



Gerardo ME Perillo

M Cintia Piccolo

Instituto Argentino de Oceanografía (IADO),  
Universidad Nacional del Sur-Conicet

# Cursos de marea

## El sistema circulatorio de los humedales costeros

**L**lamamos *cursos de marea* a hendiduras alargadas que se forman en las áreas *intermareales*, es decir, aquellas alternativamente cubiertas y descubiertas por la marea. Los cursos son una característica distintiva de esos ambientes costeros, aun donde la influencia de la marea es mínima, y constituyen el sistema circulatorio que transporta agua, sedimentos, nutrientes y contaminantes por esas áreas e incluso fuera de ellas. Esa circulación es impulsada por la energía de las mareas –que constituyen el corazón del sistema– y facilita el intercambio de sustancias y de vida que tiene lugar entre las áreas en cuestión, los ríos y arroyos que fluyen a ellas y la plataforma marina adyacente.

Las zonas costeras de las que se ocupa este artículo son una clase de *humedales*, un término aplicado a una enorme variedad de ambientes cubiertos por aguas dulces, salobres o saladas en forma permanente o intermitente, como lagunas o sectores de estas, ciénagas, esteros, turbales, marismas, manglares y otras. Su uso en este texto indica aquellos humedales sometidos a inundación por las mareas.

Los cursos de marea son cruciales para la vida en los humedales costeros, pues proveen alimento, protección

para la fauna, lugares para la reproducción y el crecimiento de organismos marinos, y finalmente, un camino para que estos lleguen al mar cuando alcanzan su madurez. También aportan los principales nutrientes a las plantas que habitan allí.

Los humedales costeros, como las playas, son una zona de transición entre mar y tierra firme. Son ecosistemas fundamentales para el mantenimiento de la cadena trófica costera en tierra y mar, y son zonas de cría y de alimentación de una fracción importante de aves migratorias. Su desaparición, muchas veces por acción humana, suele implicar significativos perjuicios ambientales, incluida la pérdida de especies. Por ello, de un tiempo a esta parte se trabaja seriamente en muchos lugares en la restauración y el manejo de esos y otros humedales.

Cuando la onda de marea ingresa en estos ambientes –sean *planicies*, *marismas* o *manglares*– fluye por cursos hasta que, con el progreso de la inundación, termina desplazándose como una lámina y las aguas alcanzan el nivel de la pleamar. Cuando se produce el refluo, es decir, se retira la marea, se revierte el proceso: primero las aguas descenden en flujo laminar, luego drenan por los cursos de marea y llegan al mar para la bajamar.

### ¿DE QUÉ SE TRATA?

Las mareas crean una compleja trama circulatoria por la que ingresan a las áreas que inundan en pleamar y por la que luego se retiran.

Aunque los cursos de marea constituyen un componente vital de los humedales, han recibido escasa atención de los investigadores, quizá porque son difíciles de identificar y, en muchos casos, pueden ser confundidos con corrientes que fluyen solo en una dirección, como arroyos de agua dulce que llegan al mar. Existen, sin embargo, notables diferencias, tanto hidráulicas como morfológicas, entre ambas vías de desplazamiento de aguas. Por ello, es inapropiada la imagen de los cursos de marea como ríos bidireccionales, quizá promovida por el hecho de que sus primeras descripciones recurrieron a terminología fluvial.

Ahora podemos hacer más precisa la definición elemental de los cursos de marea que dimos al inicio e indicar una clasificación que sirva para describirlos. Un curso de marea es cualquier hendidura longitudinal de un humedal por la que fluye agua proveniente primariamente de la acción de la marea. Clasificados por tamaños, los cursos de marea se pueden dividir así:

Nombre	Agua en bajamar	Profundidad (cm)	Ancho (cm)
Surco	no	< 1	< 2
Cava	no	1-5	2-10
Cárcava	no	5-100	10-100
Arroyo	sí	10-200	10-200
Canal	sí	> 200	> 200

Los valores de profundidad y ancho se toman con el conducto lleno. La longitud no se considera porque puede sufrir grandes variaciones.

Los *surcos de marea* (tidal rills) son hendiduras muy pequeñas y superficiales que se forman en lugares de escasa pen-



Estructura arborescente de los cursos de marea, formados por drenajes paralelos incomunicados, a diferencia de las cuencas hidrográficas en las que los cursos menores terminan progresivamente volcando sus aguas en los mayores.

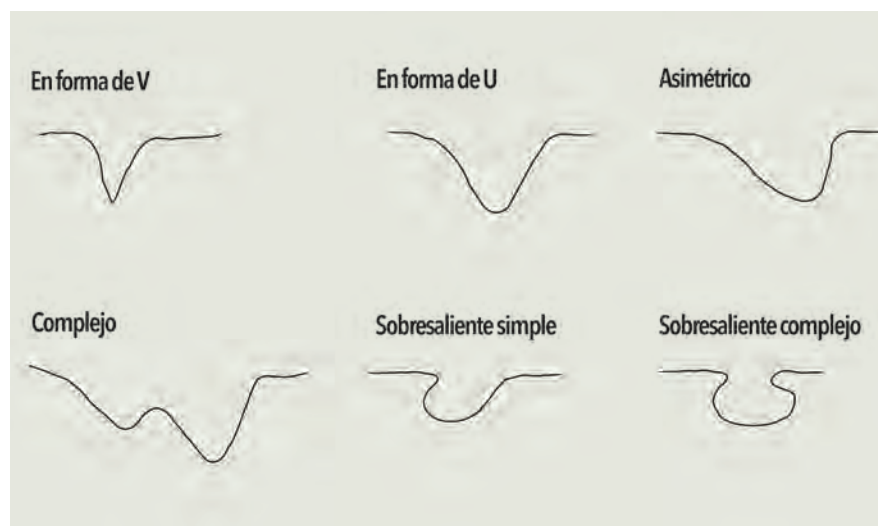
diente (menos de 3°) al retirarse las aguas, pero suelen desaparecer con la entrada de la siguiente marea para volver a formarse, en el mismo sitio u otro, con la próxima bajante.

Las *cavas de marea* (tidal grooves) se encuentran en lugares con pendientes más altas (3 a 7°) y tienen más posibilidades de sobrevivir a la entrada de la marea debido a que son hendiduras más profundas.

Las *cárcavas de marea* (tidal gullies), similares a las que se observan en desiertos o acantilados, sobreviven a la entrada de la marea y se agrandan por las corrientes. No conservan agua de marea durante la bajamar, pero pueden llevar agua de la napa freática o de lluvia. Suelen ser más profundas en la cabecera que en la boca de su curso, es decir, la pendiente de su fondo suele ser menor que la del terreno por el que corren.

Los *arroyos de marea* (tidal creeks) normalmente conservan agua de la marea durante la bajamar y experimentan una variación mayor de profundidad entre su cabecera y su boca. Suelen avanzar significativamente hacia la margen marina de la zona intermareal, una zona que raramente alcanzan surcos, cavas y cárcavas.

Los *canales de marea* (tidal channels) son las estructuras de desagüe más grandes de los humedales costeros, que resaltan claramente en mapas e imágenes satelitales. Siempre tienen agua impulsada por la marea, aun en las bajamares más acentuadas, debidas a las *mareas de sicigia*. Sus profundidades superan en promedio los 2m y, según las características del humedal, pueden alcanzar los 10m, pero existen casos en que se han re-



Croquis de las secciones transversales de los cursos de marea.

gistrado en lagunas costeras canales con profundidades de hasta 30 o 40m. De la misma manera, sus anchos pueden variar entre unos pocos cientos de metros hasta varios kilómetros.

Las principales diferencias entre las redes fluviales y las de cursos de marea residen en las condiciones del flujo, el relieve relativo, el grado en que la cuenca se inunda, el patrón de evolución y las relaciones entre diferentes cursos. Aunque existen humedales costeros cuyos terrenos o sustratos, como los de muchos ríos, son arenosos, los de la gran mayoría son limos y arcillas.

Si bien los sistemas de drenaje que forman los cursos de marea tienen una estructura arborescente, en la que los cursos menores terminan progresivamente volcando sus aguas en los mayores, a diferencia de las cuencas hidrográficas, que suelen conformar una única red intercomunicada, un área atravesada por cursos de marea suele consistir en una serie de drenajes paralelos –lineales o sinuosos– incomunicados, como se aprecia en la fotografía aérea de la página anterior. Incluso suele suceder que arroyos y canales tengan conexiones con otros cursos en ambos extremos, lo que hace todavía más complejo el patrón de circulación en ellos.

Las formas de las secciones transversales de los cursos de marea dependen principalmente de la índole del sustrato, de la amplitud de las mareas, de su sinuosidad y de la cobertura vegetal que tengan sus márgenes. Genéricamente las secciones se pueden clasificar como lo indican los croquis. Más allá de la descripción de esas formas, no se han realizado estudios que las relacionen con las condiciones del curso, su evolución o su tamaño.

A diferencia de los ríos, en los que sus perfiles longitudinales están condicionados por la pendiente regional y, en ciertos casos, por la local, los perfiles longitudi-



Cárcavas de marea (*tidal gullies*).



Arroyos de marea (*tidal creeks*).

nales de los cursos de marea no parecen responder a tales condicionamientos (o, por lo menos, nadie lo ha comprobado). Los perfiles de surcos, cavas y cárcavas de marea tienden a ser cóncavos en la cabecera de su recorrido y convexos en el resto de él.

En las cabeceras suele producirse una erosión que genera un pequeño acantilado sobre el cual el agua cae en cascada al retirarse la marea, con la consecuencia de que en ese tramo el curso adquiere mayor profundidad. Si allí el sedimento es compacto, los flancos y el fondo del curso quedan marcados por una mezcla irregular y caótica de terrones o clastos de sedimento, parches de plantas, restos de tubos de cangrejos, etcétera.

Aguas abajo disminuye la irregularidad de los flancos y del fondo de esos cursos, debido a que el flujo de las mareas tiende a suavizarlos, pues transporta y desgasta los clastos de sedimentos.

Los arroyos y canales de marea tienen flancos y fondos relativamente suaves, erosionados por las corrientes. Sus irregularidades están relacionadas con la erosión que se produce en el flanco exterior de los meandros y con turbulencias que aparecen en pozos y en la desembocadura de tributarios. Además, hacia la llegada al mar de arroyos o canales a menudo se forman depósitos de sedimentos, que varían desde deltas típicos a bancos paralelos al canal principal.

Los pozos en desembocaduras de tributarios han sido investigados en cursos fluviales, pero solo sabemos



Pequeño acantilado que se forma en las cabeceras de surcos, cavas y cárcavas de marea.

de tres estudios de ellos en ambientes mareales, dos realizados en el estuario de Bahía Blanca. En los canales de marea, esos pozos pueden ser hasta 20m más profundos que la línea de mayor profundidad o *thalweg*. En los cursos, la pendiente más abrupta está del lado del tributario y la más suave del lado del curso mayor; en ríos, en cambio, se ha observado lo contrario.

En los cursos de marea opera un mecanismo adicional que los hace más profundos: el crecimiento de albardones laterales. Ello se debe sobre todo a la presencia de vegetación, que reduce el transporte de sedimento por la marea creciente. Los albardones inhiben el intercambio de agua, sedimentos y nutrientes entre la marisma y el canal. El tipo y la distribución vertical de las plantas de la marisma tienen una influencia significativa en las características y la evolución de los cursos de marea.

Las cabeceras de los cursos de marea pueden tener la misma variabilidad de formas que los sistemas fluviales. Las cabeceras pueden definirse como el límite aguas arriba donde hay erosión observable y el flujo está dentro de flancos definidos. Estudios recientes citados en las lecturas sugeridas han demostrado que existen por lo menos tres tipos de cabeceras: difusa, de forma indefinida, por lo general semejante a la tierra circundante; aguda, con un ancho inicial que no supera los 15cm, y abierta, de forma redondeada y un ancho mayor que 15cm.

En cada tipo de cabecera actúan diferentes procesos. En la difusa predomina la erosión superficial, mientras que otros factores, como aguas subterráneas o la erosión causada por el reflujo, que forma cascadas, tienen poca importancia. Lo contrario sucede con las cabeceras agudas, para las que la erosión por aguas subterráneas y por el reflujo son los factores más importantes, que también son los principales factores en la formación de cabeceras abiertas.



Canales de marea (*tidal channels*).

Por otro lado, en humedales costeros nunca se puede eliminar el factor biológico. Los estudios realizados en el estuario de Bahía Blanca demuestran que la actividad de cangrejos, los cuales a estos efectos se comportan como verdaderos ingenieros del ecosistema, tiene un cometido clave en la evolución de este.

Las cabeceras afectadas por la actividad de los cangrejos suelen progresar más durante la primavera y el verano, y en todos los casos lo hacen por pulsos y no en forma continua, como se pensaría intuitivamente.

Si consideramos las redes completas de drenaje, las diferencias entre las fluviales y las de marea son significativas. Una está relacionada con el número y la jerarquía de los tributarios: las segundas se parecen a la cuenca alta de un río de llanura, que puede movilizar grandes volúmenes de agua en poco tiempo. Otra diferencia entre ambos sistemas, más significativa, es que en las redes de los humedales es mucho menor el condicionamiento de la topografía y toman preeminencia los procesos hidrodinámicos.

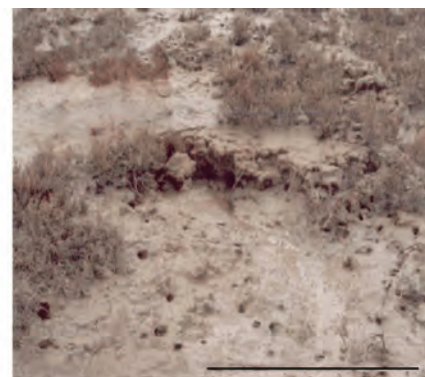
Es interesante advertir que inicialmente la circulación en un humedal se realiza en sentido contrario al de una red fluvial, es decir, del mar hacia el continente, pues la misma red llena la cuenca antes de vaciarla, y repite la inversión del movimiento en forma regular. La marea fluye aguas arriba en la etapa de llenado o flujo, colma los cursos, que desbordan e inundan todo el humedal hasta una altura que depende cada vez del estado de la marea. Con la pleamar, las velocidades de las corrientes van disminuyendo hasta llegar a cero, un estado que se llama *estoa de pleamar*, *marea muerta* o *marea quieta*. A partir de ese momento, el sistema, en su etapa de vaciado o reflujó, se comporta con cierta semejanza a uno fluvial, pues se descargan los cursos y el agua fluye hasta finalmente salir al mar.

El camino que toma el agua de marea para llegar al mar desde cualquier lugar del humedal en que la en-

cuentre la pleamar nunca es el mismo, debido a factores que para los ríos serían despreciables, como la velocidad y dirección del viento, la distribución de las plantas o irregularidades menores del terreno, los que en el hu-



La irregularidad de los flancos y del fondo de los arroyos de marea se va suavizando a medida que avanzan desde sus cabeceras, efecto que produce el flujo de agua y de sedimentos.



Formas que toman las cabeceras de los cursos de marea. Izquierda, difusa o indefinida, por lo general semejante a la tierra circundante; centro, aguda, con un ancho inicial que no supera los 15cm, y derecha, abierta y redondeada, con un ancho mayor que 15cm. La barra que indica la escala mide 50cm en la imagen del centro y 1m en las otras dos.

medal, en cambio, tienen una influencia esencial para definir el camino del agua de reflujo.

Los humedales costeros, igual que los estuarios, son ambientes restringidos en que se tienden a concentrar nutrientes y contaminantes, y permanecer por tiempos largos, a pesar de la acción de las olas o los vientos.

La variedad de formas de redes de drenaje que se pueden encontrar en humedales costeros es un tema de discusión entre especialistas, ya que no existen teorías convincentes sobre las razones que dan lugar a un tipo de red en lugar de otro, incluso por qué coexisten tipos diferentes en posiciones contiguas. Las características de

los sedimentos, la historia sedimentaria, la pendiente del humedal y los niveles de inundación deben tener influencia en el tipo de red, pero se desconoce hasta qué grado cada uno de ellos es responsable por cuál aspecto del trazado.

La vegetación tiene un efecto significativo en las características de las redes y en la evolución de los cursos. La colonización de una planicie de marea por plantas confiere un grado de estabilidad al terreno y en términos generales al sistema circulatorio, y hace más probable que sus características se preserven en el tiempo. **UH**

## GLOSARIO

**Área intermareal.** Zona costera alternativa-mente cubierta y descubierta por la marea.  
**Bajamar.** Momento del ciclo de la marea en que el agua del mar desciende a la mínima altura.

**Curso de marea.** Hendidura longitudinal de un humedal por la que fluye agua proveniente primariamente de la acción de la marea.

**Estoa de bajamar.** Momento del ciclo de la marea en que el nivel del agua, habiendo llegado al mínimo, permanece fijo antes de comenzar a ascender.

**Estoa de pleamar.** Momento del ciclo de la marea en que el nivel del agua, habiendo llegado al máximo, permanece fijo antes de comenzar a descender.

**Humedal.** Zona de la superficie terrestre que está temporal o permanentemente inundada, regulada por factores climáticos y en constante interrelación con los seres vivos que la habitan (definido así en la convención de Ramsar).

**Manglar.** Humedal costero de la zona intermareal propio de mares tropicales de todo el mundo en el que crecen mangles, árboles tolerantes a la sal pertenecientes principalmente a la familia *Rhizophoraceae*.

**Marea de sicigia.** Es la que se produce cuando la Luna, la Tierra y el Sol de encuentran alineados, con la Tierra en el medio en Luna llena y la Luna en el medio en Luna nueva. Es también llamada marea viva y está entre las mareas más altas.

**Marea quieta.** Estoa de pleamar o bajamar.

**Marisma.** Humedal con aguas marinas o salobres en el que crecen plantas herbáceas y está principalmente asociado con estuarios. En inglés, *marsh*.

**Planicie de marea.** Humedal costero de la zona intermareal sin o con escasa vegetación característico de costas con muy baja pendiente. En inglés, *tidal flat*.

**Pleamar.** Momento del ciclo de la marea en que el agua del mar asciende a la máxima altura.

**Thalweg.** La línea de menor elevación de un valle o la de mayor profundidad de un curso de agua.

## LECTURAS SUGERIDAS

**ALLEN JRL**, 2000, 'Morphodynamics of Holocene salt marshes: A review sketch from the Atlantic and Southern North Sea coasts of Europe', *Quaternary Science Reviews*, 19: 1155-1231.

**ESCAPA CM et al.**, 2007, 'Direct and indirect effects of burrowing crab activities on erosion of Southwest Atlantic *Sarcocornia*-dominated marshes', *Limnology & Oceanography*, 52, 2: 2340-2349.

**MINKOFF DR et al.**, 2005, 'Erosive processes due to physical-biological interactions based in a cellular automata model', *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, 12, 1: 25-34.

**PERILLO GME et al.** (eds.), 2009, *Coastal wetlands: An integrated ecosystem approach*, Elsevier, Amsterdam.

**PERILLO GME y PICCOLO MC**, 2004, '¿Qué es el estuario de Bahía Blanca?', *Ciencia Hoy*, 14, 81: 8-15.

**WOLANSKI E**, 2007, *Estuarine ecohydrology*, Elsevier, Amsterdam.



### Gerardo ME Perillo

Doctor (PhD) en oceanografía, Old Dominion University, Norfolk, Virginia.  
Investigador superior en el IADO, UNS-Conicet.  
Profesor titular, UNS.  
[gmeperillo@criba.edu.ar](mailto:gmeperillo@criba.edu.ar)



### M Cintia Piccolo

Doctora (PhD) en oceanografía, Old Dominion University, Norfolk, Virginia.  
Investigadora superior en el IADO, UNS-Conicet.  
Profesora titular, UNS.  
[mcpiccol@gmail.com](mailto:mcpiccol@gmail.com)