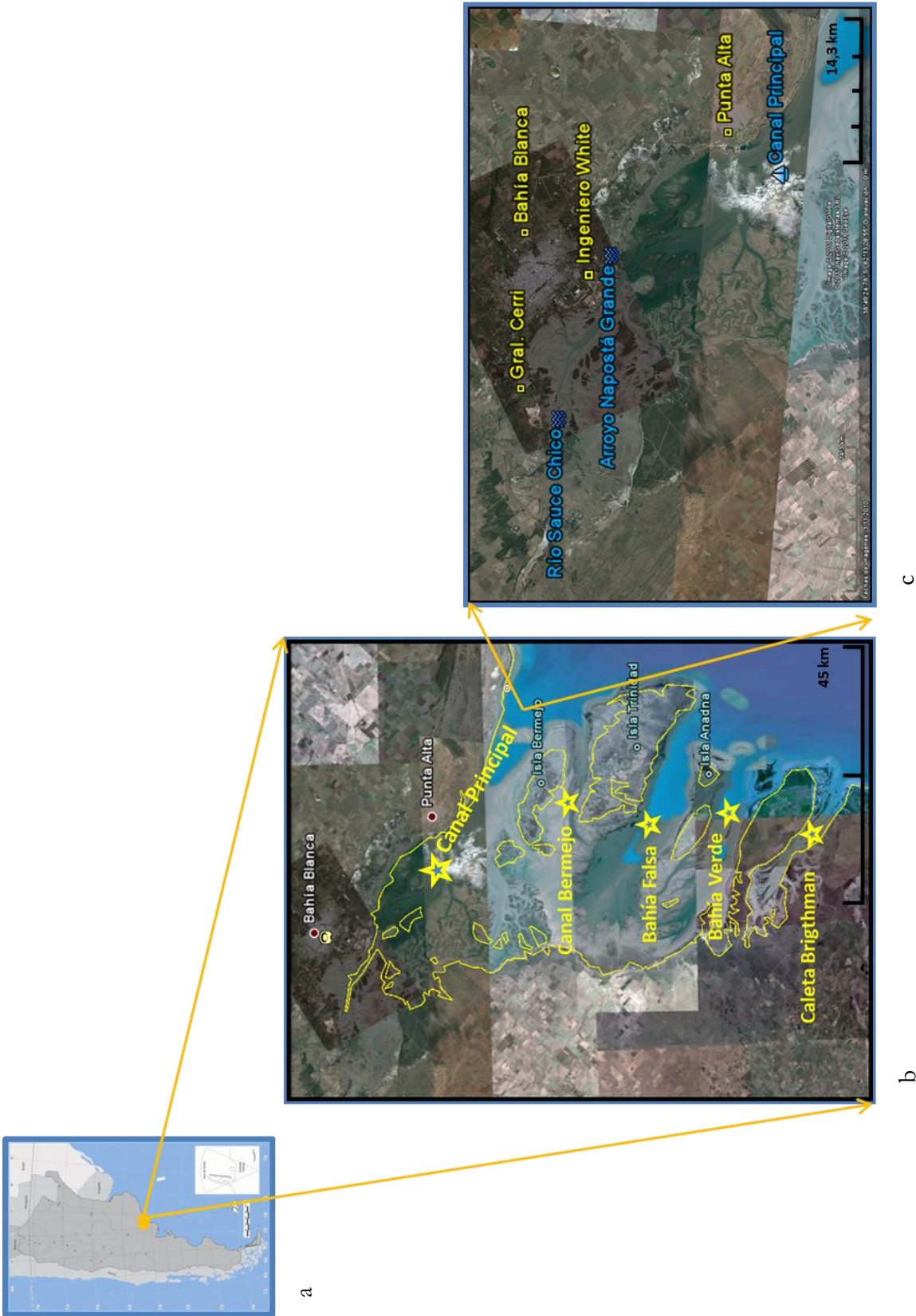


Fig. 3.2.1 Imagen satelital del Estuario de Bahía Blanca (<http://www.earth.google.com>).



El río Sauce Chico y el arroyo Napostá Grande son los principales afluentes del estuario, y están ubicados en la cabecera y en la zona media del Canal Principal respectivamente (Fig. 3.2.1c). Éstos tienen cuencas que abarcan hasta las Sierras de la Ventana, por lo que el control de sus descargas depende de las condiciones imperantes en las nacientes. La descarga media anual del río Sauce Chico es de 1,9 m³/s mientras que la del arroyo Napostá Grande es de 0,8 m³/s. Ambos afluentes se comportan de manera similar durante los períodos de lluvias máximas, en primavera y verano, pero se encuentran desfasados en tiempo. Durante el otoño el río Sauce Chico presenta una moda secundaria mientras que el arroyo Napostá Grande presenta su máxima descarga en verano (Perillo *et al.*, 2007).

En cuanto a la salinidad del estuario, uno de los rasgos más salientes es la posibilidad de presentar una alta concentración en la zona interna del mismo. Luego de muchos años de mediciones quincenales en los Puertos de Ingeniero White y Cuatrerros, se han reconocido algunos patrones (Freije y Marcovecchio, 2007) (Tabla 3.2.1):

- 1- La salinidad media en Ing. White es mayor que en Cuatrerros, reflejando que la evaporación y el drenaje terrestre inciden más en la zona proximal.
- 2- La región interna está sujeta a mayor evaporación.
- 3- Los menores valores de salinidad registrados en Ing. White se deben a la influencia del Arroyo Napostá y de las descargas provenientes del río Sauce Chico.

Salinidad (ups)	Ingeniero White	Puerto Cuatrerros
Media	33,98	32,83
Desvío estándar	2,60	3,72
Máxima	40,91	41,89
Mínima	15,84	17,29
Nro. de mediciones	681	894

Tabla 3.2.1. Datos de salinidad entre 1974 y 2002 (Freije y Marcovecchio, 2007).



3.3. Origen del estuario: escenario ambiental

Hace aproximadamente 18000 años AP, durante el Pleistoceno tardío se produjo el pico de la última glaciación, la cual comenzó mucho tiempo antes. Este período muy frío y árido provocó la retención de los aportes hídricos en la alta montaña. El nivel del mar habría descendido lo suficiente como para ubicarse a unos 170 km al este de la línea de costa actual, con una profundidad de -115 m (Tonni y Cione, 1997).

Posteriormente durante la transición Pleistoceno tardío-Holoceno temprano (11000 años AP), la temperatura y la humedad ambiental comenzaron a aumentar ocasionando un ascenso progresivo del nivel del mar (Aguirre, 1995; Melo, 2007). La capacidad hídrica de los ríos de las sierras de Lihué Calel y del área de confluencia de los ríos Salado y Colorado (Melo *et al.*, 2000; Fig. 3.2.1; 3.2.2) comenzó a acrecentarse. Hacia los 9500 y hasta aproximadamente los 7500 años AP el nivel del mar siguió aumentando hasta alcanzar cotas de entre -12 y -18 m (Aliotta y Perillo, 1990).

A los 7000 años AP el nivel del mar siguió aumentando hasta alcanzar valores altimétricos similares a los actuales y posteriormente sobrepasarlos (Gómez y Perillo, 1995). El clima se mostró más cálido y húmedo, los sedimentos provenientes de los ríos del sudeste pampeano comenzaron a formar un delta. Aprovechando la existencia de debilidades estructurales del sudoeste pampeano, los aportes hídricos comenzaron a ocupar una serie de depresiones alineadas. Estas últimas, junto con los valles originados con posterioridad, fueron categorizadas en tres grupos. En la depresión de Chasicó-Salinas Chicas se concentraron los grupos I y II. El primero tomaba un fragmento de la red de drenaje del sector norte de las sierras de Lihué Calel, el grupo II escurría hacia la cuenca del Salado. Cuando los aportes hídricos del segundo grupo superaban la depresión, estos alcanzaban el



Canal Principal atravesando el área del Salitral de la Vidriera (Melo, 2007) (Fig. 3.3.2, 3.3.3).

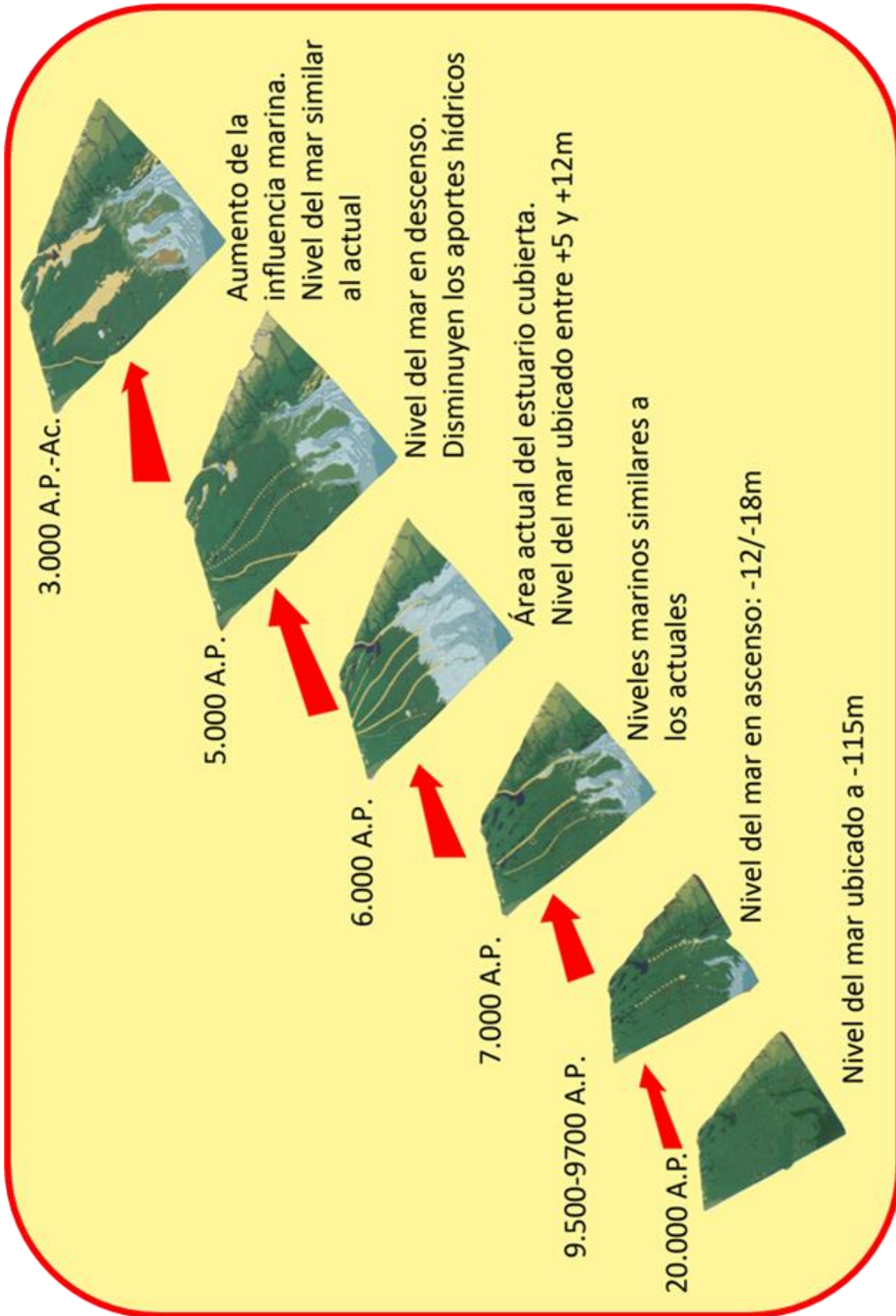


Fig. 3.3.1. Morfogénesis del estuario de Bahía Blanca (Modificado de Melo, 2007).

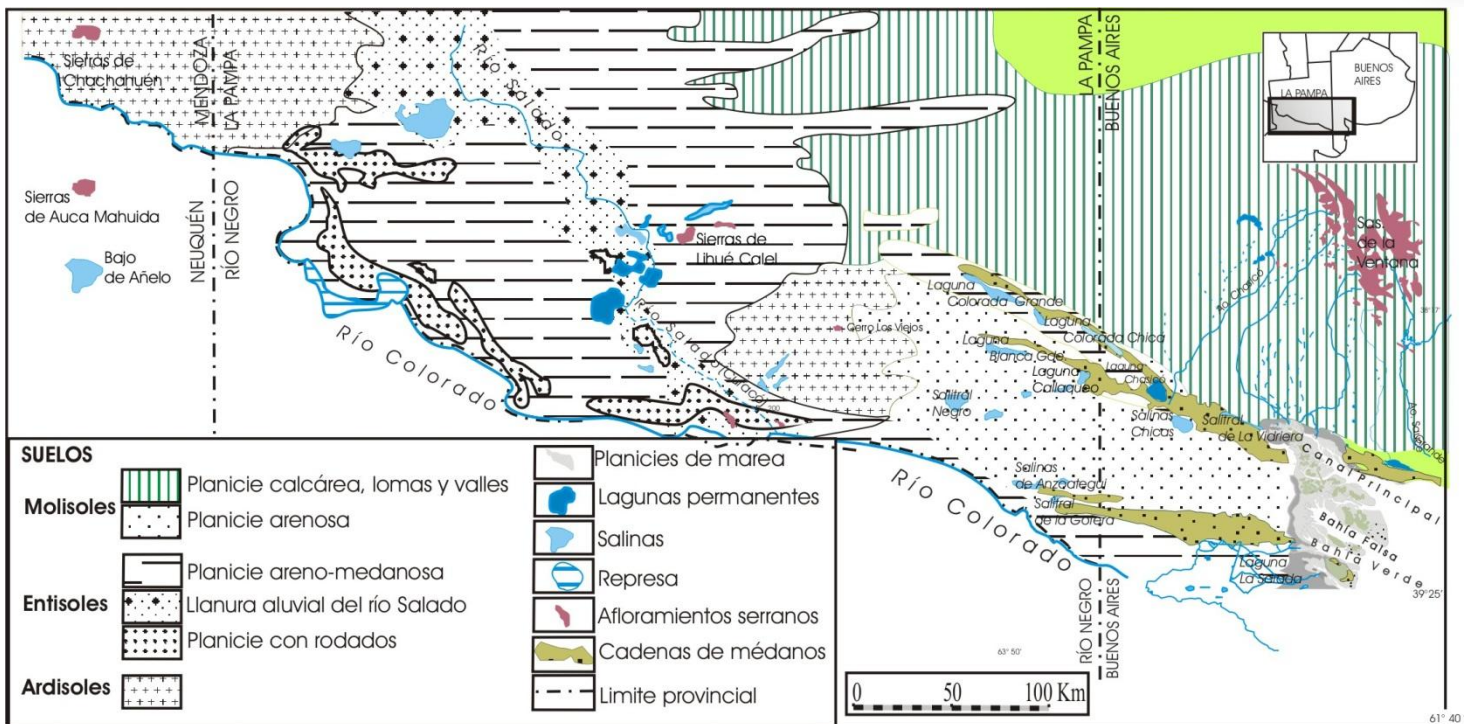


Fig. 3.3.3. Mapa de suelos (Tomado de Melo, 2007).

Hacia los 6000 años AP, bajo condiciones de humedad y temperatura en ascenso el nivel del mar continuó incrementándose, hasta alcanzar cotas entre 5 y 12 m por sobre el nivel actual (Farinati *et al.*, 2006; Melo, 2007). Como consecuencia de este aumento, el área fluvio-deltaica recientemente establecida fue cubierta completamente por el mar, quedando vinculado con el continente a través del Salitral de la Vidriera. Los conos aluviales del arroyo Napostá y del Saladillo fueron retransportados originando extensas planicies de marea (Melo y Zinger, 1997).

Hacia los 5000 años AP, las condiciones ambientales se habrían mantenido estables. Posteriormente el nivel del mar comienza a descender y los aportes hídricos disminuyen. En el delta del Colorado se han reconocido cotas estables entre los 2 y 3 m por encima del nivel del mar actual. En el estuario de Bahía Blanca comenzaron a aflorar las primeras islas (Melo, 2007).



Un clima templado árido similar al actual se habría desarrollado hace 3000 años AP caracterizado por el dominio de ambientes eólicos y la progresiva desaparición de los cauces hídricos (Aguirre, 1995). La acción eólica provocó la redistribución de los materiales finos formando mantos arenosos orientados hacia el área estuarial. Al aumentar las condiciones de aridez y al limitarse el ingreso de agua de ríos y arroyos comenzaron a formarse las salinas. El río Colorado comenzó a abandonar su alineación Salinas Anzoátegui-La gotera-Bahía Falsa, migrando progresivamente hacia el sur.

El río Sauce Chico y el arroyo Napostá grande también se vieron afectados por la expansión de los campos arenosos, ambos cursos migraron hacia el este abandonando las áreas de Baliza Monte Hermoso y del Arroyo Parejas respectivamente. El río Sauce Chico se desvió hacia el oriente y el arroyo Chasicó hacia el occidente, abandonando ambos su conexión con el Salitral de la Vidriera (Melo y Zinger, 1997).

A partir de los últimos 2000 años, se registró una tendencia al retiro marino, generando las condiciones para el desarrollo de cordones, planicies de marea inactivas y playas. Bajo estas condiciones el Canal Principal, Bahía Falsa y Bahía Verde comenzaron a funcionar como canales de marea. Una progresiva disminución en los aportes terrígenos limitó el crecimiento de las islas preexistentes, determinando la fisonomía actual del estuario (Piccolo y Perillo, 1999).

El antiguo vínculo entre el ambiente transicional y el continental habría comenzado a desaparecer conformando el Salitral de la Vidriera. Al continuar el descenso del nivel del mar las islas ubicadas en la ribera Norte comenzaron a desarrollar suelos salinos, mientras que el sector continental quedó bordeado por planicies de marea inactivas con suelos de similares características. En las islas del Sur permanecieron los procesos erosivos.



Hace 500 años durante el período denominado Pequeña Edad de Hielo el clima se habría tornado frío y semiárido. Para luego tornarse más húmedo y cálido a la par que se acentuaba el dominio marino (Aguirre, 1995; Rabassa *et al.*, 1985; Bernasconi *et al.*, 2009).

En la actualidad pueden reconocerse variedad de ambientes intermareales, marismas y canales caracterizados por el desarrollo de una vegetación particular (Fig. 3.3.4).



Canal Cabeza de Buey



Canal Cabeza de Buey



Canal Cabeza de Buey



Puerto Colonia



Villarino Viejo



Villa del Mar

Fig. 3.3.4. Ambientes actuales desarrollados en el estuario de Bahía Blanca.