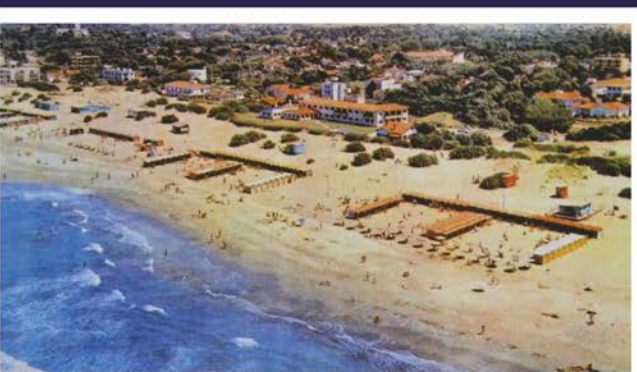


Federico Ignacio Isla - Carlos A. Lasta
Compiladores

Manual de manejo de Barreras Medanosas de la Provincia de Buenos Aires



Manual de manejo de barreras medanosas para Provincia de Buenos Aires

Federico Ignacio Isla / Carlos Lasta
Compiladores



Manual de manejo de barreras medanosas para la provincia de Buenos Aires
Federico Ignacio Isla ... [et al.] ; compilación de Federico Ignacio Isla ; Carlos Lasta. - 1a ed. - Mar del Plata : EUDEM, 2023.

Libro digital, PDF.

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-8997-07-0

1. Preservación del Medio Ambiente. 2. Médanos. I. Isla, Federico Ignacio, comp. II. Lasta, Carlos, comp.

CDD 551.453

Queda hecho el depósito que marca la Ley 11.723 de Propiedad Intelectual.

Prohibida su reproducción total o parcial por cualquier medio o método, sin autorización previa de los autores.

ISBN: 978-987-8997-07-0

Este libro fue evaluado por el Dr. José R. Dadon y el Dr Mario Hernández

Primera edición digital: junio 2023

© 2023, EUDEM

Editorial de la Universidad Nacional de Mar del Plata

Jujuy 1731 / Mar del Plata / Argentina

© 2023 Federico Ignacio Isla / Carlos Lasta

Imágenes de tapa: Gentileza Municipalidad de Villa Gesell, 2005□□



Libro
Universitario
Argentino

INDICE

Introducción al manejo de barreras medanosas	
<i>Ignacio Federico Isla</i>	7
Aguas subterráneas en el sector norte del partido de la costa	
<i>Eduardo Kruse y Silvina Carretero</i>	27
Estrategia de fijación de dunas costeras: evaluación metodológica y económica en el partido de la costa.	
<i>Lasta, Carlos Ezpeleta, Leandro González, Emiliano Roselli, Daniel</i>	39
El proceso de urbanización del partido de pinamar: Desafíos hacia un desarrollo sustentable	
<i>Raquel C. Bravo Almonacid</i>	49
Erosión de médanos litorales de villa gesell y mar chiquita	
<i>Federico Isla</i>	89
Conservación en médanos: las lagartijas arenícolas y el caso de mar del sur	
<i>Laura Vega</i>	105
Las aguas subterráneas de lobería	
<i>Orlando Quiroz Londoño, Daniel Martínez, Hector Massone</i>	117
Los médanos de lobería y necochea	
<i>Germán R. Bértola y Alejandra Merlotto</i>	129

Conservación en médanos: fragmentación de hábitat y dinámica poblacional del tuco-tuco de las dunas. <i>Matías S. Mora y Fernando J. Mapelli</i>	161
Los medanos del partido de san cayetano y tres arroyos, buenos aires <i>Luis Camilo Cortizo</i>	183
Conservación en médanos: la vegetación de la costa bonaerense en coronel dorrego, monte hermoso y coronel rosales. <i>Ana Laura Monserrat</i>	197
Aspectos ecológicos de <i>neosparton ephedroides</i>: la “nueva retama de darwin”, un símbolo de pehuen-có <i>Juan Pablo Manchiola</i>	217
Evaluación de la vulnerabilidad a la erosión del cordón costero en el partido de la costa <i>Carlos Lasta, Emiliano González, Eleonora Verón, Ayelén Mutti¹, Valeria Marchi, Leandro Ezpeleta y Daniel Alonso</i>	227
Barreras medanosas del pasado <i>Federico Ignacio Isla</i>	249

INTRODUCCIÓN AL MANEJO DE BARRERAS MEDANOSAS

Federico Ignacio Isla

Las barreras medanosas son cuerpos de arena que se emplazan en la zona costera marcando la interacción entre procesos continentales y marinos, y que poseen características distintivas de otros cuerpos de arena litorales.

1. Se forman preferentemente en zonas templadas.
2. Poseen un campo de médanos que se acumulan o se acumularon naturalmente.
3. La arena puede provenir desde el continente (ríos, aportes eólicos o glaciarios) o desde el mar.
4. Son muy sensibles a desequilibrios sedimentarios o variaciones del nivel del mar.
5. Poseen recursos renovables específicos que pueden explotarse con ciertos recaudos de preservación.

Porqué preferentemente se dan en zonas templadas?

En zonas tropicales, puede existir abundancia de arena a zonas costeras pero las lluvias y el rápido crecimiento de la vegetación impiden que los vientos puedan acumular arena en formas medanosas. En zonas donde se acumula nieve, la acción del viento sólo es posible en los meses de verano.

Hay barreras no medanosas?

Si. En zonas tropicales las colonias de corales forman barreras de carbonato que crecen desde profundidades donde llega la luz solar hasta el nivel del mar. Los atolones son barreras de coral que rodean islas, mayormente volcánicas, y que pueden ser retrabajadas por tormentas para transformarse en barreras bioclásticas o cayos (*keys*).

Si en lugar de arena, dominan las gravas se pueden formar barreras o espigas de grava, sin formación de médanos. Existen varios ejemplos en Patagonia de estas barreras. La espiga

Valdés, en la Península Valdés, cierra la Caleta Valdés de norte a sur como una barrera de 32 km de largo. La Punta El Páramo, en Tierra del Fuego, es una espiga compleja que creció de norte a sur para restringir la Bahía San Sebastián. La espiga Viamonte o la Punta Popper en Tierra del Fuego son otros ejemplos de cómo el transporte de gravas por corrientes litorales puede originar barreras donde la escasez de arena impide la formación de médanos.

Los médanos son siempre transversales al viento?

No. Si bien los médanos transversales son los más altos y mejor distinguibles, existen médanos lineales, o longitudinales, paralelos a la dirección del viento (Fig. 1). Existen transiciones entre uno y otro sistema (Tomazelli 1990).

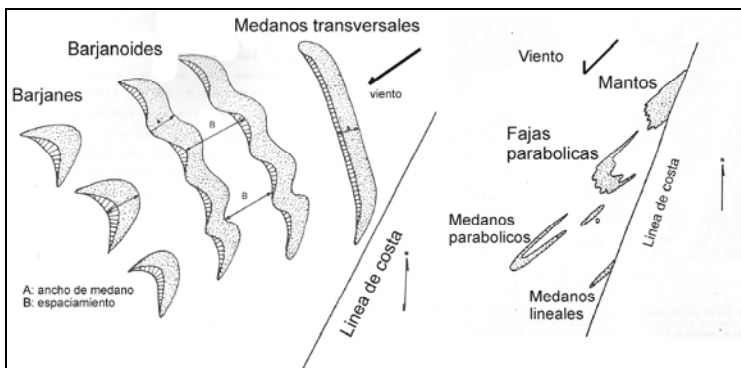


Fig. 1. Transición de médanos transversales oblicuos a la costa, y de médanos lineales oblicuos a la costa (modificado de Tomazelli 1990).

Que composición tienen las barreras medanosas?

Depende de qué tipo de material es aportado como arena. Las barreras medanosas del sur de Brasil están compuestas casi exclusivamente por cuarzo, y de ahí su color blanco. Las barreras medanosas de Buenos Aires poseen componentes terrígenos (descomposición de otras rocas) de origen volcánico

(rocas volcánicas de Patagonia) pero con un 15-20% de trozos de conchillas (bioclásticas). Es debido a esta mezcla de componentes volcánicos (negros, marrones, rojizos, verdosos) y bioclásticos (blancos) que tienen en su conjunto una tonalidad marrón clara u oscura, dependiendo de la proporción de minerales oscuros. Poseen además componentes magnéticos muy finos, y es por eso que en algunos sectores de la playa, se pueden observar zonas negras donde la arena parece contaminada por petróleo, cuando en realidad son acumulaciones de minerales opacos, algunos magnéticos. Estos componentes oscuros se calientan con relativa facilidad por el Sol y se enfrían por la noche. Es por ello, que las arenas de nuestras playas son abrasadoras de día y muy frías de noche.

Porqué son importantes las barreras medanosas ?

Son sitios de particular atractivo por ser ambientes donde los humanos encontramos un paisaje diferente, recreación, descanso, actividades diferentes y lo más importante, la proximidad al mar. Climáticamente, las barreras medanosas tienen un clima marítimo donde los veranos no son tan rigurosos, en razón de los efectos de la brisa marina. Como recurso no renovable, sus arenas pueden ser explotadas de un modo económico y así favorecer la construcción de casas y edificios. Pero en su interior, se acumula un recurso renovable más importante: el agua dulce que permite que la urbanización sea posible y además sostenible. Además, tanto la flora como la fauna de las barreras medanosas son particulares. Se debe preservar este patrimonio especial y resulta muy difícil lograr este objetivo en función de los distintos usos del suelo que ya hemos enumerado: recreación, minería, forestación, urbanización.

Que son desequilibrios sedimentarios?

Las playas más estables son las que guardan un equilibrio dinámico entre el mar y los médanos litorales. Pero este equilibrio puede cambiar episódicamente cuando una tormenta

origina olas que llegan con violencia y erosionan tanto las playas como los médanos litorales. Afortunadamente, esta arena no se va lejos sino que queda acumulada como barras o bancos en zonas próximas a la rompiente. Restablecidas las condiciones normales, son las mismas olas las que trasladan esta arena hacia la playa, y son los vientos del mar hacia tierra los que transportan la arena seca para volver a recomponer los médanos litorales. Pero este equilibrio de significativa dinámica (dependiendo de olas y vientos) puede desbalancearse o interrumpirse. Toda obra dura que impide los aportes de arena a las playas provoca un desequilibrio; las escolleras y campos de espigones son ejemplos de obstrucciones a la deriva litoral que tuvieron lamentables consecuencias en algunas playas. Los muros que se construyen entre la playa y el médano litoral impiden que la arena trepe como rampas eólicas para alimentar los médanos ahora sin aportes. Los edificios en ciudades balnearias causan otra obstrucción al transporte de arena por efecto del viento y causan desequilibrios locales en donde se erosiona y se acumula excesivamente arena. Del mismo modo, la excesiva forestación de los médanos litorales los transforma en trampas de arena: las playas alimentan los médanos pero estos fallan en devolverle arena cuando cambian los vientos. Algunos desagües pluviales que se construyeron en algunas villas balnearias aumentan el transporte de agua con arena hacia el mar, y esto causa un desequilibrio sedimentario involuntario pero con graves consecuencias para el balance playa-médano. Algunas de estas prácticas perjudiciales han sido comprendidas en algunos municipios y están siendo evitadas, pero algunos modelos se imitan en nuevas o florecientes villas balnearias que parecen buscar repetir errores.

Existe un método único para fijar médanos ?

El método de fijación depende de varios factores. Los enquinchados buscan simplemente fijar la arena y es un paso preliminar a la forestación con árboles (Fig. 2A). La forestación procura desarrollar una especie vegetal preferentemente arbórea

para reducir el transporte. Los enquinchados definitivamente sucumben en un medio que los deteriora. En cambio, los árboles pueden seguir creciendo mientras no sean sepultados (Fig. 2B).



Fig. 2. A) Los enquinchados con que se fijaban los médanos de Villa Gesell se distanciaban unos 20 m. **B)** Las forestaciones son

plantaciones sistemáticas de especies arbóreas (Arroyo La Ballenera, Gral Alvarado)

Entonces la forestación y/o urbanización de barreras medianosas es perjudicial?

No necesariamente. Sólo cuando causan desequilibrios sedimentarios en las zonas de playa. Pero existen otros impactos más difíciles de visualizar. Las forestaciones excesivas causan un consumo de agua subterránea dulce que puede no ser evaluado en un principio, pero resultan condicionantes cuando los árboles compiten con los requerimientos de la población. La urbanización excesiva también resulta perjudicial al impermeabilizarse el sustrato. El agua de lluvia ya no se infiltra en el acuífero sino que escurre hacia zonas bajas que también han sido impermeabilizadas. En consecuencia, hay que drenar el agua y la playa es el sector más bajo del municipio donde podemos canalizar los excesos hídricos. En consecuencia, las playas se erosionan, disminuye la demanda turística, y los edificios y pavimentaciones perjudicaron el ambiente que justificaba su construcción. El municipio entra en crisis económica, que en poco tiempo es crisis social, y ya tenemos una idea formada de las consecuencias que los administradores del bien público pueden causar ante una crisis económica y social.

La forestación del Vivero Florentino Ameghino procuró que la arena no molestara en las playas del centro de Miramar (Fig. 3). Esto se logró parcialmente en los años 60, pero se había eliminado la fuente de aporte de arena a las playas. Hubo que construir espigones para obstruir la deriva litoral. Los médanos fijados en el vivero siguieron creciendo en altura al tiempo que nuevas obras de defensa se requirieron para contrarrestar el desbalance.



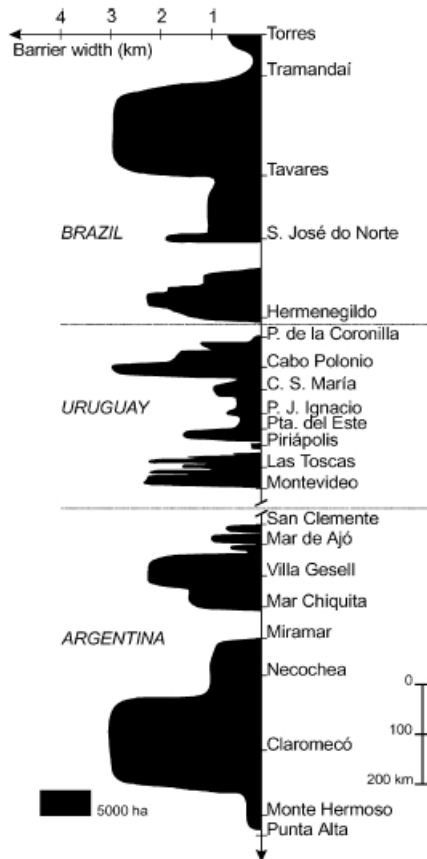


Fig. 3. A) fotografía obtenida desde un globo al sur de Miramar. El transporte de arena se daba de oeste a este por intermedio de médanos transversales. **B)** Fotografía obtenida desde el satélite espía Corona KH4. **C)** Imagen de un satélite de última generación. **D)** Estimación del área de barreras medanosas potencialmente forestables del sur de Brasil, Uruguay y norte de Argentina (modificado de Turno Orellano e Isla 2004)

Por el contrario, la forestación de médanos ha sido considerada una buena inversión en cuanto transforma el valor

de improductivos médanos vivos en médanos forestados pasibles de ser transformados en villas balnearias como ha sucedido repetidas veces en la costa de Buenos Aires. El seguimiento de los viveros Ameghino (Miramar), Lillo (Necochea) y Bellocq (Tres Arroyos) ha demostrado que se logran árboles maderables en unos 50 años con una densidad de 1100-1250 árboles/hectárea (Turno Orellano e Isla 2004). Extrapolando esta experiencia a otras barreras medianosas templadas del sur de Brasil, Uruguay y norte de Argentina (Fig. 3D) se podría lograr un secuestro promedio de 404 toneladas de C por hectárea, y totalizando de este modo un secuestro de C atmosférico de 150 millones de toneladas en 50 años (Turno Orellano e Isla 2004).

Y cómo se reconoce esta relación playa-médano litoral ?

A través del rasgo geomorfológico. Los médanos compuestos por arena fina son particularmente sensibles a los efectos del viento y del agua. En las playas que reciben abundante cantidad de arena, existen acumulaciones de poca altura en la transición hacia los médanos litorales activos (Fig. 4). En cambio, si la playa recibe poca arena o si el médano litoral ha sido completamente forestado, puede existir una pendiente significativa entre ambos rasgos (dunas subalimentadas). Si las tormentas llegan a afectar seriamente el médano litoral, se pueden generar escarpas. En los sectores donde los médanos han sido totalmente eliminados, las tormentas afectan severamente las construcciones (Fig. 5A). En algunos sectores del SE de Buenos Aires, la erosión costera ha sido tal que sólo quedan remanentes de antiguos médanos litorales en el tope de antiguos acantilados (Fig. 5B). Al oeste de Necochea (Parque Lillo), existen rampas de dunas que estacionalmente logran un transporte de arena desde la playa al tope de viejos acantilados; cuando la arena se hace escasa, las rampas pueden desaparecer (Fig. 4).

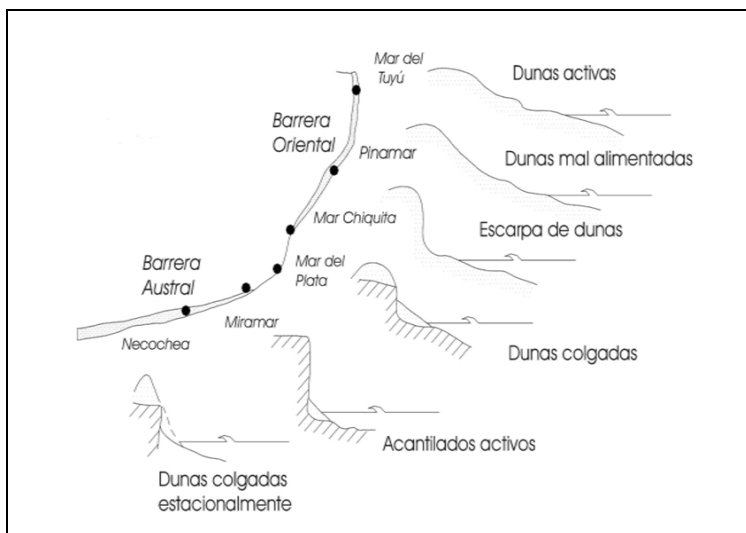


Fig. 4. Relación entre la playa y el médano litoral en diferentes sectores de la costa bonaerense.



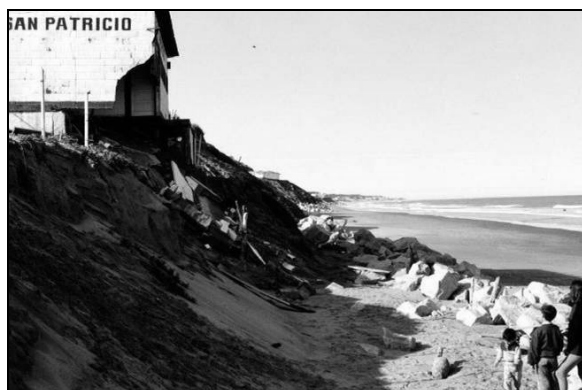


Fig. 5. A) En la localidad de Las Toninas (Partido de la Costa) los médanos litorales han sido eliminados y las tormentas han destruido la avenida costanera. **B)** Los balnearios construidos sobre médanos colgados en la Ensenada de Mogotes (Gral. Pueyrredon) se desplazan en ocasión de tormentas provenientes del sur.

Existen estrategias de fijación de médanos?

Por supuesto. En primer lugar debe tenerse en cuenta si el objetivo es eliminar el transporte eólico, disminuirlo o lograr una forestación. En el Balneario San Cayetano (Partido de San Cayetano) el problema principal provenía de los trastornos a la villa originados por el médano denominado “El Rebelde”. Una alta empalizada se emplazó conformando compartimentos que pronto comenzaron a rellenarse de arena aportada desde la playa (Fig. 6). La empalizada logró su objetivo en algunos lugares. No obstante, el ancho de las playas del balneario sigue amenazando las construcciones litorales a través de la abundancia de arena (Fig. 6B).



Fig. 6. A) Las empalizadas del Balneario San Cayetano han quedado destruidas luego de cumplir su cometido. **B)** La gran acumulación de arena en la playa de Balneario sigue aportando arena al sector litoral.

Y cómo se inducen las acumulaciones medanosas en la playa ?

Normalmente se logran a través de enquinchados (Fig. 7 A). Como las ramas son poco resistentes al viento y al *spray* salino, en algunas playas se utilizan telas plásticas que logran disminuir la acción del viento (Fig. 7B).



Fig. 7. Enquinchados clásicos (construidos con ramas) y modernos (plásticos) en Villa Gesell.

Existen amenazas a las forestaciones de médanos?

Los incendios de pastos naturales y de bosques han provocado significativas pérdidas en los ambientes fijados natural o artificialmente. En los años 90 un incendio de los pastos naturales vecinos a la Base de la Marina al sur de Punta Alta afectó unas 10.000 hectáreas (Fig. 8A). En el año 2004, los efectos del incendio permanecían en el oeste y el transporte de arena se había reactivado en el este. Los pastos deberán volver a colonizar naturalmente los médanos.

Forestaciones realizadas en la Barrera Medanosa Austral han sufrido incendios que fueron mayores debido a que no existían ni cortafuegos ni prácticas del raleo. En la estancia El Moro (Partido de Lobería), un incendio originó el crecimiento desmedido del sotobosque que hoy impide lograr atravesar esta forestación para llegar a la costa. En zonas balnearias, la demanda de accesos a la playa origina pasos peatonales que impiden que las forestaciones costeras puedan preservarse (Fig. 8B). Tanto esta actividad de peatones como de vehículos recreativos (cuatriciclos, motocross) han originado severos conflictos entre deportistas y ambientalistas.

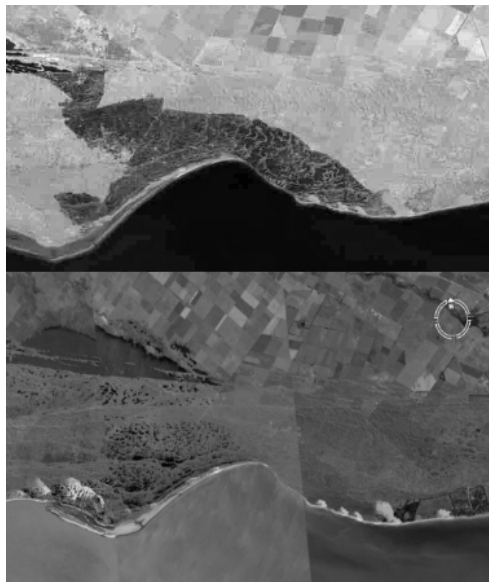




Fig. 8. A) En la imagen TM de 1999 (arriba), al E de la Base Baterías se destacan los restos de un incendio de pastizales. En la imagen de 2006 (abajo), los médanos se han reactivado y sólo en las depresiones intermedanosas se visualizaban aún pastos quemados. **B)** Pasos peatonales alteran significativamente las forestaciones litorales de Mar de las Pampas.

Existen recomendaciones para el diseño urbano en zonas de médano ?

Si. A lo largo de este libro se presentan repetidos ejemplos respecto a los métodos de fijación de médanos, al diseño de calles en áreas medanosas, la impermeabilización de sustratos naturalmente permeables y de desagües (pluviales y cloacales) en zonas de médano.

Las villas balnearias no sólo son atractivos turísticos por sus actividades recreativas o paisajísticas. También tienen un atractivo climático porque la brisa de mar aminora las temperaturas estivales (Fig. 9). Durante el día, el océano aporta

aire fresco (brisa de mar); en cambio, durante la noche es la tierra la que aporta aire cálido hacia la costa (brisa de tierra).

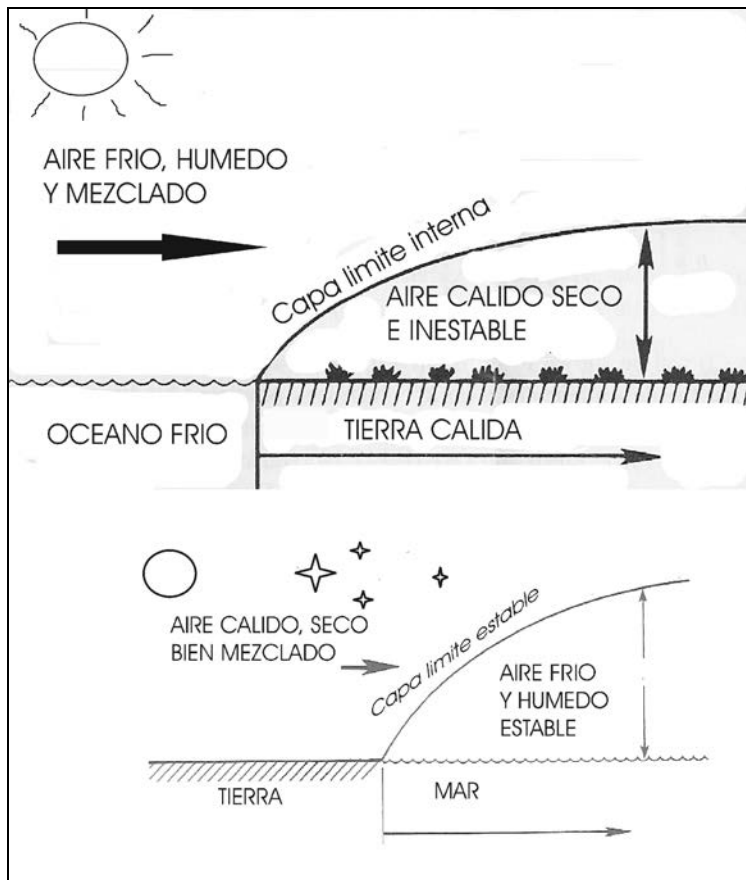


Fig. 9. Efectos de brisa costera de día y de noche (modificado de Oke 1978)

Sin embargo, la transformación de las villas balnearias en ciudades origina concentraciones de edificios y aumento del albedo (cantidad de calor del Sol que es reflejado). Así se forman las llamadas “islas de calor” que significan un deterioro de la

calidad sanitaria del aire cuando también van acompañados de una mayor concentración de gases (monóxido de carbono, dióxido de carbono). Si bien esto ocurre en la mayoría de las grandes ciudades (Roth et al. 1989), este problema puede agravarse en ciudades emplazadas en ambientes medanosos donde se ha disminuido la capacidad natural de renovación del aire (Fig. 10)

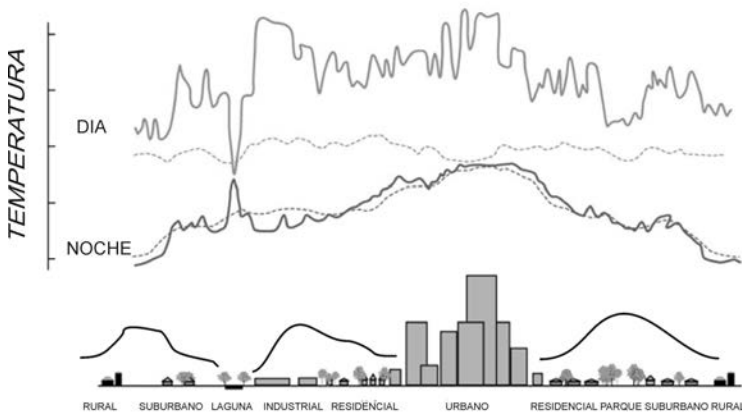


Fig. 10. El diseño de ciudades origina “islas de calor” en donde hay concentración de edificios. Estos efectos se incrementan cuando estos sectores céntricos están rodeados de médanos que alteran el campo de vientos (modificado de EPA 2003).

Los médanos altos son obstáculos a la acción del viento y pueden cambiar su dinámica en una escala pequeña. Estos efectos pueden ser particularmente impactantes en algunos sectores medanosos y deben contemplarse (Fig. 11).

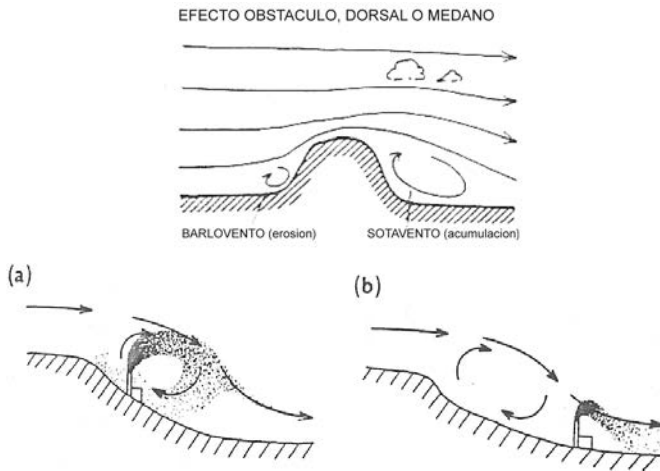


Fig. 11. A) Los médanos altos originan una alteración significativa en la dinámica eólica. **B)** Las demandas urbanas pueden llevar a problemas de contaminación de aire si no se analizan los sitios de su emplazamiento.

Porqué son necesarias áreas de reserva de médanos ?

Las barreras medanosas son el habitat de algunos organismos (plantas y animales) especializados en ambientes arenosos. En este volumen se dan sólo algunos ejemplos. Por otro lado, el interior de una barrera medanosa en una zona con lluvias abundantes es una gran reserva de agua dulce que debe conocerse, evaluarse y preservarse. En la Provincia de Buenos Aires, el crecimiento de algunas localidades balnearias está condicionado por la disponibilidad de agua dulce. Afortunadamente, algunas localidades han tomado medidas para preservar este recurso. Sin embargo, los excesos hídricos son mayormente drenados sin contemplar la recarga de acuíferos para las demandas estivales. Del mismo modo, los tratamientos de aguas servidas atentan contra la preservación de la calidad de las aguas subterráneas. Próximamente, las forestaciones deberán

planificarse de modo que no disminuyan los caudales requeridos por la población. La demanda estival de las localidades balnearias no ayuda a un manejo racional de este recurso.

Conclusiones

1. Las barreras medanosas son ambientes particulares, compuestos mayormente por arena fina y por lo tanto vulnerables a efectos naturales (erosión, acumulación) y actividades antrópicas (forestación, urbanización, contaminación).
2. Estos efectos y actividades deben necesariamente considerarse al momento de plantear una nueva actividad o un salto en escala (pavimentación, desagües, aumento de la densidad edilicia).
3. Las reservas medanosas deben planificarse a través de indicadores que permitan estimar impactos tempranamente.

Referencias

- Environmental Protection Agency, 2003. Cooling summertime temperatures. Strategies to reduce urban heat islands. Publ. 430-F-0314, Washington DC, USA, 6 pp.
- Oke, T. R., 1978. Boundary layer climates. Methuen and Co. New Cork, 435 pp.
- Roth, M., Oke, T.R. y Emery, W. J., 1989. Satellite-derived urban heat islands from three coastal cities and the utilization of such data in urban climatology. *International Journal of Remote Sensing* 10, 11, 1699-1720.
- Tomazelli, L. J., 1990. Contribução ao estudo dos sistemas deposicionais holocénicos do Nordeste de provincia costeira do Rio Grande do Sul, com ênfase no sistema eólico. Tese de doutorado UFRGS, Porto Alegre, 196 pp.
- Turno Orellano, H. E Isla, F. I., 2004. Developing sinks for CO₂ through forestation of temperate coastal barriers: an environmental business. *Regional Environmental Change*, 4, 1, 70-76.

AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL SECTOR NORTE DEL PARTIDO DE LA COSTA

Eduardo Kruse y Silvina Carretero

*Facultad de Ciencias Naturales y Museo,
Universidad Nacional de La Plata*

En el Partido de la Costa el agua subterránea dulce, se encuentra almacenada en reservorios lentiformes situados en la barrera de médanos costeros y es la única fuente natural para el abastecimiento de agua potable a la población. En el comportamiento hidrodinámico e hidroquímico de estos reservorios, resultan influyentes la relación existente entre la barrera medanosa y la llanura continental o deprimida, situada hacia el oeste (Fig. 1).



Fig 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio

Esta barrera de médanos se extiende sin interrupciones desde Punta Rasa hacia el sur con un ancho de 2 a 4 km. Se divide en playa y médano. La zona de playa es rectilínea, tiene entre 50 y 150 m de ancho, con pendientes suaves hacia el este. Son costas de construcción, sin barrancas, con playa arenosa. Los médanos que se encuentran emplazados al oeste de la playa que les da origen, son bajos y fijados por escasa vegetación. Su granulometría es de arenas finas y presentan, arealmente, un decrecimiento general del tamaño de grano de sur a norte. La llanura continental se desarrolla al oeste de la barrera medanosa, donde las cotas son inferiores a 5 m sobre el nivel del mar (m.s.n.m, Consejo Federal de Inversiones, 1989). (Fig. 2)



Fig. 2, a) Barrera, b) Médano. c) Playa, d) Llanura continental

Recarga y descarga del agua subterránea

La alimentación de las reservas de agua dulce está directamente relacionada con la infiltración de los excesos de aguas de las precipitaciones.

La barrera medanosa es la zona de recarga principal de aguas subterráneas, la conducción se efectúa en un corto tramo, y se da la descarga en dos direcciones opuestas, una hacia el mar y la otra al oeste hacia la llanura continental (Fig. 3). La descarga al occidente se manifiesta en el afloramiento del nivel freático en la zona de canales de marea. El esquema general está limitado por dos interfases, hacia el continente agua dulce-agua salobre y hacia el mar, agua dulce-agua salada. (Kruse et al, 2005).

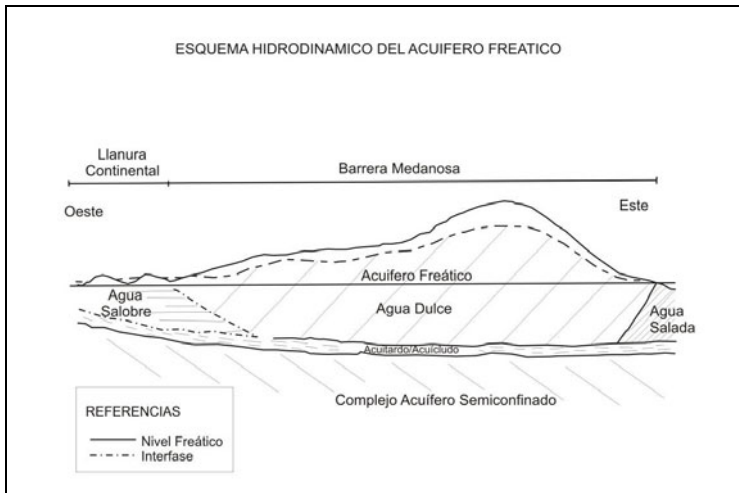


Fig. 3. Esquema hidrodinámico del acuífero freático en relación a los ambientes geomorfológicos (modificado de Consejo Federal de Inversiones, 1990)

El principal acuífero de agua dulce (acuífero freático) está constituido por arenas originadas por superposición de facies de espigas costeras, de 5-15 m de espesor según la altura del médano. Se encuentran limitadas al oeste y se apoyan, sobre sedimentos arcillosos de lagunas. Se estima un coeficiente de permeabilidad promedio de 20 m/d (el agua tarda 24 horas para recorrer 20 m) y una porosidad efectiva del 10% (el 10% en volumen de las arenas son espacios rellenos de agua, o aire en zonas sujetas de fluctuaciones de la napa superficial).

Efectos de las actividades del hombre sobre las reservas de agua subterránea

En la región existe un intenso crecimiento urbano, el cual ha contribuido a modificar el medio natural y por consiguiente, la distribución en el uso del suelo. (Carretero y Kruse, 2007). Si bien la población permanente es de alrededor de 60.000 habitantes, el importante desarrollo turístico y la alta actividad de la época estival,

puede llevar a superar 5 veces el número de pobladores en los meses de verano. Ello significa requerimientos crecientes de agua potable, asociados a los procesos de urbanización y expansión de las actividades del hombre, las cuales pueden generar distintos efectos sobre las limitadas reservas de agua dulce. Una de las consecuencias más notables se vincula a la impermeabilización de las zonas urbanas que da lugar a una reducción de la infiltración y de la cantidad de recarga al acuífero (Carretero et al, 2008).

En tal sentido también se relaciona con ello la implantación de áreas forestadas que produce una disminución de los excesos de agua como consecuencia de una mayor evapotranspiración, afectando así las posibilidades de alimentación del acuífero freático.

La eliminación de dunas influye en el régimen hidrodinámico natural del agua subterránea, ya que decrece la posibilidad de infiltración de las precipitaciones, y se restringen las áreas de recarga y el almacenamiento de agua dulce.

Además resultan de fundamental importancia los efectos sobre la calidad química del agua, cuyo deterioro influye negativamente en las reservas de agua dulce aprovechables.

Una explotación intensiva del agua subterránea puede conducir a una fuerte depresión de los niveles freáticos con la consecuente amenaza de la intrusión de un frente de agua salada, lo cual obligaría al abandono de perforaciones de abastecimiento.

Debido al comportamiento hidráulico del acuífero freático, su alta permeabilidad (10 m/d) y el escaso espesor de la zona no saturada (entre 2 y 4 m), el agua dulce disponible en lentes es muy vulnerable (Santa Cruz y Silva Busso, 2001) a la contaminación. En el actual escenario, el riesgo de contaminación se debe relacionar con la infiltración de sustancias tóxicas, particularmente nitratos de origen antrópico (urbanización, pérdidas de cloacas y depósitos de residuos).

El comportamiento del acuífero freático en este ambiente involucra procesos complejos que deben ser considerados cuidadosamente para la explotación y gestión de los recursos de aguas subterráneas. Las particularidades de las limitadas reservas de agua dulce, llevan a la necesidad de plantear

un diseño de explotación adaptable a esta situación, resultando recomendable extender la explotación areal (mayor número de pozos, poco profundos y de bajo caudal) en vez de la tradicional extracción puntual a través de perforaciones de alto caudal.

Caso de estudio: San Clemente del Tuyú

En la localidad de San Clemente del Tuyú se realiza una explotación areal a través de pozos de drenes horizontales, denominados Ranney, y del sistema “well point” para evitar la intrusión del agua salada marina y del agua salobre desde el oeste que limitan a la lente de agua dulce, cuya expresión morfológica se desarrolla entre 0,5 a 3,5 m.s.n.m. Existe un campo de bombeo situado fuera de la zona urbanizada (para evitar el ingreso de contaminantes propios de la urbanización) compuesto por 7 pozos tipo Ranney (caudal 7 m³/h). La obra consiste en un pozo de paredes impermeables en cuyo fondo están colocados radialmente una serie de drenes. Por otro lado se cuenta con 21 bombas conectadas, cada una, a 10 pozos verticales dispuestos de manera radial (caudal 13 m³/h). La profundidad de extracción oscila entre 4 y 6 m. Este tipo de pozos puntuales son de pequeño diámetro, de escasa profundidad, y están conectados entre sí mediante una conducción común que efectúa la aspiración. (Fig. 4)

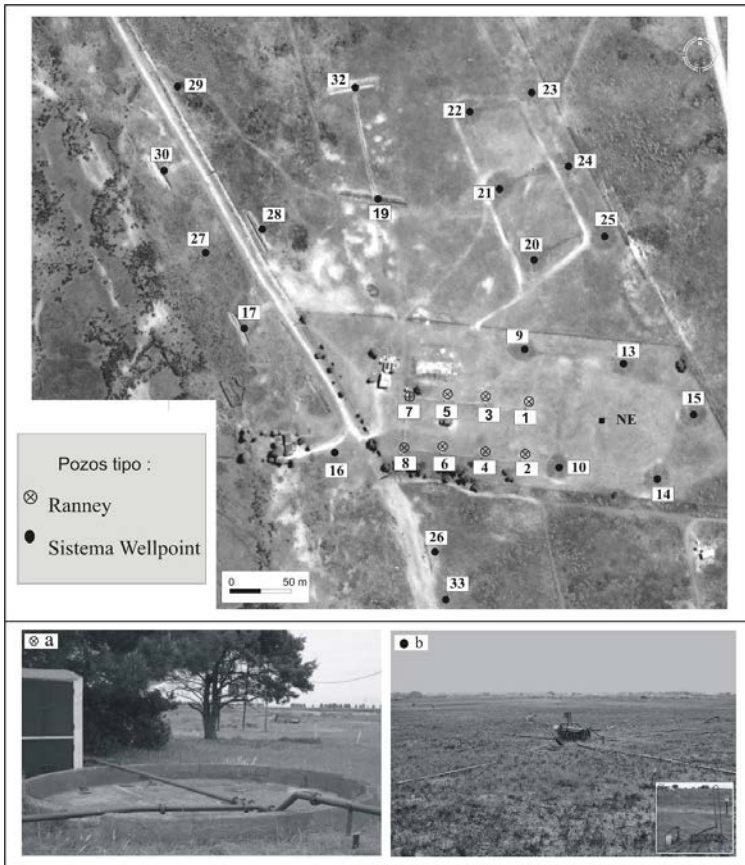


Fig. 4. Distribución de los pozos de explotación en el campo de bombeo

La extracción anual es del orden de 200.000 m^3 , con una tendencia de progresivo aumento. En los periodos estivales es cuando se produce el pico de extracción de agua subterránea. El valor medio de extracción entre marzo y diciembre está en el rango de 400 a $500 \text{ m}^3/\text{día}$. Los caudales de extracción tienen un valor máximo en enero y febrero ($1200 \text{ m}^3/\text{día}$) en coincidencia con la mayor afluencia turística. Cabe aclarar que sólo un

porcentaje menor de las viviendas (del orden del 20%) poseen agua de red proveniente del campo de bombeo descrito. Esta agua es tratada en planta para su posterior distribución, en cambio el resto de la población posee bombeadores domésticos, donde el agua no presenta tratamiento alguno.

De acuerdo al análisis de mapas de flujo se distingue un área elevada en la morfología freática en coincidencia con las mayores alturas del médano (Fig. 5). Localmente existe un gradiente hídrico en dos direcciones opuestas, hacia el este (al mar), y en dirección oeste hacia la llanura continental. En el sector sur de la localidad, donde se encuentra ubicada la zona de explotación, las curvas isofreáticas oscilan entre 1,5 y 3 m.s.n.m. Por otro lado, en la zona norte los valores pueden alcanzar a 1,5 m.s.n.m. como máximo en los meses con abundantes precipitaciones.

Las profundidades observadas durante los periodos húmedos alcanzan un máximo de 2,5 m bajo boca de pozo (m.b.b.p.), con algunos afloramientos de la capa freática al oeste, en sectores de bajos topográficos. En cambio en la estación seca, no se registran estos anegamientos y los valores de profundidad oscilan entre 0,5 y 3 m.b.b.p.

En cuanto a los niveles freáticos en la planta de bombeo, en el periodo analizado se han registrado valores de profundidad entre 0,4 y 2,8 m, presentando una tendencia general a la profundización. Puede observarse que existe una relación inversa entre los valores del nivel freático y la producción, ya que en los meses en donde la extracción es mínima se manifiesta una recuperación de los niveles, mientras que disminuyen notablemente en los meses de verano con el importante aumento de la demanda. (Fig. 6)

Dada la metodología de explotación los niveles no alcanzan a profundizarse por debajo del 0 m.s.n.m., oscilando entre 0,7 y 3,1 m.s.n.m. Los caudales extraídos están dentro del rango de las reservas reguladoras y por lo tanto no existe una modificación sustancial el ciclo natural del agua

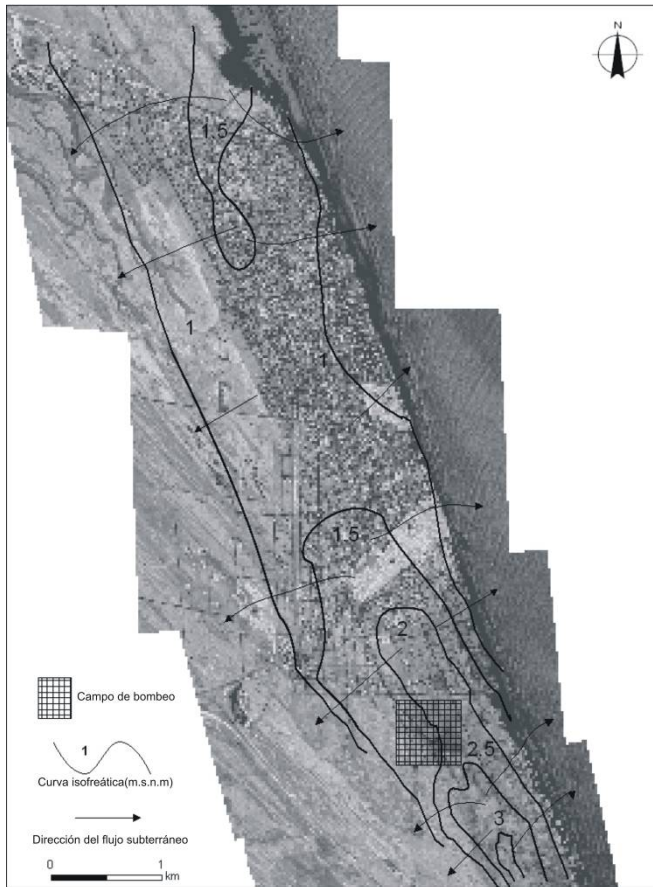


Fig. 5. Mapa isofreático para un período húmedo

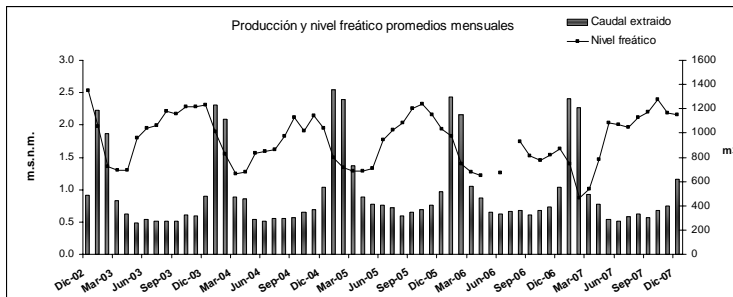


Fig. 6. Relación entre el volumen extraído y la variación del nivel freático.

Consideraciones finales

Una adecuada gestión del recurso hídrico subterráneo consiste en obtener un balance entre la demanda, el abastecimiento y el equilibrio natural del proceso hidrológico.

En el partido de La Costa es necesario aumentar el abastecimiento de agua potable para cubrir las necesidades de un mayor número de habitantes. El movimiento turístico posee un aumento creciente, lo cual debe ser tenido en cuenta para planificar la gestión del agua subterránea. Dicha gestión debe contemplar la selección de nuevas áreas de captación, para lo cual es imprescindible una cuantificación detallada de los ingresos y egresos de agua al sistema hidrológico en cada una de ellas. Es recomendable una explotación areal a escasa profundidad y bajos caudales, siendo fundamental que las áreas de captación sean declaradas zona de reserva natural para conservar las áreas de recarga y evitar toda posible contaminación del agua subterránea.

En el caso de San Clemente del Tuyú, el régimen generado por la explotación sería coincidente con el régimen hidrológico natural. Los menores excesos del verano generan una profundización de los niveles (esto es coincidente con la mayor explotación) y los mayores excesos del invierno dan lugar a un ascenso de los mismos (coincidente con la menor

explotación). Existe una relación directa entre las precipitaciones y el comportamiento de los niveles freáticos, con una rápida respuesta a los excesos que se transforman directamente en recarga.

En la planificación territorial del ambiente de barreras medanosas debe considerarse la protección ambiental de reservas de agua dulce, lo cual implica la delimitación de áreas de seguridad donde se impidan los procesos de urbanización y otras actividades que pueden afectar el recurso hídrico subterráneo. La extensión de dichas áreas se relacionará con las posibilidades futuras de abastecimiento de agua potable. La evaluación de las reservas de agua dulce debe considerarse como una herramienta más en la gestión del ordenamiento territorial en el partido de La Costa con vistas a satisfacer los requerimientos una población estable en aumento y de la fuerte afluencia turística del verano. La experiencia de San Clemente del Tuyú puede extrapolarse a otras áreas medanosas que presenten un escaso espesor de agua dulce y con condiciones climáticas que posibiliten que el volumen de recarga anual mantenga un equilibrio con la extracción que se efectúa desde acuífero.

Referencias

- Carretero, S. y Kruse E., 2007. Variación areal y temporal del recurso hídrico subterráneo en el sector nororiental de la costa bonaerense. V Congreso Argentino de Hidrogeología. III Seminario Hispano-Latinoamericano de temas Actuales de la Hidrología Subterránea. p 95 – 104. Paraná, Entre Ríos.
- Carretero S., Kruse E. y Forte Lay J.A., 2008. Efectos de la urbanización sobre la recarga en médanos costeros. 9º Congreso Latinoamericano de Hidrología Subterránea. Quito. Ecuador. Resumen p. 53. Trabajo completo en CD, 1-8.
- Consejo Federal de Inversiones 1989. Evaluación del Recurso Hídrico Subterráneo de la Región Costera Atlántica de la Provincia de Buenos Aires Regiones 1 y 2 Punta Rasa-Punta Médanos. Provincia de Buenos Aires. Informe Final. Tomo II. Geología y Geomorfología, 192 pp.

Consejo Federal de Inversiones 1990. Evaluación del Recurso Hídrico Subterráneo de la Región Costera Atlántica de la Provincia de Buenos Aires Región I Punta Rasa-Punta Médanos. Informe Final. Tomo I. Hidrología Subterránea, 182 pp.

Kruse, E., Laurencena, P., Varela L., Rojo, A. y Deluchi, M., 2005. Hydrological characterization of the brackish - fresh water relationship in different morphological environments of the province of Buenos Aires, Argentina. Geological Survey of Spain. Series on Hydrogeology and Groundwater (18 SWIM): 15: 305 – 312.

Santa Cruz, J. y Silva Busso, A., 2001. Elementos hidrodinámicos para la explotación sostenible de acuíferos en cordones de dunas en la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Boletín Geológico y Minero. 112 (4): 97 – 105.

ESTRATEGIA DE FIJACIÓN DE DUNAS COSTERAS: EVALUACIÓN METODOLÓGICA Y ECONOMICA EN EL PARTIDO DE LA COSTA.

**Lasta, Carlos^{1,2}; Ezpeleta, Leandro ¹;
González, Emiliano¹ y Roselli, Daniel³**

¹*Centro de Estudios Recursos Costeros, Partido de La Costa.*

²*OPDS, Dirección Provincial de Recursos Naturales.*

³*Coordinador Regional, Mar de Ajo Norte, Municipio de La Costa*

Las dunas costeras del Partido de La Costa son depósitos de arena que se originan por la actividad eólica y marina y son la resultante de procesos de acumulación y erosión del cordón costero. Son alimentadas permanentemente por la deflación eólica de la playa distal, que posee arena seca (Turno Orellano et al, 2003). Entonces, el rol de la duna es fundamental en la hidrodinámica costera (Marcomini y López, 2001). En ambientes prístinos las dunas presentan muy baja cobertura vegetal, en su totalidad plantas herbáceas, como *Panicum racemosum*, *Spartina ciliata*, *Hydrocotyle bonariensis*, *Calycera crassifolia* y *Cackile marítima*. Son un indicador de un sistema saludable, donde los sedimentos se mueven entre la playa y el continente, lo que se traduce en aumento en su ancho y extensión del cordón costero. Cuando las dunas son afectadas por la urbanización, extracción, nivelado y actividades recreativas, el límite con la playa sufre procesos erosivos por déficit de arenas y las playas se exponen a la acción destructiva de las ondas de tormenta (Schnack y O'Neil 2001).

Los movimientos constantes de material, en un ecosistema natural, tienden a lograr un equilibrio. Por lo tanto, resulta evidente que la fijación de la arena en ciertos tramos de playa originará la interrupción de la dinámica sedimentaria costera pudiendo afectar también zonas aledañas. (Turno Orellano et al., 2003). La fijación de los médanos litorales induce el estampamiento de arena fina que altera la dinámica costera: las playas ceden arena pero desde las dunas forestadas no reciben arena de vuelta, por lo que la fijación de dunas litorales puede

causar erosión (Isla, 2006). Pero también se puede observar que aquellos tramos de dunas que no poseen vegetación que las estabilice pueden ser removidos por los vientos, cambiando de posición y dimensiones con graves consecuencias ambientales, invadiendo cultivos o poblaciones y obstruyendo las desembocaduras de pequeños cursos de agua provocando inundaciones (Isla y Villar 1992).

Si bien existe esta relación directa entre la fijación de las dunas y la erosión de la playa (Isla, 2006), en ambientes urbanos los médanos limitan con calles de tránsito permanente que impiden su dinámica. Si carecen de una fijación por medio de una cubierta vegetal se degradan rápidamente, no sólo por el barrido del sedimento sobre las calles, sino también por el tránsito vehicular (cuatriciclos, 4x4, motos). Por ello, en el caso de paisajes urbanos, una duna sin cubierta vegetal genera menor protección a la erosión ya que el sedimento desplazado por el viento del este (desde la playa hacia el médano) no encuentra una barrera y es depositado sobre la calle o la infraestructura urbana. En este caso la vegetación sobre la duna facilita la retención de los sedimentos y favorece al crecimiento de esta.

Por lo tanto se considera necesario aplicar mecanismos de manejo de médanos que permitan equilibrar el movimiento de sedimentos, impidiendo que estos, en las urbanizaciones, se depositen sobre calles de tránsito y se pierdan del sistema playa-duna.

Zona de aplicación

Se realizó un ensayo de estabilización de la estructura de la duna y posterior fijación con una cubierta vegetal sobre una duna costera ubicada en la localidad de Mar de Ajó Norte, Partido de La Costa, Provincia de Buenos Aires. El suelo se caracteriza por ser de tipo Udipsament típico, sin estructura, con escasa materia orgánica, la cobertura herbácea es prácticamente nula. El área que se intervino es de 15000 m² aproximadamente. La duna presentaba una pendiente fuerte, mayor a 45 grados en su lado oeste, y una pendiente suave hacia la playa se encontraba

en estado móvil con dirección predominante hacia el noroeste, aportando grandes cantidades de arena sobre la cinta asfáltica de la costanera originando problemas para el tránsito y sobre todo erosión irreparable de la duna, ya que la arena no podía ser devuelta a la playa.

A partir de la inquietud y problema planteado por el Gobierno Municipal se evaluaron métodos de control de la erosión. En principio se planteó disminuir el transporte de arena con enquinchados para evitar el avance de la duna, pero analizando trabajos similares en otros sectores se concluyó que luego de fuertes tormentas se colmaban rápidamente. La duna podría seguir aportando arena por la gran pendiente que tiene sobre el cordón de la calle.

Es claro que el error en primera instancia fue edificar y asfaltar tan cerca de la línea de litoral. Visto la situación de ruptura total de la dinámica de la duna costera se decidió la fijación para su protección, decisión que no debería extrapolarse a zonas de dinámica costera natural.

Luego de realizado el trabajo y visto el éxito práctico de la obra blanda, es necesario describir la técnica de manejo utilizada para fijar la duna y evaluar los resultados tanto técnica como económicamente.

Metodología aplicada

Para establecer un programa de manejo de la duna costera, se debe pensar en una estrategia para enfrentar con distintos factores: acción eólica, marina y usos.

En primera instancia, se debe analizar el desplazamiento que ha tenido el médano hacia la ciudad. En su estado natural las dunas costeras tienen una dinámica espacial, causada por la acción eólica. Estas aumentan su tamaño hacia las urbanizaciones y en la mayoría de los casos se reduce su altura. Las pendientes que se observan son demasiado pronunciadas para lograr la implantación de la pastura, por lo tanto se deberá mover grandes volúmenes de arena para llegar a la forma deseada, con pendientes menores al 30%. Por ello el primer paso

en la estrategia corresponde a reponer la arena perdida sobre la duna (Fig. 1).

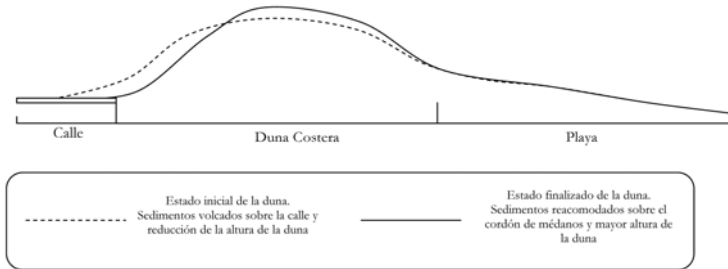


Fig. 1: Esquema de la distribución inicial y final de la arena de la duna costera

Para realizar las acciones de fijación con una cubierta, primero se divide al médano en sectores, cada uno interaccionando entre sí, pero que soportan diferentes presiones (Fig. 2). A cada sector le corresponde una acción de manejo específica.

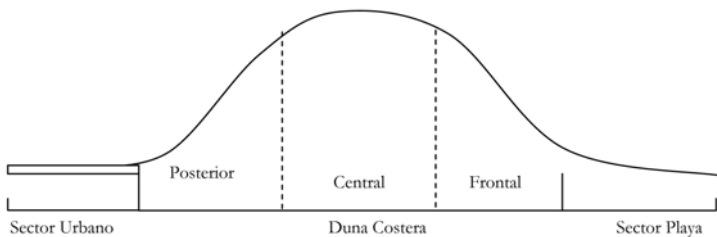


Fig. 2: Esquema de sectorización de la duna costera

En la Parte superior del médano se deben analizar alternativas y elaborar propuestas para desarrollar, en corto plazo, una cubierta vegetal estable. Esta cubierta cumpliría con la función de evitar la erosión del viento, y reducir el potencial movimiento de arena hacia la costanera. Pero la cubierta vegetal

se desarrolla en cierto tiempo, propio del crecimiento de las distintas especies sembradas.

Las “biomantas” son un entramado de materiales orgánicos fibrosos que actúan como estructurantes del suelo, evitan la voladura de la arena, aportan una capa de materia orgánica de lenta degradación y disminuyen la evaporación del agua superficial, hasta que la cubierta vegetal alcance su funcionalidad.

En el sector frontal del médano se debe tener en cuenta el principal factor que lo erosiona, el mar. No todas las playas pueden ser trabajadas de igual manera; dependen de muchas variables que se deben tener en cuenta. Estas acciones implican analizar alternativas y elaborar propuestas para lograr un sistema de acumulación de arena que sirva como primera línea de defensa ante eventos extremos, como sudestadas o tormentas regulares. Se opta en primera instancia por las denominadas obras blandas como el movimiento de arenas y protección mediante enquinchado. La misma se considera la solución más efectiva desde un punto de vista costo-beneficio. La implantación de un enquinchado a lo largo de la parte frontal del médano permite acumular arena y fundamentalmente proteger a la duna del avance del mar.

En el sector posterior del médano, es decir, la parte hacia la ciudad se enfrenta con la problemática urbana, como la presencia de calles y avenidas que interrumpen la dinámica natural. Mucha de la arena de este sector de la duna se deposita en la calle, generando problemáticas en el tránsito. El costo de la limpieza diaria y el uso de maquinaria son elevados, por lo que una fijación con una cubierta vegetal impide la pérdida de sedimentos y reduce los costos de manejo.

El proyecto requirió distintas tareas que pueden resumirse de la siguiente manera:

1. Definición de *duna tipo* a consolidar y definición de las pendientes que tendrá.
2. Medición del volumen de arena a desplazar y selección del sector de la duna donde será depositada

3. Trabajo de retroexcavadoras para llegar a la duna deseada.
4. Enquinchado perimetral de la zona a fijar con el objetivo de proteger de los viento a la pastura y sobre todo evitar el ingreso y circulación de vehículos, animales y peatones.
5. Alfombrado de la duna con rollos de paja de soja (se eligió por disponibilidad y precio, habiendo especies mejores como el lino pero no estaban disponibles).
6. Siembra de especies herbáceas, apuntando a colonizar el suelo, dejando luego su lugar en la sucesión ecológica a especies nativas presentes en el banco de semillas propio del suelo (Fig. 3).
7. Forestación con tamariscos (*Tamarix gallica*).
8. Cartelería y señalización (Fig. 4).

Al finalizar la obra se pretende que la duna tenga la siguiente composición y estructura ecológica (Fig. 5).

El mantenimiento permanente de la obra asegura conservar y optimizar la función que se quiere lograr con el médano: su fijación a largo plazo. Se debe trabajar conservando y renovando la cubierta vegetal y el flujo de arena. Para ello se requiere un mantenimiento continuo, luego de vientos fuertes, tormentas, sudestadas y cuidar del mal uso del mismo.

De manera estratégica se irá ejecutando el programa para llegar a tener en mediano plazo una línea coherente de médanos de acuerdo a la zona en todo el Partido de La Costa.

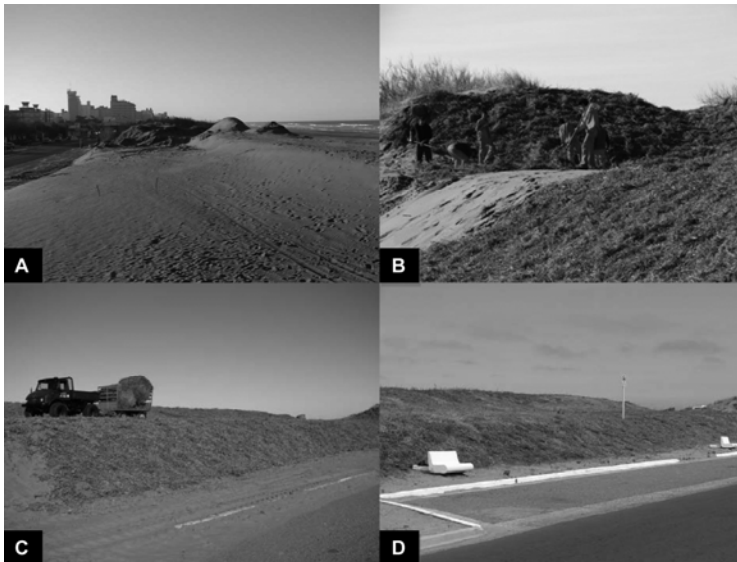


Fig. 3.: Etapas del proceso de fijación de la duna costera en Mar de Ajó, Partido de La Costa: **A)** Transporte de arena desde la calle hacia el médano; **B)** Acciones de sembrado; **C)** Colocación de la “biomanta” y posterior plantación de *Tamarix gallica* y **D)** Estado final del médano.



Fig. 4. Cartelería sobre cuidados del médano instaladas luego de la obra

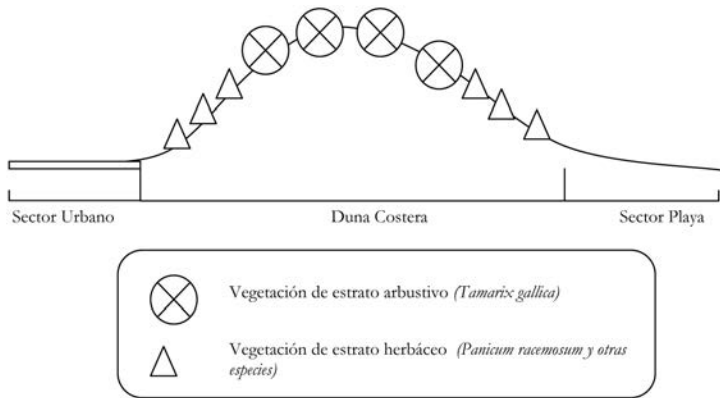


Fig. 5. Esquema de composición de la cobertura vegetal finalizada

Resultados

La pastura logró instalarse con éxito, la cual junto con la paja muerta permiten la inmovilización de la duna y la colonización futura de especies nativas.

Luego de pasados unos años la alfombra desaparecerá quedando la pastura y los tamariscos protegiendo a la duna finalmente fija y con un paisaje muy similar al original.

El estado de duna fija en este caso protege de mareas altas a la localidad y detiene la extracción de arena.

Es necesario generar vías de acceso a la playa que eviten la circulación y consecuente erosión de la duna.

Análisis Económico:

Para analizar los costos en la situación Sin Obra y Post-Obra se tomó un período de 15 años, tiempo estimado de cumplimiento un ciclo luego del cual habría que realizar nuevas inversiones para mantener la duna fija (Tabla 1).

Sin Obra				
Detalle de Tareas	Valor por horas	Importe	Por Año	
Horas de Máquina Anuales	48	180	\$ 8.640,00	
Horas Hombre Anuales	192	10	\$ 1.920,00	
Horas Camión Anuales	48	40	\$ 1.920,00	
		Total Año	\$ 12.480,00	
		Total Año 15	\$ 187.200,00	*Falta intereses
Post- Obra, con gastos obra incluida				
Detalle de Tareas	Valor por horas	Importe	Por 15 años	
Horas de Máquina	120	180	\$ 21.600,00	*solo obra
Horas Hombre	240	10	\$ 2.400,00	
Horas Camión	0	0	\$ -	
Insumos	1	30000,0	\$ 30.000,00	
		Total Año	\$ 54.000,00	
		Intereses 11%		
		Total Año 15	\$ 89.100,00	

Conclusión

La evaluación técnica como económica es favorable al trabajo realizado, inclusive sin medir los intangibles como es la mejora de calidad de la avenida costanera y servicio de estacionamiento.

Como medida de protección ambiental vemos la evaluación sumamente favorable ya que en caso de no realizar la obra es muy probable que en 15 años haya descendido notablemente la altura de la duna y por consecuencia pelagra el balneario por la introducción del mar durante las mareas altas.

Bibliografía

- Cabrera, A. 1941. Las comunidades vegetales de las dunas costaneras de la Prov. de Bs. As. D.A.G.I. 1(2), 1-44.
- Cardona, O. D., 1993. Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. Elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo. En: Maskrey, A. (ed.). Los desastres no son naturales. LA RED de estudios sociales. Primera edición. Bogotá. 45-65.
- Dadón, J., 2003. Impactos ambientales del turismo costero en la provincia de Buenos Aires. Bs. As. FCEN, UBA. Buenos Aires; # pp
- Isla, F. I. y Villar, M. C. 1992. Ambiente Costero. Pacto Ecológico. Universidad Nacional de Mar del Plata – Senado de la Provincia de Buenos Aires (Manuscrito inédito), 24 pp.
- Isla, F., 2006. Erosión y Defensas Costeras. En Isla F. I y Lasta C. (eds.). Manual de Manejo Costero para la Provincia de Buenos Aires. UNMDP-Eudem, 125-148.
- Marcomini, S. y López, R. 2001. Método de evaluación de vulnerabilidad de playa. Caso tipo Las Toninas. III Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial del MERCOSUR. Actas CD-ROM. 6 pp. Mar del Plata.
- Schnack, E.J. y O'Neill, M., 2001. Erosión y acreción costera en la costa arenosa oriental de la Provincia de Buenos Aires. Informe técnico, Proyecto OEA/CIDI, # pp
- Turno Orellano, H. A.; Isla, F. I. y Juarez, V. I., 2003. Implementación de un SIG en la evaluación de la aptitud para prácticas forestales en el litoral bonaerense Boletim Paranaense de Geociências, 53, 27-34.

EL PROCESO DE URBANIZACIÓN DEL PARTIDO DE PINAMAR: Desafíos hacia un desarrollo sustentable

Raquel C. Bravo Almonacid

Arquitecta

El objeto de este trabajo consiste, en hacer una breve descripción de las transformaciones ambientales que acompañaron el proceso de urbanización, la evolución a partir del modelo productivo y de apropiación del territorio. Por lo tanto analizar, cómo se han reproducido los comportamientos sociales en este ecosistema tan particular, la tendencia actual de crecimiento, los conflictos emergentes y los desafíos que tiene la comunidad de Pinamar en el marco de un desarrollo sustentable.

La apropiación de la franja medanosa y sus comienzos como ciudad balnearia. Fijación y forestación.

El Partido de Pinamar integra el área costera del litoral Atlántico bonaerense y como tal, su expresión territorial, no es ajena al proceso de ocupación del territorio en su escala regional en la Provincia de Buenos Aires. En general casi todos los partidos costeros (Villa Gesell, Pinamar, la Costa) comparten las características del medio natural, así como su historia respecto del proceso histórico a partir de la conquista y la ocupación del territorio a nivel región. La configuración jurisdiccional y el desarrollo diferencial posterior de cada una de los partidos y sus localidades fue consecuencia de diversos factores económicos, las formas de su demanda externa e interna de producción, la extensión de redes de transporte y la intervención de variados actores sociales (UNLP 1997).

A fines del siglo XIX, la economía en esta región, se basaba exclusivamente en la explotación ganadera, mientras que la colonización agrícola se realizaba solamente alrededor de los ejidos urbanos. La zona pampeana, al sur del río Salado, había sido la proveedora de ganado vacuno y caballo sin restricciones de explotación hasta mediados del siglo XIX. La costa era un

sector improductivo de las estancias que llegaba hasta el mar, sin interés por parte de sus dueños, por no ser apto para la actividad ganadera, ni agrícola por las características de su suelo permeable, de baja retención hídrica y sujeto a una gran erosión eólica. Era evitado hasta por los propios indios debido al peligro de quedar encerrado entre las milicias y la costa. La actual planicie costera de la pampa deprimida está caracterizada por la presencia de cadenas medanosas transversales a los vientos del SSO, fijas y semifijas, con sólo fajas activas en la línea de costa en las zonas no urbanizadas o forestadas. En su momento, estuvo cubierta por aguas oceánicas de baja profundidad debido al avance de las aguas del mar de hace 7.000 - 5.000 años, que en su retroceso permitió la acumulación de depósitos arenosos que no poseen más de 540 años de antigüedad (Isla, 1997). Esta planicie costera en Pinamar es un segmento de aproximadamente 22 km de largo. Constituye una de las regiones geológicas más jóvenes del Cuaternario pampeano. Su playa se presenta como un borde carente de accidentes, con orientación NE-SO cuya ribera tiene una marcada rectitud orientada al N39°. Dunas y playas conforman una entidad dinámica (Fig.1) en donde la alteración de una de ellas produce modificaciones en la otra. (Isla, 1997).

Por lo tanto para entender la atracción que surgió de sus propietarios por este territorio improductivo de la costa atlántica para la economía de la época, debe uno situarse en Europa, y analizar los sucesos socio-económicos que cambiaron sustancialmente el uso y aprovechamiento de nuestras playas. En particular, las prácticas del termalismo y el balnearismo de las clases más favorecidas, inclinadas a aprovechar los beneficios de los lugares termales para el recreo y la salud, surgidas por la necesidad de luchar contra las epidemias originadas en el siglo XVIII, en razón de la falta de remedios y en el marco de los preceptos del higienismo. Espacios que, con el tiempo, por distintas circunstancias socioculturales a lo largo del siglo XIX y principios del XX fueron siendo desplazados por el descubrimiento de los beneficios del agua de mar, de nuevos

fármacos, de los beneficios del aprovechamiento del clima soleado y la brisa marina de las playas.



Fig.1 Vista aérea de Pinamar apreciando médanos forestados, litorales sin forestar, playas y sistema de barras submareales (enero de 2006)

Así se reconoció la productividad de estas tierras basada en el turismo de sol y playas destinadas a un segmento social de alto nivel adquisitivo. Ostende fue promovido por inversores belgas en 1911, en el marco de las reminiscencias de la *Belle Epoque*, y esta iniciativa se extendió hacia Montecarlo (1916), en Cariló (1918) a través de los integrantes de la familia Guerrero, y en Pinamar (1941) por iniciativa del Arq. Bunge. Es necesario destacar que el proceso de transformación territorial y los modos productivos tanto en el Partido de Pinamar, como en otras localidades costeras difirieron sustancialmente al modelo europeo.

Con diversas experiencias, dentro del Partido, los emprendimientos, sin los conocimientos básicos del comportamiento natural de esta cadena de médanos, se vieron

seriamente comprometidos. Tal es el caso de la fuerte impronta influenciada y transculturada por el grupo de belgas en Ostende, de trazados racionalistas y de ciudades jardines, que tuvo que confrontarse con una realidad paisajística natural que se sobrepuso a todo intento de ser modificada. Esta trama urbana implantada sobre médanos sin fijar ni forestar, sobre la errática arena que cubría todo a su paso, llevó inexorablemente al fracaso del emprendimiento, sepultando los sueños de muchos (Fig. 2). Por lo tanto, si bien fundado el foco de atracción para el recurso que se ofrecía, “la playa y su contexto”, la localización del emprendimiento fracasó por el desconocimiento básico de su soporte natural. El desconocimiento de las técnicas apropiadas que luego usaron los emprendedores hacia el norte y hacia el sur respecto de la fijación de los médanos, la falta de un loteo amplio que permitiera el desarrollo de una forestación que enriqueciera el paisaje, y la pequeñez de sus parcelas imprimieron a Ostende una desvalorización en la fisonomía del paisaje urbano, y por consecuencia una desvalorización competitiva de sus tierras, en el marco del mercado turístico.



Fig. 2. Primeras construcciones en Ostende. Foto antigua de la iglesia cubierta por la arena.

Otros sectores con diferentes técnicas (Fig. 3) de estabilización de la arena a partir de la formación de la antiduna y de una fijación planificada de los médanos, les permitió la forestación de los mismos, y por lo tanto, dio lugar a que tanto Cariló como Pinamar, tuvieran un paisaje diferente. La plantación del bosque en las diferentes localidades se realizó con especies colonizadoras en una densidad de 2 x 2 m, con métodos distintos pero con variedades similares.

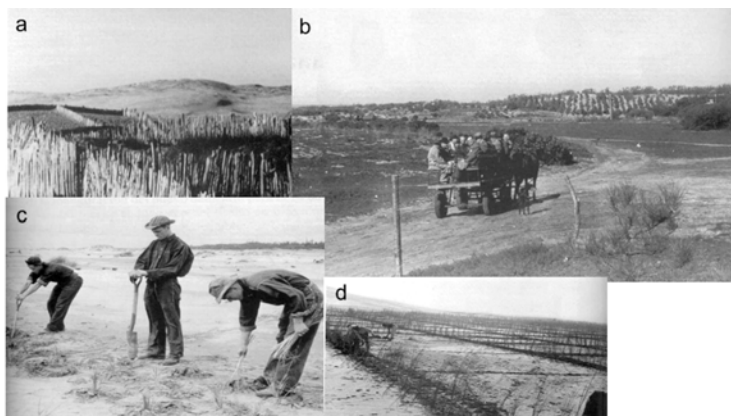


Fig.3. Fotos antiguas **a)** Primeras antidunas. **b)** Operarios de tarea de fijación. **c)** Tareas de plantación **d)** Fijación planificada

Es así, que de un paisaje dunícola, se pasó paulatinamente, a un paisaje forestado que cubre prácticamente el 70% del partido (Fig. 4A); transformación paulatina del recurso natural que posicionó al partido en un mercado turístico de altísima competencia. Sólo un 30% del partido aún conserva sus crestas activas (Fig. 4B), una porción de territorio escasa queda al momento sin forestar al norte, comprendiendo la actual localidad de Montecarlo, que se encuentra actualmente con la restricción aplicada al uso y ocupación del suelo, por no contar con las condiciones mínimas de saneamiento para la aptitud urbana del mismo. (Decreto Ley 8912/77, art.101). Sin embargo, la forestación sobre los médanos, las urbanizaciones y una

práctica social inadecuada, con el tiempo, transformaron profundamente el ambiente litoral, que es motivo de preocupación desde los ámbitos gubernamentales de manera reciente. Reciente, porque se evidencia una evolución conceptual y profundización de los conocimientos del manejo costero que, ciertamente, se contradice con lo que aplicaba el Decreto Ley 8912 en el año 1977: *“Al crear o ampliar núcleos urbanos que limiten con el Océano Atlántico, deberá delimitarse una franja de cien metros (100 m) de ancho, medida desde la línea de pie de médano o acantilado, lindera y paralela a las mismas, destinada a usos complementarios al de playa, que se cederá gratuitamente al Fisco de la Provincia, fijada, arbolada, parquizada y con espacios para estacionamiento de vehículos.”*(art. 58, Ley 8912/77 y Decreto 10.128/83 respecto a la cesión gratuita al fisco de la zona complementaria de playa).

Veintidós años después, en un giro sustancial en el proceso de abordaje territorial sobre el frente marítimo a partir del Código de Aguas, la Provincia de Buenos Aires determina: *“Prohíbese el loteo y la edificación en una franja de ciento cincuenta metros aledaña al Océano Atlántico y la edificación sobre los médanos y cadenas de médanos que lleguen hasta el mar aún a mayor distancia”*(art. 142, ley 12.257/99 Código de Aguas). Es de destacar la falta de precisión en la terminología del artículo 142, respecto a “aledaña al Océano Atlántico” y “cadena de médanos”, no obstante haberse discutido mucho la determinación de la línea de ribera y su definición, y la absoluta diferencia y significación cuando se refieren a médanos vírgenes o médanos intervenidos y transformados antrópicamente.

Respecto a ampliaciones urbanas en médanos costeros, una de las últimas normativas provinciales dice: *“Los valores ambientales paisajísticos de estas playas, las han convertido en un recurso turístico de enorme importancia, sobre las que se vuelcan grandes contingentes de población que lo eligen como un destino preferencial donde pasar su tiempo libre”* (decreto 3202/06 reglamentario de la ley 12.257/99). Sin embargo se sabe, que el equilibrio natural del frente marítimo en contacto con el mar y el viento se vio fuertemente transformado con la interrupción de ese proceso dinámico, a partir del desarrollo paulatino forestaciones y construcciones.



Fig. 4. A) La fotografía del Norte de Pinamar muestra cómo la forestación retuvo la arena y con el tiempo conformó un médano paralelo a la costa (enero de 2006). **B)** Áreas sin forestar ni fijar al norte del Partido de Pinamar. Vista aérea de la localidad de Montecarlo. Enero de 2006

La fijación de médanos, entendida como condición de saneamiento a la aptitud del suelo para el asentamiento poblacional (art. 101 del Decreto Ley 8912/77, modificado por el Decreto 1549/83), hoy constituye una gran contradicción, en el marco legislativo ambiental, lo que por otra parte continúa dando impulso a la forestación de áreas medanosas. Porque aún sabiendo que las áreas medanosas son de una gran sensibilidad inestable desde el punto de vista ambiental, ni el Código de Aguas Ley 12.257/99 y el Decreto Provincial 3202/06, y mucho menos el Decreto Ley 8912/77, mencionan, regulan o prohíben las actuales prácticas de fijación de dichas franjas. Lo más curioso es que una restricción al dominio taxativa como la que impone la Ley del Código de Aguas, es levantada por una norma de inferior jerarquía, como lo es un decreto provincial.

Los desafíos de una ciudad circunscripta en la franja medanosa. Sus recursos urbanos paisajísticos.

La transformación de esta franja medanosa y de sus componentes físicos naturales principales: el mar, la playa, el sistema dunícola, la forestación, le permitió poco a poco, a este territorio que pertenecía a los campos de Madariaga, posicionarse en un mercado turístico altamente competitivo. El estallido inmobiliario de los años '70 y la construcción de las torres en Pinamar, provocó la disconformidad de los vecinos propietarios, promoviendo la separación jurisdiccional del Partido de General Madariaga (1978). El Municipio Urbano de Pinamar, surge así circunscripto a una franja litoral de 22 por 3 km, integrado por las localidades de Cariló, Valeria del Mar, Ostende, Pinamar y Montecarlo; en 1983 es renombrado como "Partido de Pinamar".

La limitación jurisdiccional y sus externalidades negativas.

La limitación jurisdiccional restringida entre el mar, la ruta y los humedales de Madariaga constituyó la primera disfunción urbana, por cuanto conspiró contra su futuro, en el

marco del saneamiento ambiental y de la sustentabilidad de los recursos. En tal sentido, la resolución de las externalidades negativas urbanas, por sus efectos contaminantes y la permeabilidad del soporte deben exceder su propio territorio, en pos de proteger la única fuente de agua potable en la región.

Si bien, el mismo traslada los residuos domiciliarios fuera de su jurisdicción, la planta de tratamientos a cielo abierto por medio de lagunas (Fig. 5), que comparte el lugar con un depósito transitorio de residuos urbanos (podas, escombros, chatarra), se encuentra no sólo, dentro del partido sino en unos de los mejores sectores, en cuanto a provisión de agua se refiere (Gonzalez Arzac, R., et al CFI 1993 , HYTSA , 1999): *“La gran permeabilidad del subsuelo, sumada a la baja capacidad de autodepuración de las lagunas de derrame, limita el proceso de depuración del líquido que infiltra hacia el freático”* (UNLP 1997).



Fig. 5. Vista aérea del sistema de lagunas de tratamiento de líquidos cloacales en la Localidad de Pinamar (enero de 2006).

La playa, el mar, los médanos, la forestación, la fuente de agua potable en subsuelo y la calidad del medio construido por el nivel adquisitivo de sus propietarios le confirieron identidad al paisaje urbano del Partido de Pinamar (Fig. 6). El crecimiento urbano controlado a partir de la configuración del Código de Ordenamiento Urbano y un Código de Edificación, lo diferenció de otras localidades costeras. Las disposiciones de preservación de árboles, niveles topográficos y tratamientos de escurrimientos pluviales, entre otras, colaboraron en esa identidad.



Fig. 6. Vista aérea de Pinamar norte, en el que se observa que una sumatoria de condiciones posibilitó un paisaje urbano altamente competitivo y atractivo para la radicación de inversiones (enero de 2006)

Por otro lado, el mejoramiento de rutas y autopistas, lo impulsó a constituirse en un escenario atractivo para la radicación de inversiones económicas y de nuevos pobladores en

busca de oportunidades. De manera similar a otros lugares del país, grandes y medianos emprendedores decidieron alojar capitales que antes se valorizaban en el circuito financiero, cuyo objeto no sólo respondía a satisfacer las necesidades propias de una vivienda de veraneo sino, más que nada, para especular en el mercado inmobiliario. A lo largo de años, este crecimiento, fue ejerciendo presión en cada una de esas componentes ambientales que distinguieron al partido, el mismo que luego fuera considerado como una de las principales amenazas si no se tomaban las medidas para un manejo sustentable del partido (UNLP, 2004).

El agua potable. En tal sentido, no puede dejarse de mencionar, uno de los recursos que se reconoce como estratégico para el crecimiento sostenido de esta comuna: “la única fuente disponible de agua potable” existente en la región, el sistema acuífero del cordón medanoso, de recarga autóctona, por las características permeables de su suelo, a partir de precipitaciones. En el Partido de Pinamar, no se registran aportes de aguas superficiales ni subterráneas; existen lentes de agua de buena potabilidad provenientes de la infiltración de los 900 mm precipitados anualmente. El agua de lluvia una vez que llega a la superficie del terreno se infiltra hasta alcanzar el nivel freático. Una vez atravesado el nivel freático por filtración vertical descendente se recargan unidades más profundas Asimismo, este escurrimiento subterráneo descarga hacia el este, manteniendo un equilibrio hidráulico agua dulce-agua salada, con el agua de mar o aflora en las depresiones intermedanasas (Fig. 7) y hacia el oeste, en las lagunas ubicadas más allá de la Ruta Interbalnearia, en los campos de Gral. Madariaga en contacto con sedimentos poco permeables, con agua de elevada salinidad, sosteniendo un equilibrio a partir de la interfase agua dulce-agua salobre (Gonzales Arzac et al. 1993).



Fig. 7. Afloramiento de la freática en el norte de Pinamar luego de una tormenta (Abril de 2006)

La eficiencia de la recarga se convierte en estratégica, para garantizar la sustentabilidad del sistema, que puede ser alterada por la progresiva supresión de los espacios libres de construcciones y amenazada en el caso de que no se mantenga un modelo de explotación racional y prudente. La descarga no controlada de contaminantes urbanos constituye, por la vulnerabilidad de los mismos y la litología arenosa predominante, una gran amenaza, en caso de que no se restrinja, de manera absoluta, la incorporación de contaminantes y/o se desarrolle un sistema apropiado de eliminación de excretas que evite cualquier riesgo de la degradación del recurso. Al respecto, se ha escuchado por años, en particular a distintos representantes de la gestión pública que citan procedimientos de desalinización, de acueductos de aprovisionamiento provenientes de territorios lejanos, como asimismo, la suposición de que “sobra, con lo que llueve y se infiltra”. Sin embargo, dicha posición sugiere un desconocimiento profundo en la evaluación de las variables

económicas y de los costos sociales que hacen estas alternativas poco consistentes. Tan sólo resulta pertinente evaluar de qué modo se sostiene un paisaje artificializado sobre la duna, que subsiste bajo un riego permanente, y que tiene gran relevancia en el valor suelo y por lo tanto en la economía del lugar.

Las descargas pluviales. En tanto la ciudad conservaba cierto nivel agreste, la absorción del agua de lluvia se realizaba de manera natural y se resolvía, en su gran mayoría, con pequeños drenes absorbentes cubiertos de césped que garantizaban la recarga acuífero. Sin embargo, el crecimiento de la ciudad no sólo aumentó los volúmenes de agua concentrados en distintos puntos de la ciudad, sino que aumentó la velocidad de acumulación en grandes cuencas cerradas, producto de la ondulación del suelo urbano propia del perfil medanoso, y la impermeabilización progresiva de la construcción. Existen cuencas cerradas que hoy constituyen, grandes desafíos para resolver los excesos hídricos (Fig. 8), requiriendo resoluciones más eficaces, para la eliminación del agua pluvial en el menor tiempo posible, a fin de evitar desbordes sobre propiedades que al momento de construir respetaron el nivel natural de su terreno según lo normado.

No obstante la necesidad de recuperar agua de lluvia, no resulta recomendable infiltrar al acuífero aguas contaminadas producto del tránsito de los vehículos sin previo tratamiento. Si bien por un lado, los conductos pluviales, que por simple pendiente o por medios mecánicos permiten el escurrimiento en menor tiempo hacia el mar para no comprometer con excesos hídricos algunos sectores de la ciudad solucionan parcialmente la problemática, por otro lado, comprometen la calidad de la playa. El traslado de pluviales sin la debida precaución de sus efectos, erosiona muchos sectores de la playa, desestabiliza la berma, contamina la superficie de playa y el agua de mar, con la consiguiente degradación del paisaje y las condiciones naturales tan requeridas por los usuarios.



Fig. 8. Anegamiento de calles en Belgrano y Pellegrini, Ostende (Enero de 2006).

La forestación. Si bien la forestación, desde un inicio, encontró un ámbito propicio para desarrollarse con especies introducidas que se adaptaron muy bien al medio, no contó con el apropiado cultivo. No hubo tareas que ayudaran a un manejo forestal sostenido, con una política de mantenimiento que permitiera que las especies transiten su ciclo vital en plenitud. Se sabe que la plantación de colonizadoras sobre médanos, requiere una densidad de plantas ubicadas a distancias no superiores a 2,50 m. Sin un adecuado escamondo y raleo que permita la distancia necesaria y mantenimiento adecuado para su desarrollo pleno, su excesiva proximidad compromete de manera fitosanitaria al monte implantado, por lo cual, se enferman, se parasitan, y muchas veces se desestabilizan a causa de los vientos y originan riesgos.

La playa. La franja medanosa y la playa constituyen una entidad dinámica, un sistema único en donde, la reciprocidad de sus acciones, ciudad-playa ponen en riesgo su propia naturaleza.

Descripción de la dinámica natural costera.

Este sistema natural fue seriamente afectado a partir del siglo XX, al iniciarse la forestación y fijación de los médanos, al reconocer en este sistema, una alta productividad urbana y haber variado en consecuencia las condiciones de “equilibrio inestable de su naturaleza”. Condiciones de “equilibrio” que se desarrollan en dicho borde costero, sobre un plano de ligera inclinación, donde el movimiento hidrodinámico del mar, extrae y deposita volúmenes equivalentes de los materiales, con un régimen de mareas de una amplitud media de sicigias de 0.74 m, con olas del tipo de volteo (Isla et al. 1999). “Inestable”, en tanto y en cuanto, a que la playa está condicionada por la abundancia de arena y por los efectos de la deriva litoral, fenómeno, que puede definirse como la traslación de volúmenes de arena en forma paralela a la costa como resultado del oleaje oblicuo. En Pinamar, el transporte de sedimentos hacia el Norte puede variar entre 400.000 y 700.000 m³/año. (Framiñan 1990; Caviglia et al. 1992; Isla 1997; Bértola 2006).

Durante las tormentas, las olas retiran parte de la arena y la depositan en una barra exterior sobre la cual las olas rompen reduciendo su altura y consecuentemente reduciendo también la erosión. La acción del viento colabora en la formación de médanos al aumentar la pendiente hacia el mar, contribuyendo a mantener las condiciones de equilibrio descriptas. Los vientos son del este durante primavera-verano (octubre a febrero) y del norte durante otoño-invierno (abril-agosto); en marzo y septiembre dominan los vientos del sur. La velocidad media es de 12 km/h superándose estos valores medios durante la primavera y verano (Isla et al. 1999). En áreas urbanas la fijación del cordón de médanos contribuye a dar estabilidad a la masa de

arena, reduciendo al mínimo su migración hacia el interior, acrecentando el valor visual y paisajístico del litoral marítimo.

Este equilibrio natural ideal permite el mantenimiento de una costa sin avances, ni retrocesos, por lo que la preservación del medio natural, médanos y playas, dependen del mantenimiento de inalterabilidad de los mecanismos naturales descriptos (acción hidrodinámica, eólica y corrientes marinas). Alterados estos procesos ya sea por la acción del hombre o por tormentas extraordinarias, en ausencia de volúmenes de arena disponibles por la pérdida progresiva, las olas forman una barra de menor altura, posibilitando que las más grandes pasen sobre la misma y erosionen la playa aún más.

La playa y el contacto con la ciudad. Estructuras medanosas y avenidas costaneras.

La modificación de esta dinámica costera en relación al proceso evolutivo de la urbanización, se evidencia gráficamente, en la rambla construida en Ostende (1911) por los emprendedores fundacionales (Fig. 9A). En las fotografías de ese entonces, es observable el nivel donde se construía. El médano que hoy limita la urbanización con la playa propiamente dicha, no existía y es un ejemplo de lo que sucede cuando se interrumpe de la dinámica natural a partir de la retención y acumulación de arena por efecto construcciones y forestaciones. La secuencia fotográfica muestra, la manera en que la Municipalidad de Pinamar en 1992, retira el médano que cubrió por años la rambla, por considerarla de reconocido valor patrimonial histórico (Fig. 9B).



Fig. 9. A) Construcción de la Rambla en Ostende (1911). **B)** Exhumación de la rambla antigua

Progresivamente este médano paralelo a la playa se fue conformando a lo largo de gran parte de la costa del partido, a excepción de Montecarlo donde no se urbanizó ni se forestó. Con ciertas variantes, pueden verse las diferentes formaciones a lo largo de la costa de Ostende, Valeria del Mar y Cariló. En la localidad de Pinamar, dado que los emprendedores desde un principio priorizaron las vistas al mar de sus parcelas con acceso desde la avenida costanera, no se dio lugar a la formación de ese médano paralelo y el sector estuvo sujeto a un permanente mantenimiento de la arena volada, insumiendo una gran parte del presupuesto municipal en facilitar la circulación vehicular y el mantenimiento de los sectores de estacionamiento.

Esta reciprocidad de acciones entre la ciudad y la playa que pone en riesgo su propia naturaleza, sin los conocimientos básicos de su manejo y por lo tolerancia de la administración del recurso, ha promovido, por uso y costumbre, que el usuario en general de la playa haya ido, paulatinamente, perforando el sistema de médano a través de pasajes peatonales como así también, vehiculares, disminuyendo considerablemente la barrera y quitándole estabilidad al sistema. Práctica, que en muchos casos da lugar a que la masa de arena volada penetre a la planta urbana, formando grandes lenguas de arena (Fig. 10A).

Se suma al conjunto de estas malas prácticas, el excesivo afán de algunos vecinos frentistas a la playa, de generar vistas hacia el mar, o hacer extensivo el uso privativo (Fig. 10B), aún, en zonas más agrestes del Partido, como sucede en Cariló, en los que los establecimientos hoteleros abren y quiebran la estructura medanosa y su vegetación, para beneficio propio, de muy diversas maneras, comprometiendo el futuro de esas playas a un costo social aún no dimensionado (Fig.11).

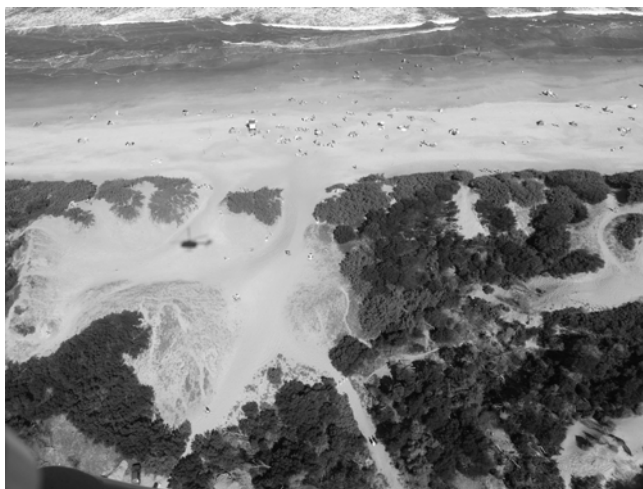


Fig. 10A. En Cariló la ruptura del sistema de médano provoca el ingreso de arena hacia el continente (enero de 2006).



Fig. 10B. Vista aérea de intervenciones por parte de hoteles de Ostende (enero de 2006)



Fig.11. Vista aérea de Apart Hoteles sobre el frente marítimo de Cariló. (Enero de 2006). Se observa en punteado las aperturas realizadas del médano.

La práctica realizada por años, de retiro permanente de arena volada mezclada con cascotes del estabilizado, de la Avenida del Mar en la Localidad de Pinamar (Fig.12), no ha resultado conveniente desde ningún punto de vista, fundamentado a través de todos los estudios realizados del frente marítimo y su dinámica costera que aconsejaban recuperarla a la playa nuevamente, para la conformación de la barra frontal.



Fig. 12. Camión municipal retirando arena de la Av. Del Mar, Pinamar (septiembre de 2005)

Desde el ámbito de las decisiones del gobierno local, el afán por lograr transitabilidad y acceso vehicular por el frente marítimo, ha prevalecido por sobre la sostenibilidad del sistema. *“Ante la falta de un seguimiento histórico de la dinámica de las playas, puede considerarse que la apertura de la traza de la Avenida del Mar, combinada con la presencia del muelle, la arena volada por el viento, la ausencia de médanos y el retiro de arena; constituyen las causas más probables que explican la erosión en las playas centrales de Pinamar. La pérdida de los médanos en Pinamar ha implicado el aumento del grado de vulnerabilidad de las playas. Esto implica que la erosión de Pinamar tiene causas locales más que regionales, lo cual no elude la necesidad de acuerdos a esta última escala”* (UNLP 2006). Promover el traslado de gran parte de la actividad vehicular de la Av. del Mar, hacia las arterias pavimentadas de la ciudad (UNLP 2006) demuestra ser una alternativa eficaz para la sustentabilidad del frente marítimo y una maduración en el compromiso ambiental ciudadano. Todas estas formas de contacto de la ciudad con el frente marítimo

inciden seriamente en el deterioro progresivo de la naturaleza del mismo, y de un equilibrio natural, se pasa a una costa vulnerable a la erosión a causa de la pérdida de volúmenes de arena necesarios para la conformación de las barras exteriores.

Lo reconoce la normativa Provincial cuando dice: *“La ausencia de un marco referencial que oriente el accionar de los sectores involucrados, ha producido problemas de contaminación, salinización de las napas de agua dulce, deterioro del ecosistema natural de los médanos costeros y recarga de arena en la playa, que se verifican a lo largo de las ciudades balnearias de la costa atlántica.”*(Decreto 3202/06 reglamentario del Código del Agua). Se considera que, aproximadamente el 30% de la costa del partido se encuentra comprometida por erosión. Esto equivale al 50% de la costa urbanizada que se localiza en Pinamar (Schmidt, 2006).

Los efectos de la actividad balnearia. Sus construcciones y un conjunto de malas prácticas.

En la medida que el uso y los hábitos fueron evolucionando, la playa fue objeto de diversos tratamientos. Desde la menor intervención, tendidos de sombra y construcciones de madera sobre pilotes, a altísimas concentraciones de vehículos y construcciones duras que, a partir de los 80', fueron promovidas desde el mismo Municipio. Los pliegos de licitación de aquella época comprometieron seriamente la naturaleza de las playas, por carecer de prescripciones ambientales sobre la dinámica costera (Fig.13). Grandes construcciones de cemento, para satisfacer nuevas demandas recreativas y sanitarias, extendidas a lo largo de la playa distal, muchas veces, por debajo de las crecidas históricas registradas, que superan ampliamente las crecidas ordinarias. Actualmente existen 53 unidades balnearias en el Partido (80% localizadas en Pinamar) que responden a una sistematización arbitraria y constituyen una superficie edilicia cubierta de aproximadamente 13.000 m² a lo largo del frente marítimo (Municipalidad de Pinamar, 2009).

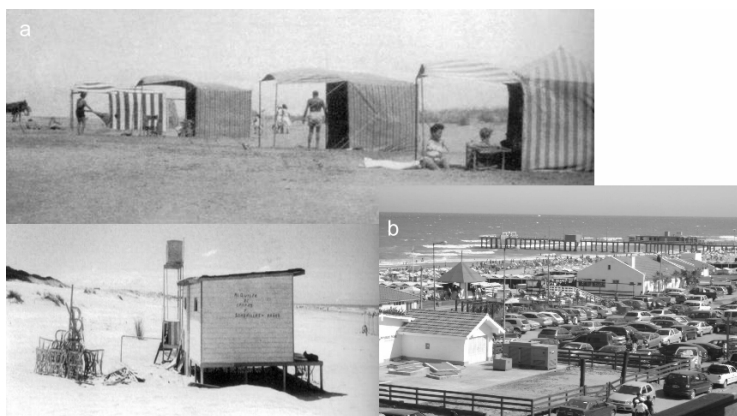


Fig.13. A) Foto de las primeras instalaciones balnearias, Pinamar. **B)** Vista aérea del frente marítimo de Pinamar (enero de 2006).

Sin embargo, la relación superficie disponible de playa y la cubierta parece poco significativa, si en verdad, no se contabiliza el despliegue de la ocupación distribuidos en terrazas, solados, piletas y espacios intersticiales entre volúmenes edilicios, estacionamientos, cocheras semicubiertas, espacios parquizados, tendidos de sombra definidos en grandes pasillos con carpas y sectores de sombrillas (Fig. 14).

Todo esto limita la disponibilidad de espacios públicos y sus efectos se pueden traducir en:

1. Alteración de la playa para la localización de carpas. La nivelación por parte de los concesionarios de unidades balnearias de grandes sectores de la playa para la instalación de carpas altera la estabilidad de bermas y promueven la erosión (Fig. 15).



Fig. 14. El balneario Chao Montesco, Carilo, en enero de 2006. El punteado grafica la ocupación real del balneario.



Fig. 15. Remoción de arena para instalaciones balnearias (Ostende, 1993)

2. Riesgo de las construcciones. A partir de tormentas pocos frecuentes pero de gran impacto sobre el frente marítimo, las construcciones balnearias quedan expuestas a la destrucción (Fig. 16), y donde el mar socava las instalaciones balnearias las hace colapsar (Fig. 17). *“Los balnearios no sólo interfieren el flujo de arena a lo largo de la costa durante las tormentas, sino que sus parapetos al reflejar los trenes de olas generan un pulso energético al pie del mismo, dando origen a erosión por reflexión. Asimismo la presencia de balnearios en la playa produce desvíos en el flujo arenoso eólico depositando el material arenoso en forma aleatoria”*(Codignotto 1995). *Los balnearios fundados sobre la arena sin pilotes están destinados a desaparecer durante una tormenta centenal”* (Schmidt 1997)



Fig. 16. Efectos de la tormenta del 9 de junio de 1993 **A)** Balneario San Javier, Pinamar, **B)** Operarios tratando de salvar la estructura de las carpas.

3. La falta de una infraestructura adecuada. La actividad balnearia demanda extracciones de agua potable en zonas sin agua corriente con grave riesgo del avance de la interfase de agua salada. *“La sobre explotación del acuífero costero acelera el proceso de intrusión de la cuña salina desde los cuerpos sedimentarios adyacentes con aguas salobres”* (HYTSA, 1999). Asimismo, dado que los estratos aislantes hidrogeológicos se reducen considerablemente y pierden continuidad en contacto con el mar, la carga contaminante producida por pozos ciegos en la playa, el déficit de sistemas de tratamiento de líquidos cloacales y la reducción sistemática de la capa de arena constituyen serios riesgos de

contaminación del acuífero, que se agrava con el tiempo, de persistir esas prácticas.

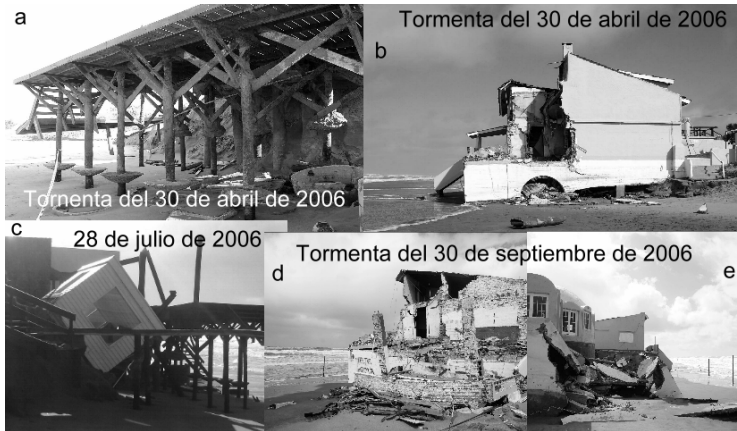


Fig.17. Efectos de las tormentas- **A)** Balneario Ufo Point, Pinamar. **B)** El Pinar, Pinamar. **C)** Ufo Point, Pinamar. **D)** El Pinar, Pinamar, **E)** El Pinar, Pinamar

La mala resolución de contacto de la ciudad con la playa, particularmente sus accesos y la falta de infraestructura pluvial adecuada favorecen al proceso erosivo y compromete la calidad del recurso acuífero. “*La eliminación de la duna costera para el trazado de la avenida costanera, permitió que la escorrentía superficial, que anteriormente se infiltraba en su recorrido y en los espacios interdunales, en la actualidad, descargue directamente sobre la playa, disminuyendo sustancialmente la capacidad de recarga del acuífero y generando erosión de las arenas de playa* (Fig. 18). *Idem situación generan las calles que desembocan directamente al mar*” (HYTSA- 1999).



Fig. 18. Efectos de los desagües pluviales en Av. Del Mar y Bunge, Pinamar.

4. La promoción del tránsito vehicular como atractivo turístico. El ingreso con vehículos 4x4 y de cuatriciclos hacia la playa, como práctica habitual en Pinamar Norte (Fig. 19), Valeria del Mar y Carilo, constituyen un grave inconveniente en el soporte del médano costero y de la consolidación de bermas. Sin embargo, contrariamente a las recomendaciones y advertencias, se insiste en la promoción de dichas actividades hasta de manera oficial (www.pinamar.gov.ar, página digital de la Municipalidad de Pinamar 2008-2009)

5. La pérdida del carácter público. Los balnearios se extienden progresivamente año a año a lo largo de la playa y no dejan espacio para el público que no utiliza ese servicio. En Pinamar se calcula que los balnearios comercializan aproximadamente 4.300 carpas (para una población estimada de 18.000 usuarios). Los espacios públicos que quedan libres de balnearios, en particular en Pinamar, se presentan como

residuales, dejadas al abandono, a veces acompañadas por desagües pluviales y con accesos indignos (Fig. 20). En el verano de 2008, el relevamiento realizado fue sumamente elocuente, la sumatoria de esos espacios públicos constituía el 13% en 4.5 km del frente urbano de la localidad de Pinamar. Esta inequidad espacial que ha aumentado año a año, permite que un segmento que no llega al 15% de la población turística ocupe el 87% del territorio público y que se incrementa año a año. Es decir que, se produce una proporción inversa en el destino del suelo- playa por ocupante. Grandes superficies ociosas destinadas a balnearios y concentraciones forzosas para el público en general (Fig. 21).



Fig. 19. Actividades que desestabilizan la cresta de las dunas y eliminan la vegetación superficial. La circulación de **A)** Vehículos 4 x 4. **B)** Motos y cuatriciclos **C)** Travesías por la playa y los médanos

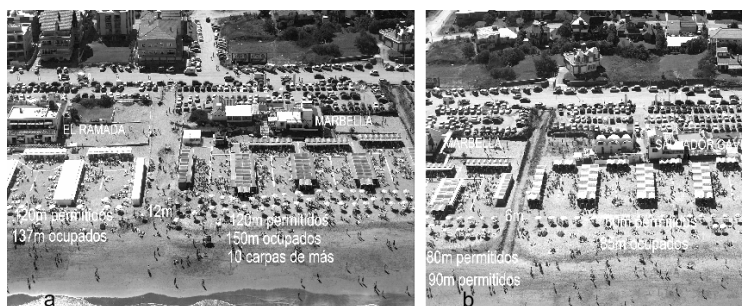


Fig. 20. Vista aérea de los accesos a playa pública en Pinamar centro y la ocupación de los balnearios. (Enero de 2006)



Fig. 21. Vista aérea de los balnearios al norte de Pinamar, mostrando la polarización de su uso. (Enero de 2006)

Es posible que la falta de un diseño de la planta urbana que incorpore zonas para equipamiento adecuado a las necesidades de la playa y de sus usuarios haya sido la causa por la que se recurriera a los balnearios para sustituir ese servicio. Es de

destacar, que gran parte de las zonas urbanas que dan a la playa, son residenciales unifamiliares u hoteleras, y no hay previstas zonas de equipamiento balneario frente a ella. Una reforma al Código de Ordenamiento Urbano aplicado a las parcelas urbanas frentistas a la playa con todos los servicios, que asigne usos y servicios a esa área recreativa, permitirá una liberación gradual de construcciones innecesarias sobre la playa, desalentando la figura de la concesión pública que ha demostrado tener un control deficitario desde la gestión del Estado. Por otra parte, es muy probable que de ser, estas prestaciones privadas, no sujetas a plazos y concesiones del Estado, las inversiones redundarán, seguramente, en calidad, por la certidumbre de sus emprendimientos.

El Partido de Pinamar tiene todas las condiciones de linealidad a lo largo de la costa, para que funcione recreativamente como peine y con una fluida accesibilidad hacia la playa, omitiendo el uso de los vehículos. Sin embargo esta privatización del suelo público que producen los balnearios, en especial en Pinamar, es la razón por la cual, en las encuestas realizadas, una proporción muy significativa de la población de esa localidad se traslada a las playas del norte o hacia las del sur (UNLP 2006).

Este manejo inequitativo en la playa de lo público y lo privado en Pinamar implica flujos vehiculares innecesarios hacia otras playas comprometiendo no sólo la sustentabilidad de la playa sino también el desarrollo de la ciudad. Este modelo de distribución en el uso y acceso a la playa se traduce de distintas maneras:

1. En Cariló, la privatización del espacio público no sólo se expresa por la gran ocupación que tienen las instalaciones balnearias sino por la presencia de los vehículos 4 x 4, que fragmentan los espacios públicos restringiéndolos y desnaturalizándolos.
2. En Ostende, todo su frente marítimo (desde Pinamar a Valeria del Mar) ha sido afectado por circunstancias

dominiales particulares. Playas cuyos accesos hasta el momento no se presentan restringidos por parte de los que ostentan su titularidad. Sin embargo se sabe que esta circunstancia constituye una amenaza cierta, que compromete el desarrollo futuro de esta localidad del mismo modo, que el paulatino cerramiento de sus playas afectó a Punta Mogotes con el fallo a favor de Peralta Ramos.

Contrariamente a lo recomendado en lo referente a promover nuevas conductas de uso sobre el recurso, en Pinamar las playas se deshumanizan en temporada y el vehículo resulta protagónico, como sucede al norte con el predominio de vehículos circulando en playa, o en la avenida del mar, donde hay más vocación para conformar las playas de estacionamiento que veredas para dar prioridad a la peatonalización. *“Durante la temporada estival las áreas ocupadas con estacionamientos alcanzan situaciones extremas en las que se ocupa hasta un 70% del ancho de espacio público, medido desde la línea municipal de la manzana frentista hasta la línea de ribera”* (UNLP 2006).

Esta es la generalización de un proceso de exclusión que nada tiene que ver con el significado social que tienen las playas como bienes públicos, es decir la satisfacción de una demanda colectiva respecto de su calidad de vida. Y desde este ángulo, se podría afirmar que por el momento, en el Partido de Pinamar, las playas más democráticas son las de Valeria del Mar.

A este conjunto de comportamientos y hábitos sociales que hoy ponen en riesgo la sustentabilidad de las playas para un desarrollo genuino del partido, producido por la falta de conocimiento profundo de la dinámica costera y de una firme vocación política para remediar la actual situación de inequidad en el uso sostenido de los bienes públicos y recursos naturales, se suma un modelo económico de acumulación que ejerce presión sobre las decisiones del Estado y una sociedad que ha trasladado a la playa usos y costumbres, beneficios y confort, los que le resulta muy difícil resignar.

La gestión del poder público. En ese contexto, La Municipalidad de Pinamar consideró oportuno en el año 2006,

que para garantizar el éxito en el tratamiento integral del Frente Marítimo, era pertinente convocar a la comunidad en general (turistas, residentes y no residentes propietarios), a participar comprometidamente para la formulación de un plan consensuado entre todos estos actores sociales. Por lo que se contrató a la Universidad Nacional de La Plata, para la elaboración de una metodología de trabajo sobre la base de una Propuesta Participativa de Gestión (UNLP, 2006). Este mismo proceso de Gestión Planificada Participativa como el propio Programa de Gestión de Calidad Urbano Ambiental del Frente Marítimo del Partido de Pinamar (PG-CUA) propuesto en la 4ª Etapa de dicho proceso, mereció el tratamiento de Declaración de Interés Ambiental por parte de la Secretaría de Política Ambiental de la Provincia de Buenos Aires (Resolución 1292/07). Un largo proceso que demostró, no sólo, una gran vocación participativa de la comunidad, en un tema tan importante para los pinamarenses, como es el frente marítimo, sino que puso de manifiesto el fortalecimiento de una de las cualidades más valiosas de una sociedad civil que vive en democracia, que es el principio de ciudadanía, requisito fundamental para la concertación y legitimación de los actos de gobierno. Encuestas, entrevistas y talleres de trabajo fueron los ejes elegidos para la primera etapa. Pinamar y la ciudad de Buenos Aires fueron las sedes para el desarrollo de un trabajo intenso, donde se escucharon y debatieron diferentes opiniones. PG-CUA tenía como misión el mejoramiento y recuperación de la zona costera a partir de los objetivos y acciones referidas a distintos aspectos de los subprogramas interrelacionados, requiriendo un seguimiento posterior tanto para evaluar el grado de satisfacción de los usuarios como de la evolución de la dinámica costera. Las modalidades de acción en este programa, pretendían:

1. Poner a prueba los lineamientos para recuperar, proteger el recurso natural, en un proceso paulatino.
2. Posicionar la oferta turística, en términos de calidad ambiental, reconociendo la identidad, potencialidad y restricciones de cada una de las localidades intervenidas.

3. Seleccionar las actividades que produjeran el menor impacto posible y la utilización y disfrute del recurso, minimizando la afectación a la dinámica natural y protegiendo los rasgos del paisaje natural.

4. Por último, garantizar adecuadamente el acceso y uso público de la playa, priorizando la circulación peatonal, optimizando la relación entre la ciudad y el mar.

En tal sentido, bajo estos objetivos, cobran prioridad:

- la redistribución de los balnearios y su distanciamiento para evitar la concentración innecesaria de actividades,
- las nuevas tipologías constructivas y su restricción en las zonas determinadas de alta vulnerabilidad,
- la recomposición del medio natural donde corresponde a través del entrampado de arena,
- la restricción del tránsito de vehículos sobre el cordón dunícola y el tránsito de peatones en el área a recuperar, con construcción de senderos adecuados para conducir el acceso peatonal a playa y evitar su continuo deterioro, y
- proveer de cartelería apropiada para la concientización y difusión de la problemáticas del frente marítimo.

Los siguientes, son algunos de los enunciados que componen los lineamientos del programa:

1: Recuperar y proteger integralmente el frente marítimo.

Materializar infraestructuras de saneamiento: que las instalaciones balnearias tengan agua corriente y cloaca, y diseñar adecuadamente los pluviales existentes evitando el impacto del volcamiento directo erosivo sobre la playa. Realizar acciones de recuperación del cordón dunícola. Construcción de trampas de arena, enquinchados, recomposición vegetal sobre médano. Mantener los grandes espacios abiertos del frente costero redefiniendo su uso. Disminuir el uso y ocupación de la playa. Reducción de espacios circulatorios vehiculares y de estacionamiento. Redistribuir equitativamente la ocupación pública- privada de la playa (distancia de balnearios entre 160 a

200 m). Remoción de las actuales construcciones en playa, erradicando toda construcción dura de la misma. Proveer los mínimos equipamientos y servicios públicos esenciales para el esparcimiento y la recreación masiva en la playa no entorpeciendo la dinámica costera.

2: Ordenar el territorio según grados de vulnerabilidad del recurso playa tanto en las etapas de gestión como de transformación territorial

Restringir al máximo el desarrollo de instalaciones balnearias y el uso en sectores de alta vulnerabilidad, permitiendo sólo la instalación de sombrillas. Los módulos sanitarios serán mínimos y se colocarán fuera de la playa distal.

Reducir la ocupación en los sectores de vulnerabilidad media y baja. Las instalaciones serán de tres tipos diferenciadas:

a. “Balnearios” ubicados transversalmente a la playa, con perímetro libre, sin servicios o depósitos por fuera de él, que proveerán lotes de sombra, baños para los dos sexos, vestuarios y duchas teniendo en cuenta la población con movilidad reducida, un espacio para la administración general del balneario y servicio de seguridad en la figura del guardavidas. Las construcciones serán en seco sobre pilotes, de 110 m² cubiertos y un ancho máximo de frente de 7 m. Se permitirá una terraza no mayor a 45m²

b. “Baño público” puesto móvil asociado que proveerá de sanitarios públicos para los dos sexos, gastronomía mínima (kiosco) y alquiler sillas y sombra. 30 m² cubiertos con un ancho máximo de frente de 7 m y una terraza de 10 m².

c. “Sitio de Referencia” que proveerá de gastronomía de mediana escala, miradores públicos y sanitarios públicos para ambos sexos con una arquitectura propia que identifique el sitio a partir de una estética diferente para cada uno. Salón gastronómico de 10 m de ancho máximo de frente, admitiendo resolución en dos plantas, no mayor de 70 m², 30 m² de depósito-cocina, 10 m² baños restaurante, 30 m² baños públicos, mirador público y solarium.

Las tres tipologías deben cumplir las normas IRAM.

3: Redistribuir el uso y ocupación en la playa asociada a la relación ciudad-mar

Reducir la trama circulatoria vehicular continua frente al mar como forma de atenuar los efectos de la urbanización sobre la naturaleza de la playa. Recrear un corredor vial urbano de estructuración para lograr accesibilidad continua y fluida en todo el frente marítimo en relación a las distintas zonas de vulnerabilidad. Restringir estacionamientos en la zona de alta vulnerabilidad. Para las zonas de media y baja establecer áreas de oferta limitada de estacionamientos para no interferir las condiciones paisajísticas ni ambientales. Diseño de vías alternativas más eficientes que distribuyan y canalicen el tránsito de la ciudad hacia la playa.

Priorizar los movimientos peatonales frente a los vehiculares. Incorporar un sistema de transporte público. La Avenida del Mar en la Localidad de Pinamar actuará sólo de acceso a los frentistas en la zona de alta vulnerabilidad.

Readecuación de las normas urbanísticas del frente marítimo en algunos sectores del Frente Marítimo, para posibilitar la localización de actividades relacionadas con el esparcimiento actualmente emplazado en la playa.

4: Elaborar y diseñar estrategias paisajísticas para la puesta en valor y configuración del litoral

Crear sitios de referencia que generen o rescaten situaciones de identidad en las localidades, ubicados estratégicamente cada 1.000 m aproximadamente.

Programar actividades, recorridos y situaciones paisajísticas tendientes a disminuir la estacionalidad. Peatonalizar y dar accesibilidad plena a dichos recorridos.

5: Promover un modelo de gestión integral que articule el accionar público y privado

Crear un organismo de gestión específico para el frente marítimo, que tendrá a su cargo el cumplimiento de los presentes lineamientos, la evaluación y corrección de los proyectos y la revisión de los mecanismos de gestión (concesión, licitación,

concurso). Promover una gestión de calidad y seguridad ambiental en balnearios según normas IRAM. Campaña de concientización y difusión de las problemáticas del Frente Marítimo. Promover turismo a partir de las nuevas condiciones de la oferta a generar. Planificación, administración, evaluación y control del Frente Marítimo.

No obstante, las expectativas, generadas a través del proceso iniciado de gestión planificada participativa, promovido desde el propio Estado, y la elaboración de las bases para un uso sustentable del recurso, acordado por la comunidad de Pinamar, las mismas se derrumbaron cuando este proceso integrador cesó abruptamente con la renovación de las concesiones balnearias. Aún resulta difícil explicarse por qué, un recurso tan significativo y tan estratégico para el desarrollo de este Partido, se encuentra sumido en la más grande de las indiferencias. Estudios, advertencias y recomendaciones diversas para un uso sostenible alertaron al poder político de lo impactante que resulta la actividad balnearia sobre la playa. Sin embargo, aún así, sigue siendo objeto de innumerables malas prácticas, perpetuándose los modelos de ocupación no recomendados, sin conformar un organismo de gestión específico. Debe tenerse en cuenta que, no obstante haber transitado por una gestión participativa, estas prácticas de planificación, no sólo para el tratamiento de temas particulares como el frente marítimo, sino para los temas generales de la ciudad y de su sociedad, requieren una alta inversión en el aprendizaje colectivo desde el propio Estado.

Consideraciones finales

En Pinamar, el desaprensivo manejo del frente marítimo como de sus demás componentes ambientales, no es por falta de información científica, ni de un marco ambiental específico. Persiste la falta de difusión de los temas de la ciudad y la desinformación inducida, la inequidad, los modelos de explotación e ingobernabilidad sobre los recursos, como consecuencia de un modelo económico de acumulación que socava las bases para la concertación de un plan de desarrollo

sostenido, que sigue postergando los intereses de la comunidad y comprometiendo su futuro.

Esta franja medanosa, que constituye el soporte ambiental del Partido y que, a lo largo de los años, fue objeto de un proceso de hábitos sociales y prácticas urbanas que hoy amenazan agotar los recursos vitales en la economía y el desarrollo futuro de su sociedad, sólo podrá revertir su tendencia, a partir de la firme convicción de lograrlo. El conocimiento profundo del comportamiento de sus componentes ambientales y el compromiso de su corrección, no sólo por parte de sus habitantes sino de sus gobernantes, será herramienta fundamental para luego acordar una agenda ambiental que proporcione un plan de desarrollo sustentable del Partido de Pinamar.

Es cierto que nada se cambia de un día para el otro, y actualmente, en Pinamar como en otras comunidades, las nuevas tendencias participativas cohabitan con las prácticas de competencia, conflicto y aislamiento, burocráticas y fragmentarias. No se trata de implementar un cambio meramente instrumental de organización y de formas del manejo de sus recursos. En esta ciudad balnearia, el contexto es mucho más complejo, pero sin dejar de impulsarse, su transformación debe ser gradual para lograr legitimidad. El cambio debe instalarse desde lo ético y cultural, y sólo puede producirse en la medida que los diferentes actores sociales de este Partido se muestren dispuestos y capacitados a adoptar los nuevos roles que exige este nuevo escenario.

Bibliografía

- Bértola, G. 2006. Morfodinámica de playas del sudeste de la Provincia de Buenos Aires (1983 a 2004). *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, 13 (1) 31-57
- Caviglia E., Pousa, J y N. Lanfredi, 1992. Transporte de sedimentos; una alternativa de cálculo, *Memorias II Congreso de Ciencias de la Tierra*: 413-422, Chile
- Codignotto, J.O 1995 Informe expeditivo solicitado por la Comisión Interdisciplinaria de Frente Marítimo de Pinamar. Informe inédito, Municipalidad de Pinamar.
- Framiñan, M., 1990. Transporte de sedimentos en Pinamar, Provincia de Buenos Aires. II Jornadas de Oceanografía Física y XVI Reunión Científica de Geofísica y Geodesia de la Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas, B. Blanca, 15 pp.
- Gonzalez Arzac, R., Vizcaíno, A y Campos Alfonso, F. 1992. Acuíferos costeros de la Provincia de Buenos Aires. Sector Punta Rasa-Punta Médanos. Parte Y. Hidrogeología, Hidrodinámica e Hidráulica. Col. Hidrología Subterránea N°4, CFI, Buenos Aires, 35 pp.
- Gonzalez Arzac, R. y Vizcaíno, A. 1993. Evaluación del Recurso Hídrico Subterráneo de la Región Costera Atlántica. Estado Actual de las Fuentes Subterráneas en Pinamar y Villa Gesell. Primera Etapa. CFI- AGOSBA. Informe Final. Municipalidad de Pinamar.
- HYTSA Estudios y Proyectos SA, 1999. Estudio Integral del Ente Prestador de Servicios Sanitarios y Elaboración de los diseños de Obras para la Localidad de Pinamar y otros. Microamenazas de contaminación urbana. ENOHA Informe Técnico inédito. Municipalidad de Pinamar
- HYTSA Estudios y Proyectos SA, 1999. Diagnóstico Ambiental BANCO DE PROYECTOS PINAMAR Capítulo VI - ENOHA. Municipalidad de Pinamar.
- HYTSA Estudios y Proyectos SA, 1999. Estudio Integral del Ente Prestador de Servicios Sanitarios y Elaboración de los diseños de Obras para la Localidad de Pinamar y otros.

Diagnóstico Integral del Ente Prestador. Municipalidad de Pinamar

Isla, F., 1997. Procesos de canibalización de la barrera medanosa entre Faro Querandí y Mar Chiquita, Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina 52 (4): 539-548.

Isla, F., Bértola, G., Farenga M. y Cortizo L., 1999. Morfodinámica y balance sedimentario de playas del Partido de Pinamar, (1995-1999) Provincia de Buenos Aires. Centro de Geología de Costas y del Cuaternario. Revista de la Asociación Geológica Argentina 54:23-35.

Schmidt, S., 1998. Elementos para el Planeamiento Costero en Pinamar, Área Hidráulica Marítima y Fluvial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Plata. Informe inédito, Municipalidad de Pinamar.

Schmidt, S. 2006. Evaluación de la vulnerabilidad y definición de elementos para el planeamiento costero. Trabajo integrado al Proyecto Bases para la construcción de una propuesta participativa de gestión planificada. Aplicada a un plan integral para el frente marítimo de Pinamar. Informe inédito, Municipalidad de Pinamar.

Universidad Nacional de La Plata, 1997. Las Problemáticas Territoriales y el Mejoramiento de la Calidad Urbano Ambiental del Partido de Pinamar. Informe inédito, Municipalidad de Pinamar.

Universidad Nacional de La Plata, 2004. Unidad de Investigación n° 5 IDEHAB- FAU. – Estrategias para el Desarrollo Sustentable del Partido de Pinamar. Informe inédito, Municipalidad de Pinamar.

Universidad Nacional de La Plata, 2006. Unidad de Investigación n° 5 IDEHAB- FAU. – Bases para la construcción de una propuesta participativa de gestión planificada aplicada al Frente Marítimo del Partido de Pinamar. Informe inédito, Municipalidad de Pinamar.

EROSIÓN DE MÉDANOS LITORALES DE VILLA GESELL Y MAR CHIQUITA

Federico Isla

CONICET-UNMDP

Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario.

En la barrera medanosa entre Villa Gesell y Mar Chiquita se da la transición entre dunas con escasez de arena (desbalanceadas) en el sur, y médanos de acumulación en el norte. Los mismos médanos del norte tienen formas que denotan abundancia de arena, mientras que en las del sur son bajos y poco importantes denotando escasez. Al mismo tiempo, el ancho de la barrera disminuye de unos 3 km en el norte a apenas unos 100 m en la zona de Mar Chiquita. Este sector de la costa es contrastante en cuanto a que se da un sector de gran concentración urbana y presión turística (Villa Gesell), y sectores de reserva en el Partido de Mar Chiquita.

Mar Chiquita, la erosión de la villa parque

Originalmente, la costa del Balneario Mar Chiquita era abundante en arena. La erosión de playas fue afectando los médanos litorales, que retrocedían principalmente por efecto de las tormentas provenientes del sur (Fig. 1A). Diversos obstáculos procuraron defender aquellos médanos litorales pero no lograron revertir la acción de las episódicas tormentas en esta playa. En los años 80 se recurrió a gomas y bloques de piedra sin mucho asesoramiento profesional (Fig. 1B).



Fig. 1. A) En 1979 la erosión de los médanos litorales descubrían antiguos depósitos de lagunas costeras de hace 4000 años. **B)** Hileras de gomas de tractores se dispusieron para proteger los médanos litorales en 1980.

A fines de los 80, se recurrió a la Provincia de Buenos Aires que ideó hileras de tetrápodos para evitar el retroceso de los médanos litorales (Fig. 2 A). Esto no dio resultado, y debió recurrirse a una técnica que se sabía tendría efectos en la deriva litoral (Fig. 2 B). Los espigones en T cambiaron la configuración y dinámica de aquellas playas

Lamentablemente, no hubo una política de conservación de aquellos médanos que originaron el balneario y hoy la playa tiene un problema de erosión crítica. Comparando fotografías aéreas de 1957 con imágenes de 2003, se destaca la falta de arena en la playa y su acumulación en el canal de acceso a la laguna. Las playas ya no tienen un perfil disipativo sino que ofrecen un perfil reflectivo con aumento de los canales rips en las proximidades de las escolleras (Fig. 3).

En los últimos años, el manejo de la arena ha sido caótico. En 1996, en el sur del balneario existían casas con problemas de acceso por la abundancia de arena que bloqueaba calles y accesos (Fig. 4 A). La falta de planificación o permisos de extracción de arena que no se controlaron originaron la eliminación del médano litoral en algunos sectores (Fig. 4B).





Fig. 2. A) En 1987, una hilera de tetrápodos prometía evitar el retroceso de los médanos litorales. **B)** 20 años después los tetrápodos yacían hundidos en la playa, y transversales a los compartimentos logrados entre espigones en T.

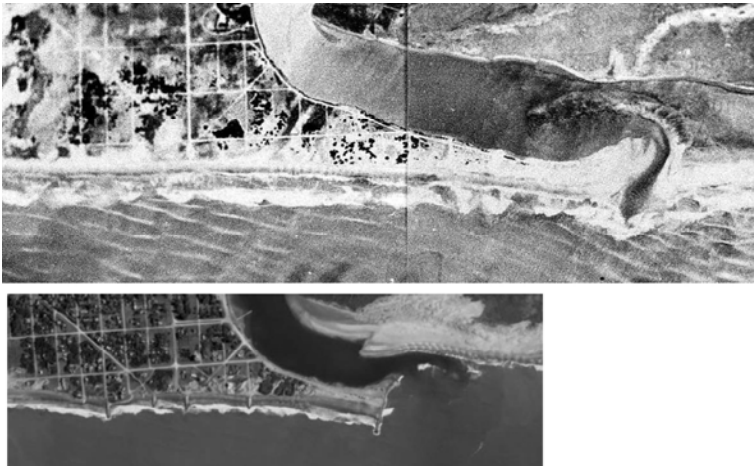


Fig. 3. A) En 1957, la boca de la laguna se extendía unos 500 m más al norte de lo que lo hacía en el año 2003. **B)** Los médanos originales, no sólo habían desaparecido en el año 2003, sino que fueron acorazados a través de pedraplenes y escolleras de roca.



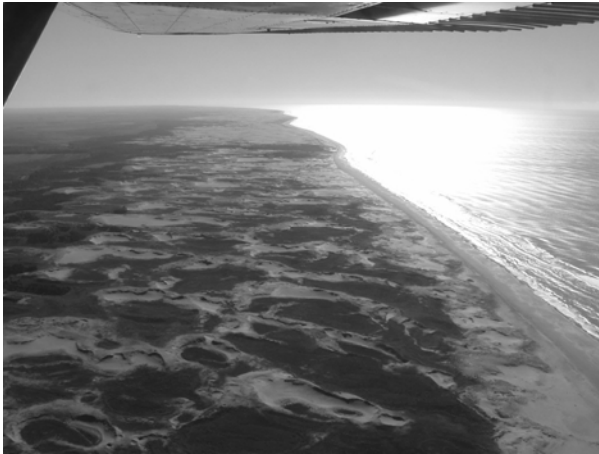
Fig. 4. A) En 1996 esta casa del balneario Mar Chiquita tenía problemas serios de acceso por la acumulación de arena. **B)** Un permiso otorgado para quitar arena llevó a la lisa eliminación del médano litoral en 2007.

La transición entre ambos balnearios

El litoral de la laguna Mar Chiquita es uno de los sectores más conocidos de la costa bonaerense a través de estudios biológicos, ecológicos, físicos, geológicos (Iribarne 2001) y agronómicos (Maceira et al. 2004).

Al norte de Mar Chiquita, la barrera medianosa sufre una transición desde formas lineales al sur a formas transversales al norte. En la base de CELPA, los médanos parabólicos se originan a partir de escasas acumulaciones de arena que son reactivaciones de antiguos depósitos de postbarrera.

La erosión del campo medianoso se reconoce a través de cubetas de deflación (*blowouts*) que representan reactivaciones del transporte eólico en momentos en que el nivel freático se desconecta (desciende) de las lagunas intermedianosas (Fig. 5A). Las sequías prolongadas reactivan la actividad eólica en *blowouts* y médanos parabólicos. En este sector, denominado La Angostura, la escasez de arena en transporte ha transformado antiguos médanos transversales (Fig. 5B) en médanos parabólicos (Fig. 5C). Las playas ya no son amplias como en 1955 y la erosión costera descubre antiguas planicies vegetadas (marismas) como depósitos de turba aflorante en la playa.



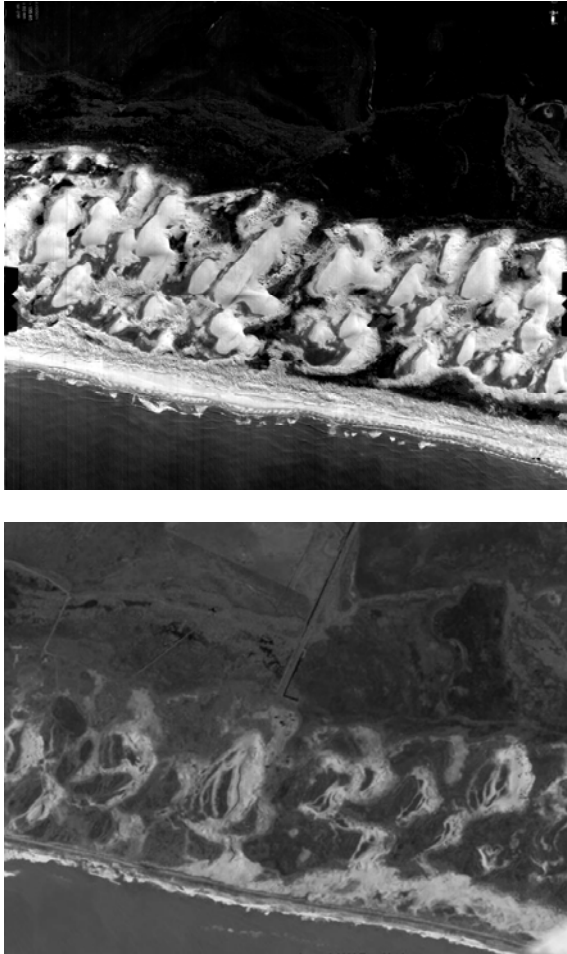


Fig. 5. **A)** Los *blowouts* pueden ser ocupados por lagunas intermedanasas cuando el nivel freático está alto. **B)** En 1955, en el sector de La Angostura existían médanos transversales de cresta corta. **C)** La fijación natural por pastizales fue disminuyendo la cantidad de arena en tránsito y transformando los médanos en parabólicos con cicatrices de aquella antigua abundancia de arena.

El camino de la Estancia Mar Chiquita a la playa divide un campo de médanos transversales al sur, y un campo de médanos barjanoides al norte (Fig. 6A). Este cambio en la morfología también se refleja no sólo en los perfiles perpendiculares a la dirección de migración sino también en la granulometría de las arenas (Fig. 6B).

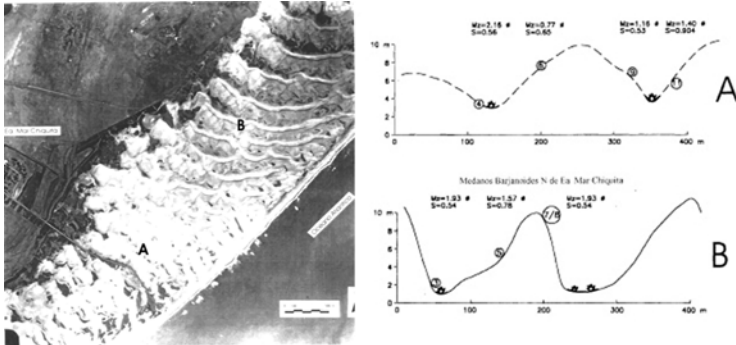


Fig. 6. A) Transición entre médanos transversales a dunas barjanoides en las proximidades de la Estancia Mar Chiquita). **B)** Los perfiles son simétricos en el caso de médanos transversales pero se hacen más asimétricos en el campo de los médanos barjanoides (Isla 1997).

Los médanos barjanoides migran hacia el NE sepultando depresiones intermedanasas en donde se dan comunidades particulares en relación a la abundancia de agua (Fig. 7).



Fig. 7. Al norte de la Estancia mar Chiquita, los médanos barjanoides se desplazaron sobre depresiones intermedanasas.

Villa Gesell, la erosión de los balnearios

Estos mismos efectos de erosión de médanos costeros se pueden dar por acción humana. En el sur de Villa Gesell, la forestación y fijación (impermeabilización) de lagunas intermedanasas han disminuido la cantidad de arena en transporte. Como consecuencia, los médanos transversales de 1957 se fueron convirtiendo en médanos parabólicos en las fotografías aéreas de 1981 (**Fig. 8**). La escasez de arena también se dio en la playa y esto originó que las tormentas tomaran arena

de la playa y la depositaran en antiguas depresiones intermedanas como abanicos de sobrelavado (Isla et al., 1998).

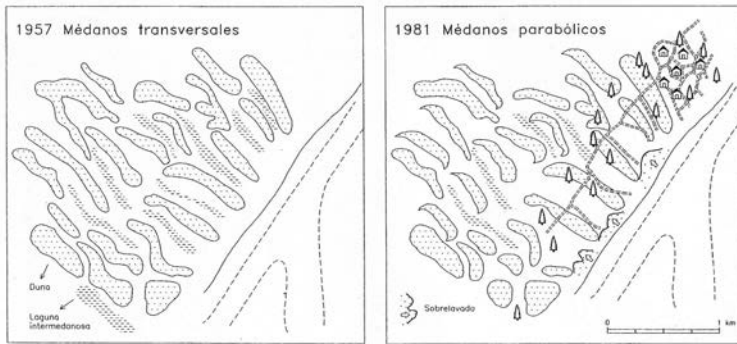


Fig. 8. Modificación de los médanos del sur de Villa Gesell como consecuencia de la disminución en la disponibilidad de arena de 1957 a 1981 (modificado de Isla et al. 1998).

De todos modos, en los orígenes del balneario la escasez de arena no fue problema. Por el contrario, la arena abundaba al punto que casi 200 m separaban las primeras construcciones de las carpas (Fig. 9 A). Se recurrió a diferentes técnicas para lograr forestar aquellos médanos bajos que incomodaban por igual a turistas y a los primeros colonos. El crecimiento turístico significó mayores presiones económicas hacia los sectores litorales. Las concesiones balnearias procuraban captar mayor cantidad de turistas y así fueron disminuyendo las áreas de accesibilidad irrestricta (Fig. 9B). Por otro lado, la mayor concentración de edificios significó mayor demanda de acceso de vehículos y esto justificó la construcción de una avenida costanera (Fig. 9C).

Sin embargo, la edificación en zonas de playa no fue una tarea sencilla sino que estuvo jalonada de fracasos. Cuanto mayor era el edificio que aseguraba estabilidad, mayor fue el impacto de su caída inexorable al ímpetu de las olas de tormenta. Pronto las escarpas de médanos comenzaron a comprometer construcciones en el dominio privado. Las alternativas fueron

sucumbiendo tanto en Villa Gesell (Fig. 10) como en el Partido de la Costa y Pinamar.

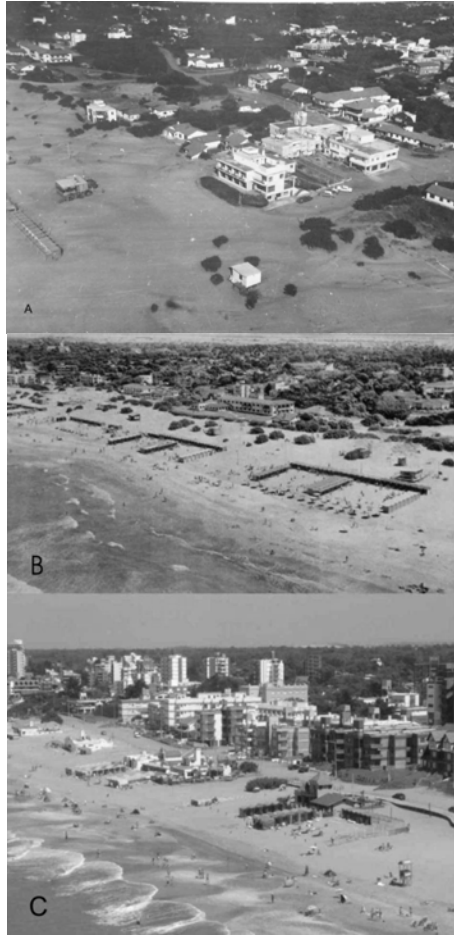


Fig. 9 A) En sus orígenes la arena abundaba en las playas del balneario. **B)** Pequeñas forestaciones procuraron fijar aquellos médanos litorales. La distribución de carpas disminuía los sectores de acceso público. **C)** En los últimos años, las concesiones balnearias y la avenida costanera han ampliado su extensión en detrimento de las áreas recreativas.



Fig. 10. A) En 1980 un temporal destruyó una edificación gastronómica. **B)** 20 años después nuevas construcciones tuvieron el mismo riesgo.

La urbanización significó la impermeabilización de viejas lagunas intermedanas. La acumulación de excesos hídricos debió realizarse hacia la playa, y esto originó un aumento de la energía cinética que aceleró el transporte de agua hacia la playa. (Fig. 11 A). Cuando la arena de playa comenzó a escasear hubo que inducir su acumulación a través de enquinchados que juntaban arena durante el invierno pero sucumbían ante tormentas. Los mismos desagües pluviales fueron socavados en la base y terminaron destruidos en la playa (Fig. 11 B).

La suma de la erosión inducida por causas naturales y la provocada por los desagües pluviales, llevó a una situación desesperante. Mientras los concesionarios pugnaban por la renovación de sus instalaciones, los ultra-ambientalistas proponían dejar la playa sin instalaciones balnearias. El crecimiento turístico demanda más edificios y mayor capacidad de sombra. Las autoridades consensuaron terminar con las grandes construcciones de cemento en zonas de playa y remplazarlas por construcciones mínimas, de madera (balnearios tipo de la Ordenanza 2050/07). En algunos sectores críticos, se quitó la avenida costanera y se la reemplazó por una rambla peatonal con enquinchados que procuran preservar la estabilidad de los sectores más altos de la playa (Fig. 12). Si bien esta iniciativa se cumplió sólo parcialmente en Villa Gesell, otros municipios siguieron este ejemplo procurando remodelar balnearios de un modo más amigable con el ambiente y con la dinámica de la playa.



Fig. 11. A) Los excesos pluviales de las calles transversales a la costa procuraron atravesar la playa distal. **B)** No obstante, fueron socavados durante tormentas y terminaron destruidos en la playa.



Fig. 12. A) La sudestada de diciembre de 2003 llevó algunos de los balnearios al borde de su destrucción. **B)** La eliminación de la avenida costanera fue una medida para revertir los problemas de erosión litoral.

Conclusiones

1. En Mar Chiquita la abundancia de arena es escasa, la barrera tiene menos de 100 m de ancho y los médanos han sido fijados mayormente por la colonización natural por pastos silvestres.
2. En Villa Gesell, el cambio existen sectores con abundancia de arena con un ancho de barrera de más de 3 km y donde los médanos han sido fijados por forestaciones de especies introducidas.
3. La forestación afectó la dinámica sedimentaria entre la playa y los médanos litorales.
4. Los balnearios afectaron aún más estos sectores litorales.
5. La impermeabilización de lagunas intermedanasas o su drenaje hacia zonas de playa provocaron problemas erosivos incrementados en los sectores recreativos del partido.

Referencias

- Iribarne, O. O., 2001. *Reserva de Biósfera Mar Chiquita. Características físicas, biológicas y ecológicas*. ORCYT, UNMDP, Fundación Antorchas, 200 pp.
- Isla, F. I., 1997. Procesos de canibalización de la barrera medanosa entre Faro Querandí y Mar Chiquita, Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 52, 4, 539-548.
- Isla, F. I., Bértola, G. R., Farenga, M. O., Serra, S. B. y Cortizo, L. C., 1998. Villa Gesell: un desequilibrio sedimentario inducido por fijaciones de médanos. *Revista Asociación Argentina de Sedimentología* 5, 1, 41-51.
- Maceira, N. O., Zelaya, D. K., Celemín, J. P. y Fernández, O. N., 2004. Uso de la tierra y elementos para el mejoramiento de la sustentabilidad. Reserva de Biosfera Mar Chiquita. INTA Balcarce. En CD

CONSERVACIÓN EN MÉDANOS: LAS LAGARTIJAS ARENÍCOLAS Y EL CASO DE MAR DEL SUR

Laura Vega

*Departamento Biología, FCEyN
Universidad Nacional de Mar del Plata*

Existen cuatro especies de lagartijas arenícolas, cuya distribución en la provincia de Buenos Aires está confinada a las dunas arenosas costeras. Todas tienen una gran afinidad por los biotopos arenosos, pero dos de ellas, *Liolaemus multimaculatus* y *Liolaemus wiegmannii*, se distribuyen a lo largo de la faja costera entre las localidades de Punta Rasa y Bahía Blanca, y pertenecen a un grupo taxonómico cuyas especies poseen adaptaciones especializadas para la vida en la arena (Etheridge, 2000). La primera es endémica del ecosistema de dunas costeras y es la arenícola más especializada. Su microhábitat preferido se encuentra en sitios con espacios abiertos y escasa cobertura vegetal de las dunas frontales. *L. wiegmannii* es una especie más generalista que ocupa preferentemente, sitios con coberturas vegetales más densas en las dunas centrales de la barrera. Una tercera especie, *Liolaemus gracilis*, tiene un rango de distribución más acotado que va desde la localidad de Miramar hacia el límite sur de la provincia y habita, fundamentalmente, en laderas y crestas de dunas frontales y en sopladeros (*blowouts*) con cobertura vegetal. Finalmente, *Stenocercus pectinatus*, más rara que las anteriores, ocupa microhábitats con densa vegetación en dunas centrales de la barrera bonaerense. Una particularidad ecológica de estas especies es que seleccionan diferentes configuraciones espaciales del gradiente de la vegetación, que son características de las dunas costeras. Algunas de ellas demuestran tal especificidad y fidelidad a estos sitios, que ameritan una evaluación del valor que probablemente poseen como bioindicadoras de la calidad del hábitat y de su utilización como herramientas de monitoreo de cambios en el ambiente. El siguiente estudio de caso es un ejemplo.

5.1. El caso de Mar del Sur

Las consecuencias ecológicas de la degradación de las dunas costeras sobre las poblaciones de vertebrados son, aún hoy, poco conocidas. Para documentar adecuadamente cómo repercute una alteración o disturbio introducido por el hombre en el ambiente sobre las poblaciones animales o vegetales, es necesario contar con datos sobre la ecología de estas poblaciones previos al disturbio lo que permite analizar adecuadamente “el antes y el después”.

Años atrás pudieron medirse en la localidad de Mar del Sur (General Alvarado), los efectos ocasionados por la construcción de un camino sobre el hábitat de dunas frontales y su repercusión sobre las poblaciones de las lagartijas *L. multimaculatus* (Fig.1) y *L. gracilis* (Fig. 2; Vega et al. 2000). Datos ecológicos previos sobre estas poblaciones permitieron realizar las comparaciones y de esta manera examinar si esa alteración había afectado su abundancia y uso del hábitat, siete años después de la construcción del camino. La zona de estudio abarcó aproximadamente 5 has del sitio denominado Rocas Negras, con una playa de arena y grava (Isla et al, 1997) y dunas de escasa altura en montículos sobre una barranca baja. El paisaje se caracterizó, además, por el aplanamiento de las dunas a medida que se alejaron de la orilla y por la formación de suaves colinas bordeando el pastizal pampeano. La vegetación dominante en el lugar era coincidente con lo descrito por Cabrera (1940) en su estudio de los vegetales de las dunas de Miramar: *Spartina ciliata* ("espartillo"), *Panicum racemosum* ("tupe") y *Poa Barrosiana*, como especies vegetales dominantes de dunas frontales y con *Adesmia incana*, *Poa lanuginosa* y *Lagurus ovatus*, entre otras, como características de dunas centrales de la barrera. Este sitio fue visitado mensualmente desde octubre de 1984 hasta diciembre de 1985 y durante cada visita se realizó un censo por detección visual de las lagartijas de aproximadamente una hora de duración (entre las 11.00 y 12.00 AM), mediante caminatas a lo largo de la faja de dunas anteriores de 600 x 80 m. Cada individuo se determinó específicamente y se tomó nota de

la edad (adultos, subadultos y juveniles). En el lugar de la detección se anotó la especie vegetal dominante y se estimó la cobertura vegetal y la de rocas usando la escala ocular de Webb (De Vos & Mosby, 1971) en un área de 1 m².

Durante 1984-85, una vez que las comunidades vegetales presentes fueron relevadas, pudo reconocerse un arreglo espacial que consistió en un mosaico de cinco parches relativamente discretos de diferentes asociaciones vegetales en dunas frontales y de un pastizal de cobertura homogénea en dunas centrales (Figs. 3a y 4a). En el año 1987 fue trazado un camino atravesando el área de estudio que permitía el acceso y circulación de vehículos de pescadores y turistas. Siete años después de su construcción, durante octubre de 1994 y hasta diciembre de 1995, se retornó al sitio para realizar un relevamiento de las poblaciones siguiendo el mismo protocolo que en el período anterior en condiciones meteorológicas similares.

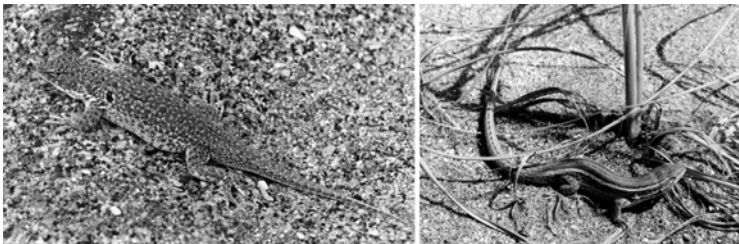


Fig. 1. A) *Liolaemus multimaculatus*. B) *Liolaemus gracilis*

5.2. Alteración del hábitat

Como consecuencia de la remoción de arena y vegetación durante la construcción del camino, la vegetación original de las dunas anteriores quedó drásticamente reducida (Fig. 3b). El uso y mantenimiento del camino impidió la acumulación de arena en el lugar y la erosión progresiva durante los años siguientes dejó al descubierto un suelo limo-arenoso sobre bancos erosivos. Siete años después del trazado

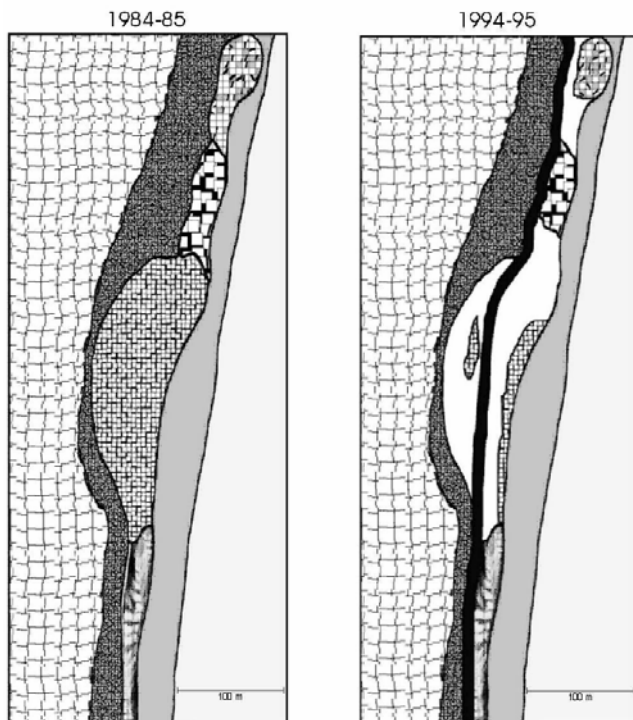
del camino, la faja de dunas de aproximadamente 14.000 m² homogéneamente cubierta por *Spartina* en el primer relevamiento, quedó reducida a dos estrechas fajas a los lados del camino cubriendo un área de aproximadamente 1500 m² (Fig. 3b). La cobertura de esta gramínea quedó reducida a un 10% y los espacios arenosos abiertos predominaron entre matas aisladas. Por su parte, el parche de *Panicum* sobre dunas en montículo, se fragmentó y quedó finalmente reducido a aproximadamente un 50% del área de su cobertura original, pasando de aproximadamente 1500 m² a 700 m² de cobertura. Tanto los parches de *P. barrosiana* y *Poa* sp de dunas frontales, como el de rocas en la playa no sufrieron cambios notorios como tampoco resultó visiblemente dañada la cobertura vegetal de las dunas centrales (Fig 4B).

5.3. Abundancia de las poblaciones

El número medio de individuos de *L. multimaclulatus* detectado durante el segundo período de relevamiento de 15 meses (1994-95) fue mucho menor ($X= 0.93$ indiv., $SD= 1.48$, $N= 15$) al observado durante 1984-85 ($X= 7.3$ indiv., $DS= 12.2$, $N=15$) y esta diferencia fue estadísticamente significativa (Test Pareado de Wilcoxon, $T=1.5$, $P<0.005$, $N=15$; Fig. 5). El número de avistamientos promedio por mes de *L. gracilis* en 1994-95 fue de 6.9 indiv. ($DS= 6.5$, $N= 15$) y no fue estadísticamente distinto del número promedio detectado mensualmente en 1984-85 ($X= 6.7$, $DS= 8.9$, $N= 15$) (Test Pareado de Wilcoxon, $T=50.5$, $P<0.10$, $N=15$; Fig. 5).



Fig. 3. A) Aspecto del paisaje en Rocas Negras: a parche de *Spartina* en primer plano, durante el primer período de relevamiento. **B)** el mismo parche durante el segundo período.



Referencias

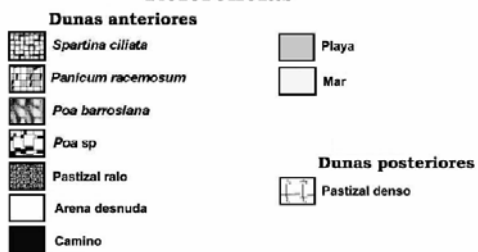


Fig. 4. Mosaico de parches de la cobertura vegetal en el sitio Rocas Negras de Mar del Sur: A- 1984/85, antes de la construcción del camino. B- 1994/95 siete años después.

La estructura de edades (adultos;juveniles) varió de acuerdo a la época del año y al reclutamiento de juveniles. Durante el mes de diciembre, aquel de mayor actividad de *L. multimaculatus* en cada período, la estructura de edades fue de 4:1 (Fig. 5). El mayor número mensual de individuos detectados de *L. gracilis* durante 1984-85 en el mes de octubre, fue de 33 individuos, con una relación de edades de 1:3 y el mayor número de individuos durante el período post-construcción en el mes de mayo fue de 22 individuos, también con una estructura de edades de 1:3 (Fig. 5).

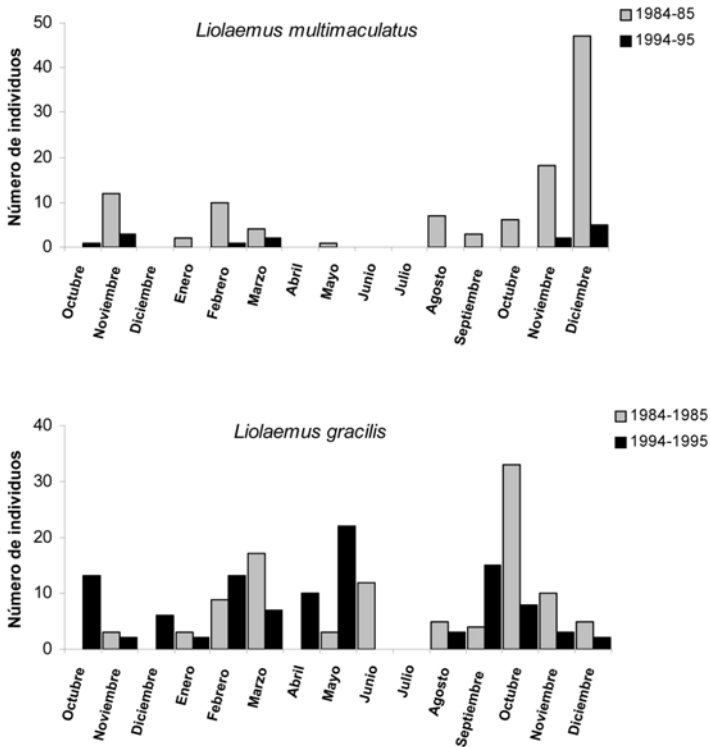


Figura 5. Número de individuos censados mensualmente durante los dos períodos de relevamiento.

5.4. Uso del hábitat

Durante 1984-85 las dos especies de lagartijas utilizaron diferentes configuraciones del hábitat de las dunas frontales y de la playa. El microhábitat de estas especies fue muy diferente durante 1984-85 (Chi-cuadrado total = 187.73, g.l= 3, P= 0.0001), ya que más individuos que los estadísticamente esperados de *L. multimaculatus* fueron hallados en *Spartina* y en rocas de la playa que en otros parches, y al mismo tiempo, más individuos de *L. gracilis* que los esperados estadísticamente fueron encontrados en *Panicum*. El mismo patrón de segregación en microhábitats fue observado después del disturbio durante 1994-95 (Chi-cuadrado total= 120.00, g.l= 3, P=0.0001), aunque el número de individuos de *L. multimaculatus* se había reducido drásticamente. Asimismo, tanto en el primero como en el segundo período, las especies utilizaron diferentes coberturas vegetales (Chi cuadrado total =125.59, g.l.=2, P= 0.000; Chi cuadrado total= 26.85, g.l.=2, P= 0.0001, respectivamente). *L. multimaculatus* utilizó con mayor frecuencia aquellos sitios con coberturas inferiores al 33% y *L. gracilis* utilizó coberturas vegetales mayores al 33 %.

Después del disturbio se produjo un cambio en la proporción del uso de microhábitats por parte de *L. multimaculatus*, ya que en el segundo período utilizó menos matas de *Spartina* pero más rocas y matas de *Poa Barrosiana* que lo esperado estadísticamente (Chi cuadrado total = 11.90, g.l.= 3, P= 0.01). A su vez, más individuos de *L. multimaculatus* fueron hallados en coberturas mayores al 33 %, debido al mayor uso que hizo del parche rocoso de la playa. En contraste, *L. gracilis* no varió el patrón de uso de la cobertura vegetal y sus individuos se concentraron en el área remanente de *Panicum* que presentaba una cobertura vegetal propicia.

Antes de la construcción del camino, las poblaciones de lagartijas de las dos especies exhibieron similar abundancia relativa y una amplia segregación en el uso del microhábitat. Siete años después del disturbio, estas poblaciones y su hábitat fueron claramente diferentes, exhibiendo cambios en la abundancia

relativa que incluyeron la casi extinción local de *L. multimaculatus*. En 1994-95, los escasos individuos de esta especie fueron hallados en matas aisladas remanentes de *Spartina* y en el área rocosa rodeando este parche. Las rocas se encontraban en mayor disponibilidad que las matas de *Spartina* debido a la progresiva erosión del lugar (Isla et al., 1997) y esta lagartija cambió su tendencia a utilizar como refugio el parche de *Spartina* por el de las rocas. La frecuencia de individuos de *L. multimaculatus* en el parche de *Poa barrosiana* también fue mayor en el último período, aunque teniendo en cuenta el bajo número de individuos presentes, este cambio de microhábitat no compensó en términos de abundancia y reclutamiento poblacional la pérdida del microhábitat preferido en el parche de *Spartina*. En resumen, la reducción del 90% del área de *Spartina* original fue acompañado por una reducción del 87% de la abundancia de *L. multimaculatus*.

Si se evalúa el patrón de precipitaciones anuales en ambos períodos como una medida de la productividad y, por lo tanto, como una posible causa de fluctuación poblacional, los resultados muestran que las precipitaciones medias anuales en la región durante 1981-85 (802 mm/año) no fueron significativamente diferentes de las de 1991-95 (701 mm/año) (Servicio Meteorológico Nacional, 1981-89; 1990-98). Además, el patrón de precipitaciones no incidió negativamente en la abundancia de *L. gracilis* en el mismo sitio, ni en la población de *L. multimaculatus* de Costa Bonita (60 km del área de estudio) de acuerdo a observaciones personales de la autora. Sin duda, el cambio más notorio fue la alteración del paisaje inducida por la construcción del camino, que fragmentó y disminuyó los parches de vegetación incrementando la erosión edáfica natural. Reconstruyendo un posible escenario de lo ocurrido en Rocas Negras, probablemente cuando el camino atravesó el parche de *Spartina*, la pérdida de la biomasa vegetal ocasionó una alta mortalidad de individuos de *L. multimaculatus* casi inmediatamente; o quizás al ser ésta una población abierta, el cambio provocó la emigración de muchos de sus individuos. Posteriormente, el mantenimiento y uso continuo del camino

debido al incremento de las actividades turísticas y el consiguiente balance erosivo en el sitio, impidieron la recuperación de *Spartina* e, indirectamente, la recuperación poblacional y /o colonización de *L. multimaculatus* del lugar.

A diferencia de la situación de *L. multimaculatus*, y a pesar de la reducción del 50% del área de *Panicum* después del disturbio, la población de *L. gracilis* tuvo la misma abundancia que siete años antes y exhibió una estructura de edades similar. La disminución de su área preferida no la llevó a la ocupación de microhábitats alternativos pero, en cambio, se concentró en el pequeño área remanente de *Panicum*. Varios mecanismos podrían dar cuenta del número constante de *L. gracilis*, aunque es imposible determinar a partir de estos datos cuales de ellos pudieron estar operando. La población de esta especie pudo haber estado limitada por factores diferentes al espacio, como, por ejemplo, alimento o depredación, que permitieron la persistencia de un número relativamente constante de individuos, independientemente de su densidad. Sean cual fueren los mecanismos que gobernaron su dinámica poblacional, esta especie estuvo siempre fuertemente ligada a la cobertura de *Panicum*. Esto último tiene relevancia ya que la construcción del camino afectó en forma diferente a los parches de *Spartina* y de *Panicum* y es conocido que un mismo disturbio puede producir efectos diferentes según el tamaño del área impactada y el tipo de microhábitat considerado. Si la intensidad o persistencia de este disturbio es diferente entre los parches de un mismo hábitat, organismos que utilizan diferentes parches pueden responder de forma diferente (Wiens, 1985), como sería el caso de estas dos poblaciones con un alto grado de segregación en microhábitats, las cuales sufrieron un impacto diferencial en las dunas frontales. Al regresar a Rocas Negras en noviembre de 2004, se observó el emplazamiento del gran hotel-residencial de la Asociación Cultural Bonaerense, que había empezado a construirse años atrás en dunas centrales. Los límites de su predio estaban marcados por un alambrado olímpico que se extendía desde los médanos posteriores hasta el límite de la barranca con la playa y cortaba el camino interrumpiendo definitivamente el tránsito de

vehículos por la faja de dunas frontales. En ese momento, el paisaje mostraba una mayor acumulación de arena y un parche de *Spartina* francamente recuperado que se unía sin interrupción al de *P. barrosiana* hacia el sur. En un censo improvisado de una hora de duración, al mediodía, pudieron detectarse 15 individuos adultos y 6 subadultos de *L. multimaculatus* en el parche de *Spartina*. Este hecho confirmaba lo evaluado en años anteriores y destacaba la importancia del uso de simples medidas de remediación como herramientas de restauración de los ambientes naturales, en relativamente poco tiempo.

Recomendaciones

La vegetación es un recurso esencial del hábitat de la mayoría de las lagartijas de biotopos semiáridos ya que les provee de refugio térmico, protección contra depredadores, sitios de nidificación y es, además, el hábitat de los artrópodos-presa que consumen. La conservación de las lagartijas arenícolas en el sitio estudiado, y sobre todo la de la más especialista, reside en la preservación de la configuración espacial del hábitat que proveen los parches de gramíneas nativas de *Spartina* y *Panicum*, los cuales son seleccionados por estas especies como ambientes preferidos. Teniendo en cuenta que Mar del Sur no es un área protegida y se encuentra, como muchas otras localidades de la costa bonaerense en creciente urbanización, surge como recomendación de manejo la planificación y el diseño en la construcción de sendas, caminos costeros, o cualquier obra urbanística, que eviten procesos erosivos, esto es, preservando la playa y la faja de dunas frontales. La fijación de los médanos con especies vegetales exóticas debería evitarse o, en caso de ser necesaria, realizarse con el cultivo espaciado de sólo aquellas plantas que la fauna arenícola utilice, sin afectar la viabilidad de los parches del pastizal nativo. Las actividades recreativas y turístico-deportivas, tales como el uso de vehículos todo-terreno, cuatriciclos y motos que inducen a la erosión del suelo y de la cobertura vegetal, deben evitarse o regularse en lugares acotados, fijando previamente indicadores de impacto a ser monitoreados.

Referencias

- Cabrera A. 1940. La vegetación espontánea de las dunas de Miramar. Boletín de Agricultura, Ganadería e Industrias 1(4), 5-17.
- De Vos A. y Mosby H. 1971. Habitat analysis and evaluation. In: Wildlife Management Techniques. Giles, R. H. Jr. (Ed.). The Wildlife Society, Washington D.C., 135-172.
- Etheridge, R. 2000. A review of lizards of the *Liolaemus wiegmannii* group (Squamata, Iguania, Tropiduridae), and a history of morphological change in the sand-dwelling species. Herpetological Monographs 14: 293-352
- Isla F. I., Farenga M. O., Cortizo L. y Bértola G. R. 1997. Dinámica morfosedimentaria de playas de arena y grava de la Barrera Austral: Mar del Sud, Arenas Verdes y Costa Bonita. Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología 4: 15-24.
- Servicio Meteorológico Nacional. 1981-1988. En: Climatología. Lluvia caída, humedad ambiente y temperatura según mes, en el Partido de General Pueyrredon. Serie Clima N° 4. Departamento de Estadística. Dirección de Estudios Socioeconómicos. Municipalidad del Partido de General Pueyrredon. 2 pp.
- Servicio Meteorológico Nacional. 1989-1998. In: Aspectos climáticos del Partido. Lluvia caída, humedad ambiente y temperatura, según mes en el Partido de General Pueyrredon. Serie Clima Nro 5. Departamento de Estadística. Secretaría de la Producción. Municipalidad del Partido de General Pueyrredon. 5 pp.
- Vega, L., Bellagamba, P. y L. Fitzgerald. 2000. Long-term effects of anthropogenic habitat disturbance on a lizard assemblage inhabiting coastal dunes of Argentina. Canadian Journal of Zoology 78: 1-8.
- Wiens J. 1985. Vertebrate Responses to Environmental Patchiness in Arid and Semiarid Ecosystems. In: The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics. Pickett S. T. & White P. S. (Eds), Academic Press, pp. 169-193.

LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LOBERÍA

Orlando Quiroz Londoño, Daniel Martínez, Hector Massone

Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario, UNMDP

El partido de Lobería, dedicado exclusivamente a actividades agrícolas y ganaderas, depende del recurso hídrico tanto superficial como subterráneo para su adecuado desarrollo. Las fuentes superficiales, a excepción del río Quequén Grande, son pocas y de bajo caudal, en algunos casos intermitentes. Lo anterior, sumado a la disponibilidad y en la mayoría de los casos, mejor calidad fisicoquímica del agua subterránea, hace que la dependencia del acuífero sea mayor.

La actividad turística en este partido ha tenido un desarrollo importante en los últimos años. Dicha actividad se concentra en la zona de medanos costeros, donde varios proyectos turísticos se han implementado. Estos emprendimientos, debido a la ausencia de fuentes superficiales de agua potable, se abastecen del agua contenida en el acuífero, hasta la fecha, con muy buenos resultados. La calidad química del agua subterránea, su disponibilidad y fácil acceso apoyan estos nuevos proyectos. No obstante la sensibilidad del acuífero contenido en los medanos es un tema pendiente de analizar.

Dentro del partido de Lobería se encuentran dos acuíferos (Fig. 1), ambos de carácter libre, es decir que no poseen una capa confinante que los separe de la superficie, por lo que se encuentran bajo el efecto de la presión atmosférica (por eso los pozos no son surgentes). Uno de ellos, de extensión regional (acuífero Pampeano), se extiende desde la costa hasta las sierras de Tandilla. Este acuífero, que supera los 100 metros de espesor, está constituido por sedimentos finos (limos, arenas finas), conocidos como sedimentos Pampeanos y Postpampeanos. El segundo acuífero, de representatividad local, se encuentra circunscrito a los medanos costeros, por encima del acuífero regional, con un espesor que no supera los 20 metros.

En este documento se evalúan en forma general, las características de los dos acuíferos que se encuentran en este sector de la llanura interserrana bonaerense, sintetizando sus parámetros hidráulicos, extensión y las características químicas y evolución del agua que contienen. De igual forma, se plantean las principales incógnitas que respecto al agua subterránea presenta aun la zona.

Posiblemente estos acuíferos, aunque independientes se encuentran parcialmente conectados en algunos sectores (Fig. 2).

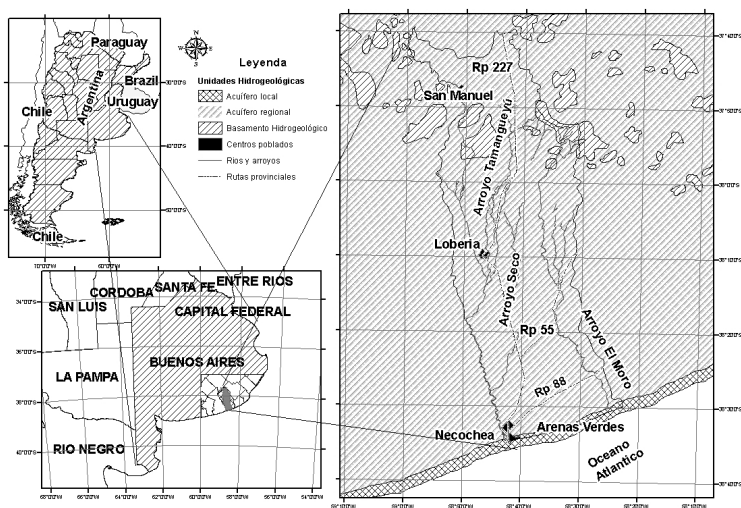


Fig. 1. Mapa de Localización

El acuífero Pampeano

Para el caso del acuífero regional, se ha desarrollado un modelo hidrogeológico conceptual que explica e integra de una manera adecuada la información sobre el mismo. Sobre esta base se ha elaborado un modelo matemático que permite cuantificar los ingresos y egresos de agua a este acuífero, así como su

relación con los arroyos, ríos y con el mar. Datos recolectados, tendientes a determinar la dirección del agua subterránea han permitido definir un flujo general de dirección norte-sur, desde la zona de recarga regional hasta la zona de descarga (Fig. 3). La homogeneidad y equidistancia de las isopiezas (líneas de igual cota de nivel freático) demuestran uniformidad en las características hidráulicas de los sedimentos de este acuífero, salvo en la zonas que rodean los bloques serranos. La superficie piezométrica sigue el patrón marcado por la topografía, es decir presenta bajos gradientes, lo que ocasiona que las velocidades de desplazamiento del agua en el acuífero sea de unos pocos centímetros al día.

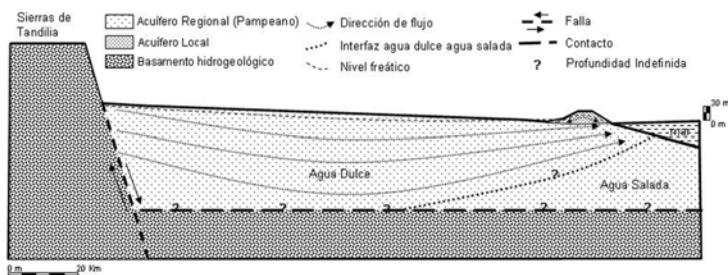


Fig. 2. Relación entre acuífero regional (Pampeano) y local

En la parte media del mapa de isopiezas se puede observar un leve cambio en la dirección y forma de las curvas. Tal cambio coincide con el sector donde el Arroyo Seco hace honor a su nombre y permite que las aguas colectadas en la parte alta de su cuenca recarguen el acuífero. Para los arroyos El Moro y Tamangueyú las isopiezas confirman un comportamiento ganador durante la mayor parte de sus recorridos, es decir, el caudal en estos arroyos es alimentado por el acuífero (Quiroz et al., 2006).

La recarga regional de este acuífero se debe casi exclusivamente a la lluvia, siendo la evapotranspiración la forma más importante de salida de las precipitaciones. Valores de recarga estimados por 4 métodos diferentes permiten deducir

una recarga promedio del 12% del total de la lluvia, lo que equivale a 130 mm/año para los últimos 10 años. En cuanto a la descarga, tanto el Océano Atlántico como el Río Quequén Grande son considerados como los mayores egresos del sistema hídrico subterráneo.

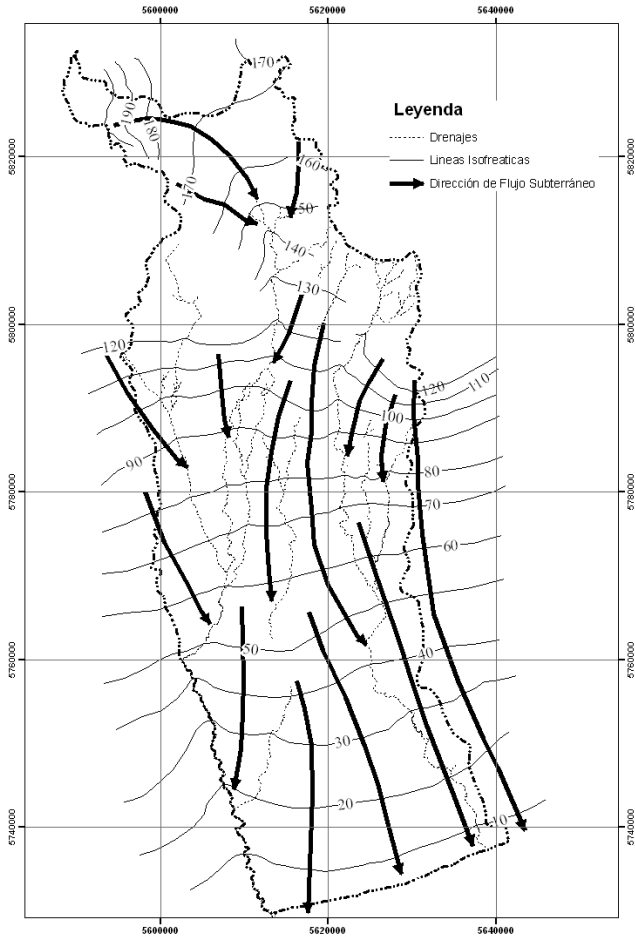


Fig. 3: Mapa de isopiezas

Cálculos y ensayos reportados por diversos autores determinan que el agua en este acuífero tarda 24 horas para recorrer entre 1 y 30 m (valores de permeabilidad variables entre 1 y 30 m/día; Varni 2005, Auge 1990, Ruiz de Galarreta et al. 2007, Fili et al. 1999, Blarasil et al. 1999, Dalmaso et al. 1999, Martínez y Osterrieth 1999, Elichiry 2002, Bocanegra et al. 2005, y Auge 2004). Al multiplicar el espesor de este acuífero por los valores de permeabilidad, obtenemos un parámetro muy importante que indica la cantidad de agua que pasa por una faja vertical de terreno, este concepto conocido como transmisividad. Los valores de transmisividad calculados para el acuífero regional presentan una variación entre 100 m²/día para las zonas con permeabilidades más bajas y 3000 m²/día para las zonas con permeabilidades más altas.

La zona cuenta con mediciones constantes del nivel freático a partir del año 2003 (Estancia Moro Viejo; fig. 4). El análisis de estos datos permitió determinar una tendencia general al descenso del nivel de agua subterránea, totalizando una disminución en el nivel de 2 m en los últimos 5 años. Los niveles iniciales, medidos en el mes de enero del 2003 se encontraban a 0,5 metros de profundidad bajo boca de pozo (mpbbp) alcanzando valores de 2.5 mbbp en el mes de diciembre del 2006 y un ascenso general en los años posteriores. Aunque la tendencia general de los niveles es a descender, anualmente se observa un período de ascenso entre los meses de agosto y diciembre, aunque cada vez menores. Los valores extremos en el nivel freático presentan una variación estacional, donde los máximos (nivel más alto) se presentan en los meses de invierno y los mínimos en los meses de otoño. Los datos presentados en este documento, comenzaron a tomarse meses después de una gran inundación donde el nivel freático se encontraba cerca a la superficie. Una posible causa del descenso general en el nivel de agua subterránea puede ser que el acuífero se encuentra retornando a su nivel normal. Esto solo podrá definirse adecuadamente si las mediciones se continúan realizando durante un periodo de tiempo más largo, lo cual permitirá confirmar la tendencia real del acuífero.

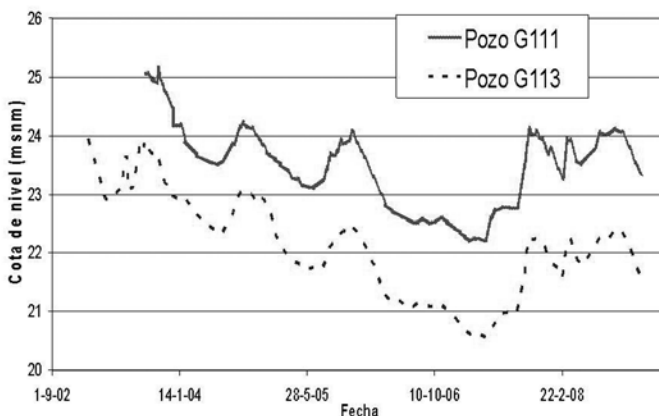


Fig. 4.: Variación de los niveles freáticos. Datos suministrados por propietarios de la estancia Moro Viejo

Al comparar los datos de precipitación y niveles registrados, se observan incrementos en el nivel freático relacionados a lluvias fuertes ocurridas durante los meses de julio, aunque la intensidad de las lluvias no es siempre proporcional al ascenso del nivel. La variación de nivel entre pozos es constante, lo que indica una respuesta homogénea del acuífero a la precipitación.

El balance, obtenido por medio del modelo matemático antes mencionado, indica que le 86,9% de la recarga proviene de la precipitación, el 11,7 % obedece a la infiltración del Arroyo Seco y un 1,3 % por aporte desde la zona norte del Río Quequén Grande. Igualmente el modelo permitió definir las salidas del sistema de la siguiente manera: 29,97% se vierte subterráneamente al mar y al Río Quequén Grande; 64.2% corresponde al flujo base de los distintos arroyos, 0,2% se extrae por pozos y 5,7% corresponde a evapotranspiración vegetal desde la parte superior del acuífero.

Las edades calculadas para el agua subterránea, es decir el tiempo que lleva el agua en el acuífero desde su infiltración hasta su descarga, varían entre 22,4 y 32,5 años, siendo consideradas modernas por las clasificaciones internacionales.

Estos resultados fueron obtenidos utilizando determinaciones de tritio, radioisótopo, presente en forma natural en el agua.

El agua en la zona de recarga (zona norte de la cuenca) presenta mayor contenido de Magnesio, Calcio y Bicarbonatos, pero a través de reacciones químicas normales a lo largo del flujo regional, se presenta una tendencia evolutiva que se refleja en su composición y que es muy común en aguas subterráneas (Chevorateb, 1955), haciendo que en la zona de descarga predominen el Sodio y el Bicarbonato.

La conductividad del agua subterránea, que indica el contenido de sales minerales presentes, oscila entre 530 y 1882 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con un valor medio de 1024 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Especialmente, se puede observar un aumento regional en la conductividad en dirección Noroeste – Sureste (Figura 5), coincidiendo aproximadamente con el flujo regional. Las zonas con conductividades más bajas circundan las sierras de Tandilia, confirmando las zonas de recarga evidenciadas con la piezometría del acuífero. Por su parte los valores más altos en este parámetro se concentran sobre la zona sureste, con conductividades que alcanzan los 1882 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en algunos pozos cercanos al Arroyo El Moro (Quiroz et al (2008).

Los valores de temperatura encontrados presentan un promedio de 16,3 °C. Valores en el agua por debajo de los 16°C, se encuentran cerca al sector serrano y van en aumento hacia el extremo suroeste alcanzando valores por encima de los 17 °C en las proximidades del Río Quequén Grande.

Los valores de pH medidos en campo oscilan entre 7,22 y 7,97. La variación espacial de este parámetro, presenta un aumento gradual desde el sector norte, hacia el extremo sur occidental donde se encuentran los mayores valores.

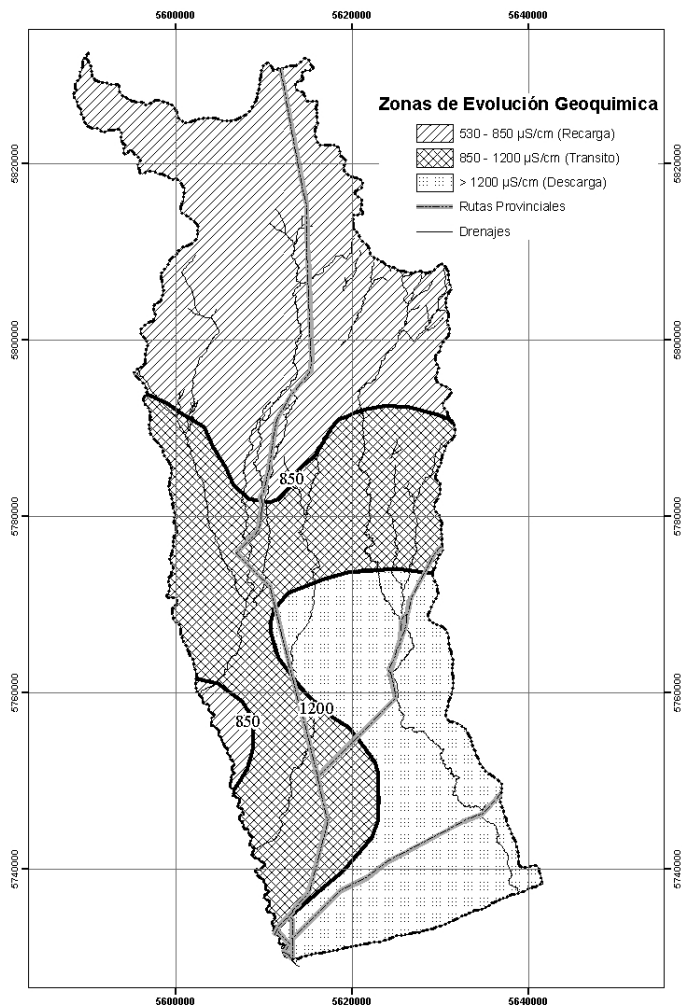


Fig. 5.: Mapa de conductividad del agua subterránea

El acuífero Medanoso

Este acuífero de carácter local, se encuentra restringido a la zona de medanos costeros actuales (sector de Arenas Verdes).

Estos alcanzan alturas de hasta 30 metros y cubren un área de 49,8 Km². En ellos se desarrolla un ambiente geohidrológico local constituido por un acuífero libre, con dinámica y características propias, conectado hidráulicamente en profundidad con el acuífero regional. Sala (1975), determina permeabilidades para estos depósitos entre 10 - 20 m/día. Los valores de transmisividad varían entre 300 y 600 m²/día. Los sedimentos presentan una buena selección (tamaño de grano similar) constituidos principalmente por fragmentos de plagioclasas, pequeñas cantidades de feldespatos potásicos, cuarzo y fragmentos líticos. Los tamaños de las dunas presentes en la zona van disminuyendo en dirección Este a Oeste (Teruggi et al. 2004).

Las características geológicas de los sedimentos que conforman este acuífero y que son responsables de sus buenas características hidrogeológicas, hacen de igual manera que tenga una alta vulnerabilidad a la contaminación. La recarga se debe claramente a la precipitación, las bajas conductividades, variables entre 410 y 719 $\mu\text{S}/\text{cm}$ así lo demuestran. El tipo de agua presente es de tipo mixta ($\text{NaMgHCO}_3\text{Cl}$). Su pH oscila entre 7,3 y 7,6; por su parte, la temperatura se encuentra cerca de los 17°C. Las perforaciones inventariadas en el sector de Arenas Verdes presentan profundidades de hasta de 50 m. El nivel estático tiene una cota de entre 4 y 5 m sobre el nivel del mar (msnm) en las partes bajas de los medanos y alcanza los 14 msnm en las partes más elevadas de estos depósitos. En general, este acuífero aunque de poca extensión, presenta muy buenas características hidrogeológicas.

Consideraciones finales

El agua subterránea es un de las principales fuentes de uso en la zona, tanto para abastecimiento doméstico como para la industria agrícola y ganadera. El acuífero Pampeano es el más aprovechado debido principalmente a su extensión. Diversos estudios caracterizan a este acuífero y su relación con los demás componentes del ciclo hidrológico. Trabajos de investigación

que definan su estructura, tasas de recarga, determinación de riesgo a la contaminación, y calculo de volúmenes y reservas son temas relevantes tendientes mejorar el conocimiento del mismo.

Las características propias del acuífero medanoso sumado al acelerado crecimiento urbanístico del área de Arenas Verdes, hace necesario pensar en la elaboración de estudios detallados que permitan dar pautas para un aprovechamiento adecuado del recurso hídrico y la protección del mismo a la contaminación, tanto desde superficie como en profundidad (intrusión marina).

El acuífero Pampeano forma parte de una unidad integral de mayor tamaño que abarca toda la cuenca del Río Quequén Grande; esta cuenca es compartida por seis municipios y por ello resulta vital la integración entre ellos para gestionar el recurso hídrico de manera de no generar perjuicios a ninguno de los que comparten este territorio. En este sentido, en 1993 se creó el Comité de Cuenca del Río Quequén Grande, integrado por los Municipios de Lobería, Necochea, Tandil, González Chávez, Benito Juárez y San Cayetano, por representantes de los productores y de Hidráulica de la Provincia; desde entonces, ha venido realizando diferentes tareas y colaborando en la preparación del inventario de información hidrológica y centralización de la misma; así el Comité ejerce un rol de importancia en lo referido al manejo integral del recurso hídrico.

Referencias

Auge, M., 1990. Aptitud del Agua Subterránea en la Plata, Argentina. Seminario Latinoamericano de Medio Ambiente y Desarrollo: 191 -201.

Auge, M., 2004. Vulnerabilidad de Acuíferos: Conceptos y Métodos. Buenos Aires.

Disponible www.gl.fcen.uba.ar/investigacion/grupos/hidrogeologia/auge/Vulnerabilidad-Conceptos.pdf.

Blarasin, M., Cabrera, A., Villegas, M., Bettera, S., Frigerio, C. y Lombardo, D., 1999. Evaluación Ambiental del Impacto de Sistemas de Saneamiento Domiciliario sobre el Agua Subterránea

en el Barrio San Martín, Ciudad de Río Cuarto Córdoba, Provincia de Buenos Aires. Hidrología Subterránea. II Congreso Argentino de Hidrogeología. IV Seminario Hispano Argentino sobre Temas Actuales de la Hidrogeología Subterránea. Serie Correlación Geológica N°13. Instituto Superior de Correlación Geológica – CONICET. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Universidad Nacional de Tucumán, 177-186.

Bocanegra, E., Martínez, D., Massone, H. y Farenga, M., 2005. Modelación numérica preliminar del flujo subterráneo de la cuenca del río Quequén, Provincia de Buenos Aires. IV Congreso Argentino de Hidrogeología, Actas I: 191-200. Río Cuarto, Córdoba, 25 al 28 de octubre de 2005.

Chevoratev, I. I., 1955. Metamorphism of Natural Water in the Crust of Weathering. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 8: 22 – 48.

Dalmaso, M., Martínez, D. y Mariño, E., 1999. Contaminación por efluentes de la industria frigorífica: el caso del acuífero arenoso de General Pico. Hidrología subterránea. II Congreso argentino de Hidrogeología. IV Seminario Hispano Argentino sobre temas actuales de la Hidrogeología Subterránea Serie Correlación Geológica N°13. Instituto Superior de Correlación Geológica – CONICET Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Universidad Nacional de Tucumán, 187-194.

Elichiry, P., 2002. Evaluación de la sustentabilidad del riego complementario con la aplicación de modelos numéricos de flujo y transporte en la región periserrana de Tandilia, Buenos Aires, Argentina.

Fili, M. F., Eduardo, L., Díaz, y Dalla Costa, O. A., 1999. Modelo hidrogeológico conceptual de la relación entre acuíferos Pampeano y Puelche en un sector del Sur de la Provincia de Santa Fé. Republica Argentina. Hidrología subterránea. II Congreso argentino de Hidrogeología. IV Seminario Hispano Argentino sobre temas actuales de la hidrogeología subterránea, Serie Correlación Geológica13. Instituto Superior de Correlación Geológica – CONICET Facultad de Ciencias Naturales e

Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán, 99-106.

Martínez, D. y Osterrieth, M., 1999. Geoquímica de la sílice disuelta en el acuífero Pampeano en la vertiente sudoriental de Tandilia. Hidrología subterránea. II Congreso argentino de Hidrogeología. IV Seminario Hispano Argentino sobre Temas Actuales de la Hidrogeología Subterránea serie Correlación Geológica N° 13. Instituto Superior de Correlación Geológica – CONICET. Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Universidad Nacional de Tucumán, 241-250..

Quiroz Londoño, O. M, Martínez, D. E., Massone, H. E, Bocanegra, E. M y Ferrante, A., 2006. Hidrogeología del área interserrana bonaerense: Cuencas de los arroyos El Moro, Tamangueyú y Seco. H. VIII Congreso de ALHSUD (25 - 29 de septiembre - Asunción, Paraguay).

Quiroz, O. Martínez, D., Dapeña C., Massone, H., 2008. Hydrogeochemistry and isotope analyses used to determine groundwater recharge and flow in low-gradient catchments of the Province of Buenos Aires, Argentina. Hydrogeology Journal 16, 6, 1113-1128.

Ruiz de Galarreta, A., Varni, M., Banda, N. R. y Barranquero, R., 2007. Caracterización Geohidrológica Preliminar en la Cuenca del Arroyo Langueyú, partido de Tandil, Buenos Aires. En V Congreso Argentino de Hidrogeología 1, 16-19 de Octubre. Paraná, Entre Ríos, Argentina.

Sala, J. M., 1975. Recursos Hídricos (Especial Mención de las Aguas Subterráneas), Relatorio VI Con. Geol. Arg., 169-193.

Teruggi, L. B., Martínez, G. A. y Del Río, J. L., 2004. Geomorphology and Textural composition of dunes south –east of Buenos Aires province, Argentina. Geoacta, 3, 159-164.

Varni, M. R., 2005. Algunos Aspectos de un Modelo Conceptual del Acuífero del Arroyo Azul, Provincia de Buenos Aires. En memorias del IV Congreso Argentino de Hidrogeología. Hidrogeología Subterránea y Aspectos Ambientales. Tomo I. Universidad Nacional de Río Cuarto. 109-118.

LOS MÉDANOS DE LOBERÍA Y NECOCHEA

Germán R. Bértola y Alejandra Merlotto

*CONICET e Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario,
Universidad Nacional de Mar del Plata*

La configuración de las costas bonaerenses se ha formado con posterioridad a la fluctuación holocena del nivel del mar (Schnack et al., 1982; Violante y Parker, 1993; Isla, 1998). Hacia el Sur de la ciudad de Mar del Plata, y por unos 80 km, la costa es mayormente acantilada de angostas playas (no más de 40 m de ancho) que se hacen más amplias hacia la ciudad de Necochea, conformando una extensa barrera de médanos (denominada Barrera Austral).

Sobre los acantilados, así como sobre las pequeñas playas, existen médanos frontales de variadas morfologías y alturas. Sus formas y dimensiones dependen de la actividad de los vientos, el aporte de arena (desde y hacia la playa), la densidad y tipo de vegetación, la ubicación topográfica y el tamaño de las partículas. En general las arenas de los médanos frontales son más gruesas que las de los médanos colgados, debido principalmente a las zonas de aporte y su emplazamiento topográfico (Bértola y Cortizo, 2005).

El área costera comprendida en este capítulo se extiende desde el Arroyo Nutria Mansa (límite entre General Alvarado y Lobería) hasta el Arroyo Zabala (límite entre Necochea y San Cayetano).

Marco teórico

El transporte de arena por el viento es la principal fuente de suministro de sedimentos para la existencia de médanos litorales en playas arenosas, así como un importante componente en los cálculos de balance sedimentario entre la playa (como fuente de arena) y el médano. En los médanos, los granos de arena individuales se mueven bajo la fuerza del viento de dos maneras distintas: por saltación y por arrastre superficial, siendo la primera la más importante y representando más del 75% del

total (Bagnold, 1941). En la saltación, el viento al alcanzar una velocidad determinada (o velocidad crítica), produce un esfuerzo de corte que arranca los granos de la superficie con un movimiento ascendente. Luego, y siguiendo la velocidad y dirección del viento, por el propio peso de las partículas caen en forma parabólica. Estos al llegar a la superficie disipan la energía en forma de calor, rebotarán (si ésta es dura o está formada por partículas gruesas) o transmitirán su movimiento a otra (si son finas). Sin embargo, y debido al hecho que los granos de arena promedian aproximadamente dos mil veces el peso de la atmósfera, no todos los vientos moverán arena, para ello la velocidad del viento debe alcanzar la velocidad crítica (Bagnold, 1941).

Después de que los granos de arena comienzan su movimiento, la propia velocidad del viento los mantiene. Una vez que la saltación ha empezado, la directa presión del viento no es ya requisito para mantener los granos de arena en el aire. El movimiento se perpetúa mediante la energía generada por el impacto de los granos en saltación que golpean nuevos granos. Esto es aplicable tanto a médanos frontales como colgados.

Para que puedan existir los médanos eólicos, debe haber una reducción suficiente de energía del viento a lo largo de la dirección del movimiento de arena en un sistema extenso activo (Fryberger y Ahlbrandt, 1979). Cualquier obstáculo, como un afloramiento de roca o la presencia de vegetación, puede forzar a la acumulación de arena disminuyendo la velocidad del viento y creando una “sombra de arena” al abrigo del obstáculo. Inclusive una depresión pequeña puede generar esta acumulación. Pero no siempre se necesitan obstáculos para la acumulación de arena, ya que todos los sólidos tienen el poder de autoacumularse y es por ello que existen los médanos vivos. Esta autoacumulación se produce porque en la saltación sobre una superficie arenosa, el impacto de los granos de arena transfiere un poco de su energía a la superficie y otro poco es empleada para desalojar otros granos. En el caso de los granos que se arrastran, se produce una fricción de los granos de arena de saltación que reduce la velocidad del viento cerca de la superficie.

Para el caso de los médanos colgados, su formación sugiere que la arena que es originada y aportada desde la playa, al llegar al frente del acantilado con cárcavas no obturadas de vegetación densa, se mueva hacia arriba por ellas. Dependiendo de las condiciones del viento, los sedimentos son forzados a trepar, proceso facilitado muchas veces por la presencia de rampas de arena adosadas al acantilado. Mientras esto sucede las arenas van cambiando, adquiriendo texturas más “eólicas” que “marinas”. Una vez arriba, los sedimentos pasan a formar parte del sistema de médanos colgados y pueden formar médanos parabólicos (Jackson y Nevin, 1992).

Características generales de la región

Geología

Sobre las ortocuarcitas de la Formación Balcarce (Dalla Salda e Iñiguez, 1978) que afloran en la costa de Mar del Plata, y luego de un intervalo cronológico de cientos de millones de años encontramos, en los acantilados de Monte Hermoso, General Pueyrredón y General Alvarado, la base de la llamada Serie Pampiana con las formaciones Monte Hermoso, Chapadmalal y Barranca de los Lobos (Kraglievich, 1959; Bonaparte, 1960; Zárate y Fasano, 1989; Zavala, 1993). El Pleistoceno está representado en los acantilados entre Mar del Plata y Miramar por las Formaciones Vorohué, San Andrés, Miramar, Arroyo Seco y Lobería. En esta sucesión de formaciones de origen continental se interdigita la transgresión del Pleistoceno superior (Belgranense) de hace 120.000 años que aparece saltuariamente en algunos sectores (Isla et al., 2000).

El Holoceno está mucho más extendido en la costa. Lo reconocemos como playas fósiles del máximo transgresivo, o como extensos ambientes de lagunas costeras o planicies mareales regresivas.

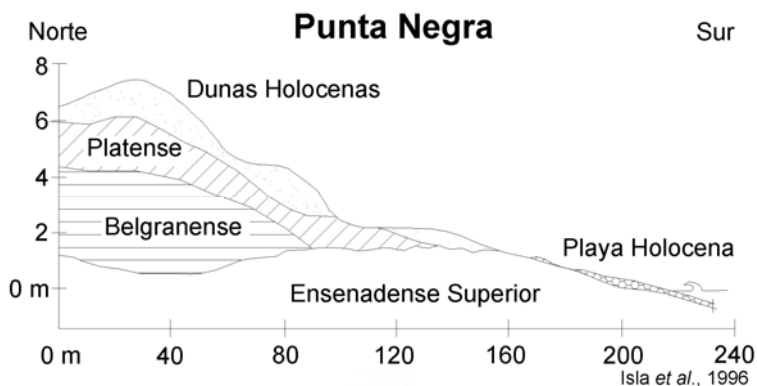


Fig. 1: Geología de la zona costera de Punta Negra, Necochea.

Oceanografía y clima:

Las características oceanográficas y climáticas de la región, se resumen en la siguiente Tabla.

Orientación	70°N
Mareas	Mixta semidiurna
Amplitud de marea máxima y promedio	1,78 m (1,02 m)
Vientos + frecuentes	N (10 km/h)
Vientos + intensos	S y SE
Temperaturas y precipitaciones	14°C - 916 mm
Pendiente Playa Distal / Playa Exterior	1 : 5
Velocidad de las corrientes litorales	De E a O a 0,4 m/s.
Altura de ola rompiente promedio y máxima	1,33 m (3,61 m)
Poder de ola promedio y máximo	7,5 kW/m (61,3 kW/m)
Período	8 segundos
Tipo de Rompiente	Volteo
Deriva litoral	Al N, hasta 1.300.000 m ³ /año.

Tabla 1: Lanfredi et al 1992; Bértola 2006.

Geomorfología de la costa de Lobería y Necochea

Los acantilados de limos pampeanos entoscados presentan sus mayores alturas en Barranca de los Lobos (General Pueyrredón) y disminuyen hacia el sur, casi sin interrupción. La Barrera Austral se inicia en Punta Hermengo (Miramar) y está cortada por la desembocadura de arroyos y ríos, algunos de los cuales se pueden obstruir naturalmente (arroyo Seco de General Alvarado, arroyo Malacara, arroyo Zabala). En gran medida los médanos están colgados sobre antiguos acantilados (Isla et al., 1996).

La morfología de las playas y el médano depende principalmente del tipo de espaldón (López y Marcomini, 1999). Las playas con acantilados activos son angostas, generalmente carecen de bermas estables y están asociadas a plataformas de abrasión. Las playas de Lobería están compuestas por una mezcla de sedimentos arenosos y gravosos donde no siempre existe correspondencia entre formas y texturas ya que pueden estar mezclados los procesos de transporte como sobrelavados de gravas con arenas finas eólicas. A su vez, en estas playas se reconocen otros particulares procesos como el “overtopping”, sobrelavado de dorsales, acorazamiento y construcción de rampas de lavado por efectos de tormentas (Isla et al., 1996). Más al oeste del puerto de Necochea, hay problemas de migración de dunas que pueden obstruir los arroyos o sepultar zonas forestadas.

En este sector, la plataforma tiene una pendiente uniforme donde se destaca solamente un banco alineado a la costa a aproximadamente 40 m de profundidad, y extendido entre Claromecó y Necochea. Las arenas del sector menos profundo de la plataforma varían entre muy gruesas a finas-muy finas, con mayores valores de carbonato de calcio en el banco mencionado. Limos y fondos rocosos se limitan a zonas costeras entre Claromecó y Necochea (Mouzo et al., 1974).

De las áreas en estudio, analizadas con imágenes LANDSAT TM de 1990 y 2004 y con fotografías aéreas de los años 1965, 1984 y 1987 y posteriormente supervisadas en el

campo, se ha podido hacer una división en ambientes continentales y en mixtos/marinos. En ambas áreas y en relación con los ambientes continentales ubicados al noroeste y norte de la ruta 11, se ubica material loésico y por suelos formados a sus expensas. El tipo de vegetación original es la estepa o pseudoestepa de gramíneas, que sólo persiste junto a las vías férreas o en algunos campos abandonados. Los suelos poseen vegetación de pasturas y cultivos (p.e. papa, horticultura y cereales), y en menor medida bosques de *Pinus sp.*, *Pinus pinaster* y *Pinus radiata*, y forestaciones localizadas de *Eucalyptus* sp. Otros sectores están parcialmente urbanizados. Las modificaciones más sustanciales ocurren en los ambientes mixtos/marinos, pudiéndose identificar, en el sector costero comprendido entre el Arroyo Nutria Mansa y el Arroyo Zabala dos tipos de geoformas: de origen eólico y marino (Marcomini y López, 2005).

Geoformas Eólicas: Las geoformas asociadas al viento dan lugar a los médanos litorales y se pueden agrupar en función del grado de actividad y ubicación en:

- Médanos activos (vivos) y activos con vegetación cubren los acantilados y se caracterizan por presentar crestas transversales y barjanoides con una alineación NNE-SSO. Alcanzan una longitud de onda de 300 a 400 m, y se orientan perpendicularmente a la línea de costa, evidenciando un desplazamiento hacia el Este. Los espacios interdunares están desprovistos de vegetación.

Los médanos vivos están localizados en zonas próximas a la costa. Alcanzan alturas de hasta 60 m sobre el nivel del mar y un ancho transversal a la costa de hasta 2400 m. La morfología superficial se caracteriza por presentar crestas barjanoides y acumulaciones de arena tipo médano en montículo (hummocky dune). Fueron localizados desde el arroyo Nutria Mansa hasta Costa Bonita y de Punta Negra a Punta Florida y más al Oeste del Balneario Los Ángeles, hasta el Arroyo

Zabala. Cubren un área aproximada de 50,11 km². Desde el Arroyo Nutria Mansa al Balneario Los Angeles (15 km²) constituyen una franja de hasta 500 m de ancho desde la línea de costa hacia el interior. Su morfología es irregular y poseen poca altura. Al Oeste del balneario Los Angeles, alcanzan un ancho de 2400 m y una superficie de 35 km². En todos los casos se encuentran rodeados de médanos activos con vegetación.

El campo de médanos activos con vegetación, abarca una superficie aproximada de 30 km². Los ubicados en Necochea-Quequén presentan mayor crecimiento de vegetación. Predominan las formas parabólicas y barjanoides, con extremos apuntando al SO y OSO. Sus longitudes varían entre 200-300 m y sus anchos entre 200-250 m. Los médanos de Punta Negra, presentan crestas con fuertes pendientes y se encuentran degradados, observándose la presencia de sopladeros. Hacia el Oeste se desarrolla el campo más extenso y continuo, hasta el límite con el partido de San Cayetano, interrumpido sólo por pequeños sectores forestados. En ciertos sectores se reconocieron médanos empalmados, los cuales conforman médanos transversales con dirección N-S o NNO-SSE, pudiendo alcanzar los 2500 m de longitud.

- Médanos inactivos con vegetación herbácea: Se caracterizan por la presencia de dunas parabólicas y procesos de reactivación deflacionaria que dan lugar a la generación de dunas en voladura (*blowouts*) circulares o elongadas. Poseen vegetación herbácea que impide su movilidad. Predomina en la zona *Panicum racemosum*, *Senecio crassiflorus*, *Poa lanuginosa*, *Achyrocline satureioides*, *Panicetum*, *Spartinetum*, *Margyricarpetum* y *Androtrichetum* (Cabrera, 1941). Fueron localizados al NE del Arroyo del Moro, en Arenas Verdes, hacia el continente en Bahía de los Vientos, en Punta Negra y Punta Florida, y en el Arroyo Zabala. Se ubican principalmente entre una franja de médanos activos vivos y los campos

agropecuarios que se desarrollan al norte de la cadena de médanos. Se pudo constatar la presencia de sombras de arena originados por la vegetación arraigada en el médano.

- Médanos inactivos forestados y/o urbanizados: Son médanos totalmente urbanizados y/o cubiertos por vegetación arbórea o arbustiva, que favorecen la pedogénesis provocando importantes cambios en el suelo (Tinley, 1985), generalmente del tipo Entisol. Estas forestaciones (*Pinus sp.*, *Acacia longifolia* y *Eucalyptus sp.*) actúan como una barrera eólica produciendo cambios morfológicos en sectores aledaños (Isla et al., 1998; Marcomini y López, 1999; López y Marcomini, 2000). En líneas generales se conserva la morfología original de los médanos. Cubren una superficie de 32 km² y se distribuyen en Quequén (entre Punta Carballido y el puerto), en el Parque Miguel Lillo, en el barrio privado Médanos (suroeste de Necochea), al Este del Balneario Los Ángeles y en pequeños sectores forestados por los dueños de estancias en el Partido de Lobería.

- Médanos colgados: Esta configuración responde a un activo proceso eólico que predomina sobre la hidrodinámica marina. El campo de médanos se halla sobreelevado con relación al nivel del mar. Si bien se ha mencionado que su movilidad es prácticamente inexistente (López y Marcomini 2000), se ha visto que en esta zona pueden comportarse como médanos vivos con una importante migración eólica. En ambos partidos, los médanos están asentados sobre un acantilado de hasta 6 m de altura, con un perfil asimétrico e inclinación de 20° a barlovento y 35° a sotavento y lineación de la cresta de rumbo NW-SE. En zonas con gramíneas rastreras, se pudo constatar la presencia de sombras de arena.

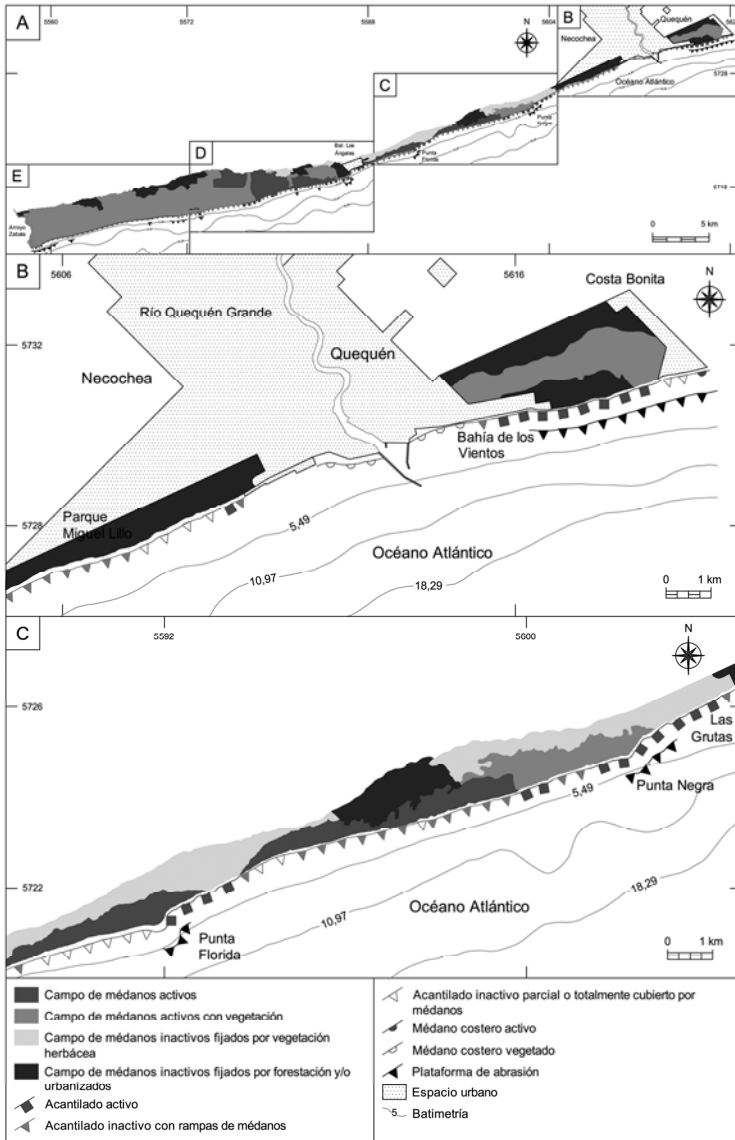


Fig. 2: Mapa geomorfológico de las costas del Partido de Necochea, año 2008.

- Cubetas de deflación (*blowouts*): Son médanos que antiguamente han estado estabilizados por la vegetación y ahora se han reactivado. Poseen una altura media de 2 m; los sectores correspondientes a las cubetas presentan un diámetro de 15 a 20 m y se disponen en rumbo SO-NE con las depresiones hacia el cuadrante Sur. Son del tipo canaleta (López y Marcomini, 2000).

Geoformas Marinas: Entre las geoformas marinas se pueden citar las siguientes:

- Acantilados: Estos rasgos erosivos se encuentran prácticamente desde Mar del Plata a Necochea. Poseen alturas variables entre 5 y 20 m y están compuestos por material loésico. En donde los arroyos desembocan en el mar, los valles han erosionado los acantilados y hay formación de médanos vivos emplazados en playas de bolsillo. Se han podido subdividir a estas geoformas en:

1. Acantilados activos: son formas erosivas que indican un activo retroceso de la línea de costa. Están asociados a una plataforma de abrasión prácticamente desprovista de sedimentos arenosos. En el contacto con la playa hay cavernas relacionadas con discontinuidades litológicas. En este sector son comunes los fenómenos de remoción en masa y su base es lavada durante las pleamares. Fueron localizados entre Costa Bonita y Bahía de los Vientos, al oeste de Las Grutas, al este de Punta Florida y al oeste del Balneario Los Ángeles, cubriendo una extensión total aproximada de 17 km. En Lobería los acantilados activos son muy poco extendidos y de hasta 2 m de altura..
2. Acantilados inactivos con rampas eólicas: son aquéllos cuya base es alcanzada por el

agua solamente durante las pleamares de sicigias o durante eventos extraordinarios. Son generados cuando el acantilado tiene desarrollo de una playa considerable en el frente, con buen desarrollo de bermas o barras, y a su vez, asociadas en la parte superior con campos de dunas inactivas. Fueron localizados en Necochea por casi 32 km, en las costas del Parque Lillo al este de Las Grutas, al oeste de Punta Negra, y entre el Balneario Los Ángeles y el Arroyo Zabala. En Lobería entre el Arroyo el Moro y el Nutria Mansa, por casi 10 km.

- Plataformas de abrasión: Están asociadas a acantilados activos y conformados por el mismo material litológico. Se encuentran por trechos entrecortados de unos pocos metros hasta 50 m, que quedan emergidos durante las bajamares. Constituyen restingas de toscas del Ensenadense, que por su mayor dureza resisten la acción del oleaje. Fueron localizados entre Arenas Verdes y Costa Bonita (Lobería), entre Costa Bonita y Bahía de los Vientos, Punta Negra, Punta Florida, Oeste de Balneario Los Angeles y Este del Arroyo Zabala (Necochea).
- Playas: Distribuidas a lo largo de la costa de ambos partidos, se dividen en una playa sumergida (por debajo del nivel de bajamar), una playa frontal (desde la bajamar hasta la pleamar) y una playa distal (desde la línea de pleamar hasta el espaldón). Sobre esta última puede haber bermas atribuidos a tormentas excepcionales o a la acción combinada de tormentas y mareas.

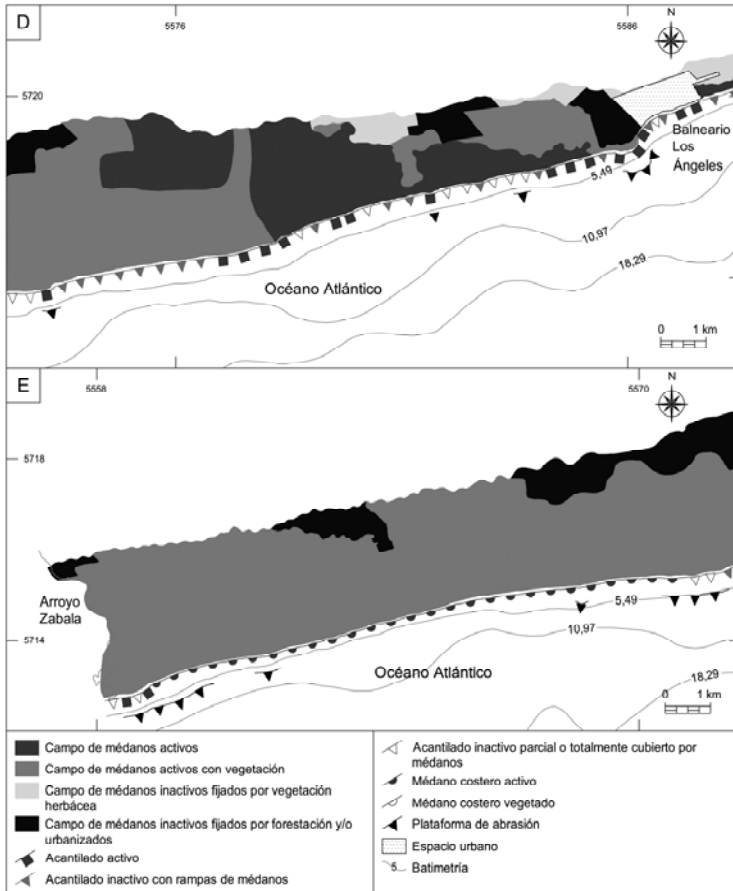


Fig. 3: Mapa geomorfológico de las costas del Partido de Necochea, año 2008.

Las playas de ambos partidos son del tipo intermedias a disipativas (Short y Wright, 1984). En general poseen anchos de hasta 60 m, pero frente a la ciudad de Necochea llega a 280 m. Se pudo constatar la presencia de sombras de arena originadas por guijarros o trozos de conchillas marinas que actúan por peso sobre

la arena, de modo que el viento no alcanza a transportarlos y dejan un montículo con el guijarro encima y una cola arenosa a sotavento del obstáculo. En Arenas Verdes las playas son de arena más gruesa que en Necochea.

Particularidades de estas playas y médanos:

Se desarrollará una descripción de las siguientes locaciones para evaluar sus características antrópicas y naturales:

Arenera Cruz del Moro (Lobería, 38°30'44,5" S - 58°26'02,0" O):

Esta zona prístina en relación a emprendimientos turísticos y tránsito vehicular o peatonal, posee una playa de aproximadamente 73 m. Hacia el continente, se extiende un campo de médanos de 1000 m de ancho, médanos vivos en su mayor parte, pero con zonas vegetadas y/o forestadas, correspondientes a los cascados de las estancias. La zona registra una continua erosión de -0,4 m/año. Hasta la fecha la zona está siendo comercializada por una arenera privada (ubicada unos 2000 m del mar) que obtiene los áridos de médanos inactivos vegetados. Desde el límite del partido y hacia el SO, el campo de médanos se ensancha considerablemente, pasando de 600 m cerca del Arroyo La Nutria Mansa, a 1000 m frente a la arenera, 1600 m al NE de Arenas Verdes, para alcanzar su máxima anchura al SO de este paraje, con casi 1900 m.

Arenas Verdes (38°32'53,6" S - 58°33'07,1" O):

Esta localidad balnearia se está desarrollando sobre médanos forestados, rodeada por médanos vivos y vegetados. La playa está emplazada en una zona de acantilados bajos de hasta 1 m tapados por médanos litorales y una plataforma de abrasión de limos entoscados. La playa se ubica como una rampa de lavado de unos 71 m de ancho. Las playas poseen acumulaciones de

arena y de gravas finas en los sectores sub, inter y supramareales.

La zona registra leve erosión de $-0,1$ m/año. El campo de médanos vivos y/o vegetados del partido de Lobería alcanza los 30 km², y es de $17,7$ km² el campo de médanos forestado y/o urbanizado.



Fig. 4: Lobería. Médanos activos vegetados en Arenera del Moro, año 2001. Los médanos frontales están degradados por el paso de vehículos todo terreno y maquinaria.



Fig. 5. A) Fotografía aérea de Arenas Verdes (Lobería, 1979). Nótese los médanos vivos al Oeste de la urbanización. Ésta sirve de freno al avance de los mismos hacia el Este. Al Suroeste del pueblo hay forestaciones sobre los médanos y al Este, hay médanos de menor altura y menor movilidad por efecto de la vegetación. **B)** Médanos frontales en Arenas Verdes, año 2004. Con las forestaciones al fondo. Las playas son transitadas por vehículos todo terreno.

Costa Bonita (38°33'47,5" S - 58°37'41,8" O):

Esta localidad es una urbanización de 1 km². Hasta noviembre de 1996, la playa se emplazaba entre plataformas de abrasión y médanos fijados por vegetación. Posteriormente, el médano fue eliminado para realizar la traza de la avenida costanera y su arena nivelada hacia el mar. Esto ocasionó una importante erosión (de más de -2 m/año) por lo que fue necesario crear un nuevo médano frontal artificial en el año 2006, con el fin de evitar la erosión de la playa y el volado de arena sobre la avenida costanera, actualmente parcialmente fijado con “uña de gato”. Hay tres espigones creados entre 1957 y 1969, actualmente destruidos en un 60% e inoperantes. El ancho de playa es de unos 59 m. La zona registra una leve erosión de -0,1 m/año. En ocasiones de tormentas, al pie de la playa y entre los espigones se pueden acumular gravas, que provienen de la erosión de la plataforma de abrasión (gravas relícticas, Isla et al., 1997) o del interior de los espigones cuyos núcleos poseen gravas para rigidizar la estructura (Bértola, 2006).





Fig. 6. A) Foto aérea oblicua de la urbanización de Costa Bonita (1980). Para esta fecha, los médanos ya estaban fijados con vegetación y/o forestados. Hacia la izquierda de la foto se aprecia rasgos de actividad de extracción de arena de médano (cortesía Municipalidad de Necochea). **B)** Médano artificial en Costa Bonita, año 2006. Su núcleo está compuesto por restos de mampostería, granza y tosca; por encima tiene una capa de tierra y finalmente uña de gato para su fijación. Hacia la derecha de la foto, se aprecia la invasión de arena eólica sobre la avenida costanera y las construcciones.

Bahía de los Vientos (38°34'14,1" S - 58°40'11,6" O):

Estas playas están emplazadas entre acantilados activos de loess de entre 3 y 7 m de altura, cubiertos por una fina línea de médanos frontales vegetados. Antiguamente sobre el acantilado pasaba la traza del camino costero, pero fue desviado en algunos sectores unos 70 m hacia el interior por el riesgo de erosión. Hacia el continente se desarrolla una angosta hilera de médanos inactivos vegetados y degradados de no más de 4 km². Posee angostas playas que no superan los 40 m de ancho. Hacia

el SO de la calle 543 (Quequén), la playa empieza a ser más ancha (hasta 150 m), por el efecto de reparo que le genera el puerto de Quequén. Hacia fines de 2008, se construyó un pedraplén (desde la calle 553 hasta la cloaca) de protección que ha afectando totalmente su dinámica. Hacia el continente se están extrayendo arenas de los médanos fijos. La zona registra una erosión de hasta -1 m/año.



Fig. 7. Acantilados activos y playas de bolsillo en Bahía de los Vientos (2007). Los médanos colgados están sumamente degradados o son inexistentes.



Fig. 8. A) Puerto Quequén y Bahía de los Vientos (Necochea), año 1964. En el centro de la fotografía se aprecian rasgos de extracción de arena. La playa tiene una geometría asimétrica por el efecto de reparo de las escolleras del puerto. Los médanos están vegetados y/o forestados. **B)** Médanos vegetados en Bahía de los Vientos, año 2007. A pocos cientos de metros hacia el Oeste está emplazado el Puerto de Quequén. Ya han sido fijados los médanos mediante tamariscos y uñas de gato. Hacia la izquierda se aprecian las huellas dejadas por los peatones y las motos que eliminan la cubierta vegetal y liberan la “arena voladora”. Inclusive pueden formarse sopladeros (blowout).

Playa de Necochea (Necochea, 38°34'54,9" S - 58°43'22,8" O):

Estas playas son las más extensas del partido, con un promedio de 280 m. Hay médanos litorales vivos e inactivos con vegetación, muchos de ellos enrasados y fijados por tosca y vegetación por playas de estacionamiento y balnearios. Los cambios más drásticos se han dado sobre los médanos (cerca del espaldón), ya que hay desagües pluviales y bajadas de vehículos a la playa. La zona registra una acumulación de más de 2 m/año.



Fig. 9. Médanos vivos y vegetados en las playas céntricas de Necochea (2006). El puerto, al funcionar como trampa de sedimentos de la deriva litoral de arena hacia el Este, genera un aumento en el ancho de la playa y un mayor desarrollo de médanos hacia el Oeste del Puerto.

Playas del Parque Lillo (Necochea, 38°35'30,3" S - 58°44'59,4" O):

Esta playa, ubicada a pocos cientos de metros del barrio privado Médanos y en la costa del Parque Lillo (de 4,68 km²), está asentada sobre acantilados de baja altura semicubiertos por rampas de médanos. Posee una longitud promedio de 117 m.

Los sectores vegetados han sido destinados a estacionamiento, construcciones o vías de circulación. A pocos metros del lugar hay desagües pluviales del balneario y una bajada de vehículos a la playa, clausurada en 2008.



Fig. 10. Rampas y médanos colgados en el Balneario Kabryl (2007). Los acantilados son inactivos y en ciertas épocas, pueden llegar a cubrirse de arena.

Balneario Médano Blanco (Necochea, 38°35'55,4" S - 58°46'06,9" O):

Esta playa se encuentra al pie de acantilados de casi 8 m de altura, cubiertos por médanos litorales colgados, poco antropizados. En algunos sitios aflora una plataforma de abrasión de limos entoscados. Es una playa abierta que posee una extensión promedio de 110 m. El camino costero la separa de un campo de médanos vegetados y forestados, pertenecientes al Parque Lillo. Desde Punta Negra y hacia el SO, comienzan a aparecer médanos vivos y vegetados, de hasta 450 m de ancho.



Fig. 11. Barrio Privado Médano Blanco (2008). Urbanización instalada sobre los médanos frontales en la costa del Parque Lillo. Se aprecia su total fijación hasta el pie de médano inclusive. No aflora el acantilado.



Fig. 12. Costa de Balneario Médano Blanco (2008). A partir de esta zona, y hacia el Oeste, los acantilados, médanos colgados y rampas de médanos son muy comunes. Además comienza a ralear la forestación de Parque Lillo.

Arenera Punta Florida (Necochea, 38°39'32,5" S - 58°57'29,25" O):

Esta es una playa abierta extensa, con un promedio de 156 m. Presenta médanos litorales vivos a parcialmente vegetados. Es de difícil acceso y no posee demanda turística; sólo es concurrida por vecinos de la zona, pescadores y vehículos areneros.



Fig. 13. Rampas de médano en Las Grutas (2008).

Balneario Los Angeles (38°40'21,3" S - 59°00'23,0" O):

Es una angosta playa de bolsillo que alcanza en promedio los 70 m de ancho. Se encuentra a los pies de acantilados de hasta 2 m cubiertos por médanos activos colgados, poco antropizados y con rampas eólicas. En algunos sitios aflora una plataforma de abrasión de limos entoscados. Los acantilados aumentan hacia el SO hasta alcanzar los 5 m. Desde el balneario y hacia el SO, se desarrolla un extenso campo de

médanos vivos y/o vegetados de 61 km², que se continúa hacia en el partido de San Cayetano. La zona registra una leve erosión de -0,6 m/año.



Fig. 14. A) Foto aérea oblicua del Balneario Los Ángeles (Necochea), en 1980. Hacia el Oeste de la ciudad de Necochea, hay alternativamente playas extensas, acantilados activos e inactivos, rampas de médano y cabos rocosos como el de la foto, con grandes plataformas de abrasión. Hacia la derecha, la urbanización del balneario. **B)** Paraje Médano Blanco, año 2008. Dentro del partido de Lobería y Necochea, la Barrera Austral adquiere su mayor ancho en esta zona, con casi 3000 m

y alturas que rondan los 65 m sobre el nivel del mar. En su sector frontal, los médanos cabalgan sobre acantilados inactivos y muchas veces los cubren *por completo*.

Problemas costeros

La actividad humana es un factor importante en la estabilidad de los médanos. La construcción, la recreación y el tránsito de vehículos pueden acelerar o agravar el daño natural a las dunas, destruyendo la carpeta vegetal y su desarrollo, y promoviendo la generación de cubetas de deflación. Si la destrucción es importante, se puede llegar a eliminar por completo al médano, quedando menos material para el suministro de arena disponible para el intercambio durante tormentas. En ambos partidos se ha observado que la presencia de acantilados de loess posibilita la formación de médanos colgados (o inclusive la ausencia total de los mismos). En este caso pueden aparecer pequeñas rampas de médano de hasta 15 m de ancho que trepan estos acantilados cuando la arena se hace más abundante (Isla et al., 1996; Marcomini et al., 2007), alimentando los campos de dunas colgadas. Esta disponibilidad de arena en los médanos y la playa, se ve reflejada en fenómenos de erosión. En ambos partidos, la erosión no obedece únicamente a causas naturales; existe erosión costera originada por actividades humanas como la inducida por forestaciones excesivas (Isla et al., 1998), extracciones de arena (Isla y Fasano, 1987), escurrimientos superficiales hacia la playa, el mal manejo de concesiones balnearias y hasta por las obras de defensa mal implementadas (Isla et al., 2001).

Entre los principales problemas se observan:

- **Construcciones sobre los médanos frontales**

En las playas con infraestructura balnearia hay alteraciones inducidas por los concesionarios para ofrecer más servicios (bares, accesos, juegos infantiles, estacionamientos). La eliminación sistemática de médanos, el corte en los acantilados o la impermeabilización de médanos litorales,

induce problemas derivados de los excesos hídricos. El resultado es erosión generalizada por desbalance del perfil médano/playa.

- **Estabilización de médanos**

Como se comentó precedentemente, los médanos litorales tienen un continuo intercambio de arena con la playa (de la que se alimentaron en su oportunidad) y con formas arenosas submareales (barras y bancos de arena). Su forestación causa en muchos casos erosión costera: la playa continúa proveyendo arena que no vuelve desde los médanos al sistema litoral. Esto origina que los médanos crezcan en altura o migren hacia el interior, generando un angostamiento de la playa activa, aumento de pendientes y generación de sopladeros. La forestación induce cambios en las características morfológicas producidos por disminución de la disponibilidad de arena. En Necochea, el sistema de médanos ubicados al oeste de la ciudad generaba un gran volumen de arena voladora. Para evitar esto, se implementó su fijación a través de lo que hoy es el Parque Lillo, sin contemplar que en parte, esos médanos eran los que podían proveer arena a las playas del balneario. De este modo se inició un problema de desestabilización de las condiciones naturales.

- **Estructuras fijas**

La construcción de espigones como los de Costa Bonita o las escolleras del puerto de Quequén, ha resultado una solución local pero que aumenta el proceso erosivo en el sentido de la deriva. Esto ha causado una alteración en la hidrodinámica, que ocasionaron un desbalance en la deriva neta incrementando la erosión en la ciudad de Quequén y Costa Bonita (Kokot y Otero, 1999; Cortizo e Isla 2000; Del Río et al., 2004). En las costas de Necochea se aprecia el desarrollo de una planicie de progradación costera constituida por crestas eólicas formadas por la obstrucción hidráulica que ejerce el río bajo sus condiciones naturales

(como consecuencia de la retención de sedimentos por la escollera). Los sedimentos que migran por deriva litoral de oeste a este, son depositados en la desembocadura y el viento conforma crestas eólicas que producen una importante progradación de la desembocadura. De todos modos, la necesaria defensa de costas (estructuras *rip rap* de Bahía de los Vientos) disminuyen los aportes de sedimentos y por lo tanto aumentan el proceso erosivo en el sentido de la deriva litoral. A nivel local, y como se aprecia en Costa Bonita, los espigones interrumpen la dinámica entre la playa y las barras submareales, aumentando la pendiente en la playa frontal y generando corrientes de retorno que socavan la playa sumergida.

- **Pluviales**

Otro factor que causa erosión en las playas, acantilados y médanos es la canalización de agua de lluvia hacia la costa. Las mismas se encauzan por canalículos y cárcavas (en algunos lugares directamente por las calles y cañerías) provocando escarpas en los médanos y playas, y sería erosión vertical en las paredes de los acantilados, facilitando el derrumbe del material y contribuyendo al retroceso de la línea de costa. Esto se ha confirmado en algunos sectores balnearios de Necochea.

Conclusiones y recomendaciones

La costa de los partidos objeto de este capítulo, está conformada mayormente por médanos vivos, vegetados y/o forestados y por médanos colgados sobre acantilados inactivos. Lobería posee aún playas prístinas, cosa que no ocurre en Quequén y Necochea.

Los principales problemas a los que se enfrentan los municipios son las construcciones sobre los médanos y su excesiva estabilización, la construcción de obras hidráulicas que impide la deriva litoral, la circulación indiscriminada de vehículos todo terreno sobre la playa y el médano, y la presencia de

escarpas de erosión causadas por pluviales que desembocan directamente a la playa.

Todos estos puntos pueden controlarse teniendo en cuenta lo siguiente:

1. Construcciones y circulación sobre los médanos frontales:

- Confeccionar pasarelas elevadas sobre los médanos.
- Construir los balnearios sobre pilotes y de madera, que ante tormentas fuertes no dejen esparcidos en la playa restos de mampostería.
- No impermeabilizar el médano.
- La bajada de vehículos es dañina para la playa y biota costera, pero si el Municipio considera que son imprescindibles para fomentar el turismo, realizarlas cada una distancia fija (más de 2000 m entre una y otra) y hacerlas coincidir con la zona de bajada al mar de gomones y motos de agua. Además los rodados deben tener un cierto kilaje máximo y las bajadas no pueden estar habilitadas durante todo el año, para que playa y médanos tengan tiempo de recuperarse.
- Realizar una urbanización responsable.

2. Estabilización de médanos:

- La fijación de médanos litorales debe cuidar de mantener las fuentes de alimentación de las playas o su dinámica sedimentaria (médano-playa-bancos submareales).
- De realizar enquichados, hacerlos transversales al sentido de transporte del médano.
- La forestación excesiva es perjudicial (ver los ejemplos de Pinamar, Claromecó o Villa Gesell).
- Las estrategias de fijación de médanos no deben limitarse a un médano determinado (solución local) sino que deben proponerse disminuir la magnitud del caudal sedimentario en tránsito (solución regional).

3. Estructuras fijas:

- Evaluar los problemas costeros de municipios vecinos con estructuras sobre la playa (es decir aprender de sus aciertos y errores).
- Evitar interrumpir la deriva litoral natural mediante construcciones.
- Evitar las estructuras rígidas. Si la idea es construir de todos modos, considerar las obras blandas.

4. Pluviales:

- Realizar pozos blancos para evacuar el agua de lluvia.
- Si hay que realizar cañerías pluviales, hacerlas aguas abajo de la deriva litoral y en lo posible lejos de la zona de uso turístico.
- Los desagües instalados directamente sobre los acantilados facilitan la inestabilidad de los mismos y acelera los procesos erosivos.
- La urbanización implica indefectiblemente disminución de la infiltración y aumento del escurrimiento superficial, por lo que debe cuidarse de planificar el destino de los excesos hídricos, sea como drenaje o como recarga de acuíferos litorales.

Finalmente, se recomienda a los organismos competentes (CIC, CONICET, Municipios, Universidades, ONGs) promover investigaciones que intensifiquen el estudio de estas problemáticas, con la finalidad de conocer a fondo la situación para establecer normas y medidas de ocupación y manejo del espacio, tendientes a prevenir y en ciertas zonas mitigar el impacto de la erosión costera en la región, garantizando un desarrollo armónico y sostenible del ecosistema costero.

Referencias

- Bagnold, 1941. The physics of blown sand and desert dunes. Methuen (ed), London. 265 pp.
- Bértola, G., 2006. Morfodinámica de playas del sudeste de la provincia de Buenos Aires (1983 a 2004). *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 13(1):31-57.
- Bonaparte, J., 1960. La sucesión estratigráfica de Monte Hermoso (Provincia de Buenos Aires). *Acta Geológica Lilloana* III :273-290.
- Cabrera, H., 1941. Las comunidades vegetales de las dunas costaneras de la Provincia de Buenos Aires. *DAGI* 1(2):1-44.
- Cortizo, L. e Isla, F., 2000. Land-cover change and cliff retreat along the coasts of Necochea and Lobería, Argentina. *Memorias, IX Simposio Latinoamericano de Teledetección, Universidad Nacional de Luján-Sociedad de Especialistas Latinoamericanos en Percepción Remota, Cataratas del Iguazú, 6-10 de noviembre de 2000* :525-533.
- Dalla Salda, L. e Iñiguez, M., 1978. “La Tinta”, Precámbrico y Paleozoico de Buenos Aires. *Actas 7º Congreso Geológico Argentino, Neuquen*. :539-550.
- Del Río, J., López de Armentia, A., Alvarez, J., Bó. M., Martínez Arca, J. y Camino, M., 2004. Erosión costera por inducción antrópica en Quequén-Costa Bonita, provincia de Buenos Aires, Argentina. *4º Congreso Uruguayo de Geología y 2º Reunión de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial. Actas en CD, 7pp.*
- Fryberger, S. y Ahlbrandt, T., 1979. Mechanics for the formation of eolian sand seas. *Zeitschrift fur Geomorphologie, NF* 23(4):440-460
- Isla, F. y Fasano, J., 1987. Arenas litorales de la Provincia de Buenos Aires: recurso minero o recurso ambiental. *X Congreso Geológico Argentino, Tucumán, Actas* :79-82.
- Isla, F., Cortizo, L. y Schnack, E., 1996. Pleistocene and Holocene beaches and estuaries along the Southern Barrier of Buenos Aires. *Quaternary Science Reviews* 15(8-9):833-841.

- Isla, F., Bértola, G., Farenga, M., Serra, S. y Cortizo, L., 1998. Villa Gesell: un desequilibrio sedimentario inducido por fijaciones de médanos. *Revista Asociación Argentina de Sedimentología* 5(1):41-51.
- Isla, F., Rutter, N., Schnack, E. y Zárata, M., 2000. La transgresión Belgranense en Buenos Aires. Una revisión a cien años de su definición. *Revista Cuaternario y Ciencias Ambientales, Asociación Geológica Argentina*, 1:3-14.
- Isla, F., Bértola, G., Farenga, M. y Cortizo, L., 2001. Variaciones antropogénicas de las playas del sudeste de Buenos Aires, Argentina. *Revista Pesquisas em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande de Sul*, 28(1):27-35.
- Jackson, D. y Nevin, G., 1992. Sand transport in a cliff top dune system at Fonte de Tejha, Portugal. *Coastal dunes. Geomorphology, Ecology and Management: Proceedings of the III European Dune Congress*. Carter, Curtis y Sheehy-Skeffington (eds), Balkema, Rotterdam :81-92.
- Kokot, R. y Otero, M., 1999. Factores ambientales y de riesgo geológico en el área costera de Puerto Quequén, provincia de Buenos Aires. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente* 13:87-100.
- Kraglievich, J., 1959. Contribuciones al conocimiento de la geología cuartaria en la Argentina. IV - Nota acerca de la geología costera en la desembocadura del Arroyo Malacara (Provincia de Buenos Aires). *Comunicaciones del Museo Argentino de Ciencias Naturales B. Rivadavia, Geología*, I(17):3-9.
- López, R. y Marcomini, S., 1998. Manejo costero asociado a la erosión de playas en la Provincia de Buenos Aires. *X Congreso Latinoamericano de Geología*:373-377.
- López R. y Marcomini, S., 2000. Geomorfología y ordenamiento territorial del sector costero comprendido entre la ciudad de Miramar y el Arroyo Nutria Mansa, partido de General Alvarado. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 55(3):251-264.
- Marcomini, S. y López, R., 1999. Alteración de la dinámica costanera por efecto de la explotación de arena de playa, Partido

- de General Alvarado, Provincia de Buenos Aires, Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología 6(1/2):1-18.
- Marcomini, S. y López, R., 2005. Morfodinámica costera entre Punta Florida y Costa Bonita, Provincia de Buenos Aires. XVI Congreso Geológico Argentino, Actas, III:553-558.
- Marcomini, S., López, R. y Spinoglio, A., 2007. Uso de la morfología costera como geoindicador de la susceptibilidad a la erosión en costas cohesivas, Necochea, Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina 62(3):396-404.
- Mouzo, F., Garza, M., Izquierdo, J., y Zibecchi, R., 1974. Contribución al conocimiento del substrato en un sector de la Plataforma Continental Argentina entre Mar del Plata y Bahía Blanca. Contribución Científica 12, IADO, B. Blanca, 19 pp.
- Schnack, E., Fasano, J. e Isla, F., 1982. The evolution of Mar Chiquita lagoon, Province of Buenos Aires, Argentina. Holocene Sea-Level Fluctuations: Magnitudes and Causes. Colquhoun (ed.) IGCP 61, Univ. S. Carolina, Columbia, SC:143-155.
- Short, A. y Wright, L., 1984. Morphodynamics of high energy beaches: an Australian perspective. Coastal Geomorphology in Australia. Thom (ed.) Academic Press Australia:43-68.
- Tinley, K., 1985. Coastal dunes of South Africa. South African National Scientific Programmes Report N°109, CSIR, Pretoria. 300 pp.
- Violante, R. y Parker, G., 1993. Estratigrafía y rasgos evolutivos del Pleistoceno medio a superior - Holoceno en la llanura costera de la región de Faro Querandí (Provincia de Buenos Aires). Revista de la Asociación Geológica Argentina 47(2):215-228.
- Zárate, M. and Fasano, J., 1989. The Plio-Pleistocene record of the central eastern Pampas, Buenos Aires Province, Argentina: The Chapadmalal case study. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 72:27-52.
- Zavala, C., 1993. Estratigrafía de la localidad de Farola Monte Hermoso (Plioceno-Reciente). XII Congreso Geológico Argentino y II Congreso de Explotación de Hidrocarburos, Actas 2:228-235.

CONSERVACIÓN EN MÉDANOS: FRAGMENTACIÓN DE HÁBITAT Y DINÁMICA POBLACIONAL DEL TUCO-TUCO DE LAS DUNAS.

Matías S. Mora y Fernando J. Mapelli

Depto. Biología, FCEN

Universidad Nacional de Mar del Plata

El sistema de dunas costeras del sureste bonaerense comprende una estrecha franja de territorio entre las localidades de Necochea y Punta Alta, cuyo ancho varía entre 2 y 7 km (Frenguelli, 1928; Kittlein et al., 2004). Este sistema está constituido por médanos vivos, médanos fijos con pastizales psamófilos, y depresiones intermedanasas con presencia de vegetación asociada a ambientes inundados (principalmente juncales y totorales, *Schoenoplectus californicus* y *Typha latifolia*). Estos cordones y/o franjas medanosas se originaron como consecuencia de la fluctuación holocena del nivel del mar que originó abundante sedimento litoral, el que posteriormente fue desplazado hacia el interior del continente (Isla et al., 1996; Isla et al., 2001).

A nivel regional se puede considerar que el ambiente de dunas costeras es en gran medida continuo en dirección Este-Oeste, aumentando el grado de fragmentación al alejarse de la línea de costa (Kittlein et al., 2002; Mora, 2008). Sin embargo, en una escala de detalle, el sistema se halla interrumpido por ríos y arroyos, y por la presencia de villas balnearias y forestaciones artificiales. Así, en las últimas décadas se ha incrementado el desarrollo de forestaciones de especies exóticas, aumentando notablemente el grado de fragmentación del paisaje. Actualmente, la dinámica de las barreras continua siendo alterada localmente por fijación de médanos con forestaciones, desarrollo de actividades turísticas y el drenaje de los médanos principalmente en áreas urbanas. Los efectos combinados de estos factores han incrementado los problemas de erosión costera, de escasez y contaminación de aguas subterráneas y de fragmentación del hábitat para muchas especies que habitan este sistema (Isla et al., 2001; Mora, 2008).

La superficie original de la barrera Austral de dunas costeras de la provincia de Buenos Aires (136.401 ha. aprox.) ha sido modificada en un 4,3 %, solamente a través de forestaciones y/o urbanizaciones (Isla et al., 2001). Aún así, esta franja de dunas persiste como uno de los ambientes con menor alteración antrópica de la provincia de Buenos Aires y alberga una abundante riqueza y diversidad de especies animales y vegetales, muchas de las cuales son estrictamente endémicas de estos sistemas arenosos. Gran cantidad de especies de anfibios, aves, reptiles y mamíferos utilizan estos ambientes de dunas como refugio, sitio de reproducción y lugar de alimentación (ver Gallardo, 1970; Cabrera, 1979; Redford y Eisenberg, 1992; Cabrera y Zardini 1993).

La pérdida y fragmentación de hábitat no implica solamente una reducción en el área de hábitat disponible. Un patrón observado en varias especies animales es que una superficie de hábitat fuertemente fragmentado soporta menor densidad de individuos que la misma superficie de hábitat continuo (Laaksonen et al., 2008). Es por esto que la fragmentación de hábitat ha sido reconocida como una de las principales causas de pérdida de biodiversidad a nivel mundial (Laurance y Bierregaard, 1997). En este sentido, la fragmentación del hábitat de dunas costeras provoca el aislamiento de poblaciones naturales, interfiriendo con el flujo génico normal entre demos locales y reduciendo el tamaño efectivo de dichas poblaciones. Según Hanski (1994), el riesgo de extinción en poblaciones locales se incrementa con la reducción del tamaño de los parches; y a su vez, la colonización de parches vacíos de hábitat propicio para una especie depende directamente de la conectividad. Así, pequeñas poblaciones resultan más vulnerables a eventos azarosos, tales como fallas en la reproducción o disminución de la supervivencia (estocasticidad demográfica; Gaines et al., 1997).

La reducción de los tamaños poblacionales puede llevar a consecuencias extremas como lo es el efecto Allee (Allee, 1931), donde procesos tales como la habilidad reducida en encontrar parejas o la disminución del éxito reproductivo en

pequeños grupos puede conducir a una disminución en la tasa reproductiva o una caída de la tasa de supervivencia (Stephens y Sutherland, 1999). Además, estas poblaciones pueden ser más vulnerables a cambios ambientales naturales en el paisaje, tales como inundaciones, reducciones en el hábitat, períodos de aridez, o incendios (estocasticidad ambiental; Berger, 1990). En casos extremos, el incremento en el nivel de homocigosis de las poblaciones, la expresión de alelos deletéreos, y el efecto combinado de estocasticidad demográfica y ambiental puede llevar directamente a extinciones locales (Gaines et al., 1997; Leijts et al., 1999).

La severidad de los efectos de la fragmentación de hábitat es a menudo dependiente de las características de las especies (Lawes et al., 2006). Características tales como la especificidad de hábitat, tamaño del área de acción, territorialidad, habilidades dispersivas, grado de filopatría, y capacidad de colonización, influyen la vulnerabilidad de las especies a la fragmentación (Jonsson, 2003; Lawes et al., 2006; Laaksonen et al., 2008). En este contexto, especies territoriales con grandes áreas de acción y alto grado de filopatría son particularmente propensas a los efectos de la fragmentación de hábitat. Además, la habilidad de las especies para persistir en paisajes fragmentados se encuentra directamente relacionada con sus habilidades dispersivas y de colonización (Hanski, 1994).

Ctenomys australis (conocido vulgarmente como “tucutuco de las dunas”) es un roedor subterráneo estrictamente endémico del sistema de médanos del sureste bonaerense. Su presencia está restringida a la primera línea de dunas costeras desde el suroeste de Necochea hasta las inmediaciones de Punta Alta (Fig. 1; Contreras y Reig, 1965; Mora et al., 2006, 2007) y es notablemente evidenciada por los montículos de arena producto de su actividad de excavación (Fig. 2). La especie muestra una alta especificidad de hábitat; encontrándose restringida a hábitats con substratos arenosos y poco compactos, con escaso o nulo desarrollo del suelo y con cobertura de vegetación relativamente escasa en comparación con otras especies del

género (Malizia et al., 1991; Zenuto y Busch, 1995, 1998; Mora et al., 2007).



Fig. 1. Mapa mostrando la distribución costera de *C. australis* en el sureste de la Provincia de Buenos Aires, desde la localidad de Necochea hasta la localidad de Punta Alta.

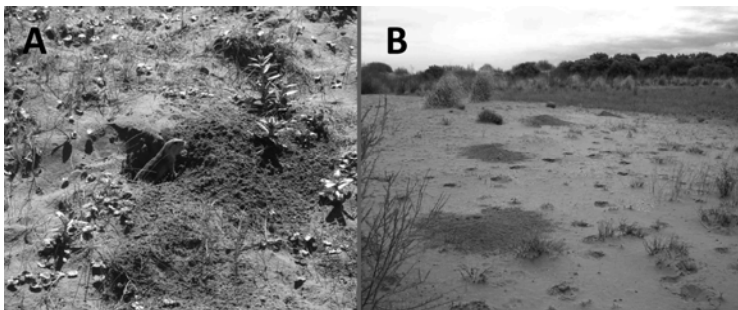


Fig. 2. A: Ejemplar de *C. australis* en su ambiente natural. B: Montículos de arena, producto de la excavación del tuco-tuco de las dunas.

Como todas las especies del género, *C. australis* presenta limitadas capacidades dispersivas y los individuos se hallan comúnmente agrupados en pequeñas poblaciones (Busch et al., 2000; Mora, 2008). Además, es altamente territorial, presenta bajo potencial reproductivo y una alta especialización trófica (Zenuto y Busch, 1995, 1998). Es también una de las especies de mayor tamaño corporal dentro del género (250-590 g); lo que sumado a que habita una zona con baja productividad vegetal se ve traducido en un gran tamaño de área de acción (Mora, 2008). En conjunto, todas estas características sugieren que *C. australis* es una especie particularmente susceptible a los efectos de la fragmentación de hábitat, por lo que sumado al alto grado de endemismo, permitiría señalar que la especie presenta graves problemas de conservación, pudiendo estar expuesta a cierto riesgo de extinción (Kittlein et al., 2002; Mora, 2008).

En las últimas décadas se ha hecho cada vez más común el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) e imágenes satelitales en estudios sobre conservación y dinámica poblacional de especies animales y vegetales, proveyendo importante información sobre la complejidad y estructuración de los paisajes a gran escala, y mapeo de hábitats de numerosas especies (Agee et al., 1989; Pereira y Itami, 1991) y evaluar el impacto de los cambios ambientales sobre la distribución y dinámica poblacional de las especies (Johnston et al., 1988). Estas técnicas resultan de especial interés en especies con distribuciones bien definidas espacialmente, donde puede establecerse con relativa facilidad las características ecológicas de sus ambientes particulares y los límites de poblaciones o metapoblaciones potenciales.

C. australis habita exclusivamente un hábitat dentro del sistema de dunas costeras fácilmente identificable en imágenes satelitales. Por otro lado, a consecuencia de sus actividades excavatorias, la determinación de la ocupación efectiva del ambiente no permite ambigüedades (ver Fig. 2). En este sentido, *C. australis* presenta notables ventajas para la aplicación de las bondades de los SIGs y análisis de imágenes satelitales; constituyéndose en un modelo ideal para evaluar cómo la fragmentación de hábitat puede impactar en la dinámica y

viabilidad poblacional. En este capítulo se evalúa del grado de fragmentación del ambiente de dunas costeras de *C. australis* y el grado de subdivisión poblacional a partir del análisis combinado de imágenes satelitales LANSAT ETM+ y datos sobre movimientos de los individuos, analizando el impacto de la estructura espacial del hábitat sobre la ecología poblacional de esta especie.

Fragmentación del hábitat del tuco-tuco de las dunas. Unidades de hábitat importantes para la conservación de esta especie.

La evaluación de la fragmentación del hábitat de una especie constituye un tema central en ecología del paisaje. Este proceso no sólo lleva directamente a la reducción del área total de las poblaciones, sino que además influye sobre las tasas de extinción y recolonización de parches de hábitat, y sobre la migración de individuos (Donovan et al., 1995; Mora, 2008).

En función de analizar la configuración y extensión del ambiente de dunas adecuado para *C. australis*, se tomó la posición geográfica de más de 450 individuos en 9 localidades distintas a lo largo de toda la distribución de la especie entre Necochea y Pehuen Có (Fig. 1). Se analizaron las características de las 7 bandas de las imágenes ETM+ (firma espectral) para estos sitios, y se determinaron áreas potencialmente ocupables por esta especie (Fig. 3). Esta aproximación permitió incluir la información correspondiente a sitios con suelos de características diferentes al hábitat en donde fueron relevados los montículos de esta especie (ej. áreas de pastizal intermedanoso, sustrato arcilloso, forestaciones, arroyos).



Fig. 3. Imagen LANDSAT ETM+ mostrando un área de 27 km de extensión con el paisaje típico habitado por *C. australis* en las dunas costeras del sureste de la Provincia de Buenos Aires. Los puntos oscuros sobre los médanos representan áreas óptimas para la ocupación de la especie.

Además, a partir de datos de la literatura (Sutherland et al., 2000), se utilizó la distancia media de dispersión para un herbívoro subterráneo de tamaño similar al de *C. australis* (~450 m) para determinar unidades de hábitat próximas entre sí que podrían constituir subpoblaciones dentro del área total de distribución de la especie. Complementariamente, se utilizó una distancia de dispersión máxima (~1000 m) para definir unidades metapoblacionales a mayor escala en todo el rango de distribución de la especie. Según datos de literatura, una distancia de dispersión máxima de 1000 m es suficiente para considerar que las unidades de hábitat constituyen unidades poblacionales diferentes (ver datos en *Ctenomys flamarioni* de Stolz, 2006; y en especies de sciúridos, múridos y heterómidos, ver Hammond y Anthony, 2006). Luego de incorporar en el análisis las barreras dadas por cursos de agua de caudal considerable se pudo concluir que el área con hábitat adecuado para la presencia de *C. australis* en todo su rango de distribución fue sólo de 80,4 km², principalmente en sectores con muy baja cobertura vegetal entre dunas vivas y semifijas.

El paisaje se halla severamente fragmentado en unos 350 fragmentos, con superficies que oscilan entre 0.001 y 20 km² (con una media de 0.016 km²). El grado de fragmentación es mayor a mayor distancia de la costa, con fragmentos grandes y bien conectados cerca de la costa y fragmentos pequeños (0.0009-0.108 km²) con baja conectividad en áreas más distantes.

Utilizando el criterio de distancia de 1 km., e incluyendo también como límites naturales a las discontinuidades ocasionadas por los cauces de ríos y arroyos más importantes (Fig. 4), se determinó que estos fragmentos de hábitat quedaron incluidos en 15 unidades de paisaje. 6 estas unidades de paisaje resultaron importantes desde el punto de vista de la conservación:

1. Pehuen Có Oeste (3,5 km²)
2. Pehuen Có Este (5,5 km²)
3. Sauce Grande-Quequen Salado (11,6 km²)
4. Marisol-Claromeco (3 km²)
5. Claromeco-Arroyo Cristiano Muerto (13,13 km²)
6. Cristiano Muerto-Necochea (44,55 km²)

De este estudio, se destacan las áreas mayores ubicadas en los partidos de Necochea y San Cayetano (6), Tres Arroyos (unidad de paisaje 5) y Coronel Dorrego (3) (Fig. 4).

Debido a su ubicación central y la gran fragmentación del hábitat, el sector ubicado entre la localidad de Claromecó y la desembocadura del Río Quequén Salado representa una de las unidades de conservación más importantes del sistema de dunas costeras de esta especie (**Fig. 4**). Este análisis resalta la responsabilidad de ciertas localidades en relación a la preservación del hábitat de *C. australis*.

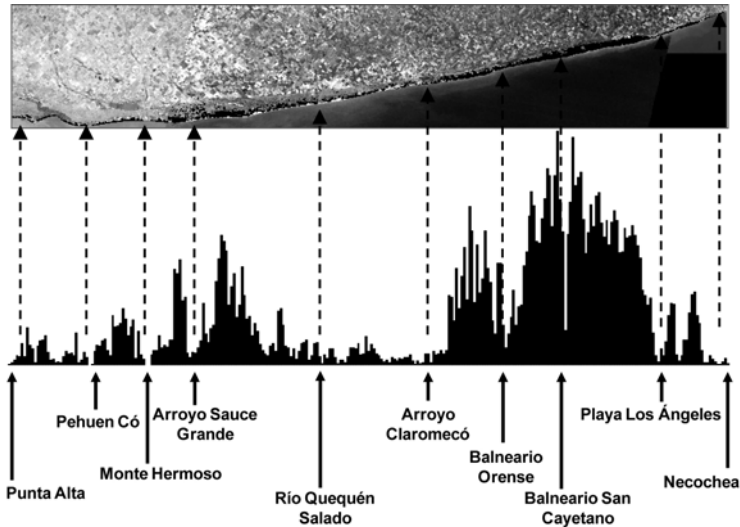


Fig. 4. Distribución del área de hábitat potencial de ocupación de *C. australis* (en negro) en todo el rango de distribución (300 km. aprox. desde Punta Alta hasta Necochea). El área de las unidades de paisaje (metapoblaciones) fue calculada a partir del criterio de distancia de 1000 metros. Las flechas indican las principales discontinuidades que cortan la distribución de la especie. La figura corresponde a las bandas 1, 2, y 3 de tres imágenes LANDSAT ETM+ superpuestas.

Estimación de la abundancia poblacional.

Las estimaciones de los tamaños poblacionales de una especie resultan fundamentales tanto para fines de conservación de hábitats propicios como para el manejo de los recursos naturales en áreas que son impactadas directamente por las actividades antrópicas. Considerando diferentes aproximaciones a la capacidad de carga de individuos por área, los 80,4 km² potenciales, significarían una población de unos 106,000 individuos (Mora, 2008), lo que concuerda con estimaciones de censos de densidad de individuos realizadas a partir de datos de Malizia et al. (1991), y de Zenuto y Busch (1998). La unidad de paisaje 6 (San Cayetano-Necochea) podría albergar la mitad de

ellos (58.000 individuos) mientras que los médanos más occidentales sólo podrían albergar 7000 individuos.

Viabilidad Metapoblacional de *C. australis*.

Enfrentadas a la fragmentación de hábitat, la supervivencia de muchas especies es probablemente dependiente de su capacidad para persistir como una metapoblación (Lawes et al., 2006). La definición clásica de metapoblación (Levins, 1969) consiste en un conjunto de subpoblaciones en equilibrio entre extinción local y colonización en tiempo ecológico, y se relaciona con las consecuencias dinámicas de la migración entre poblaciones locales y las condiciones que determinan la persistencia de especies con poblaciones locales inestables. Esta idea original ha sido ampliada e incluye actualmente a muchos tipos de poblaciones estructuradas espacialmente. Así, el concepto de metapoblación implica un conjunto de poblaciones locales discretas donde ocurre la reproducción y que se hallan conectadas por migración (Hanski y Simberloff, 1997).

La teoría de metapoblaciones ha promovido un cambio radical en la biología de la conservación para especies que habitan ambientes fragmentados, sea natural o por efecto del hombre (Hanski, 1999; Hanski y Gilpin, 1997). La aproximación metapoblacional ha sido aplicada a una variedad de especies animales (ver Ester, 2000, Elmhagen y Angerbjorn, 2001) y ha sido ampliamente utilizada en la diagramación de planes de conservación (ver Lindenmayer y Possingham 1996, Gonzales et al., 1998).

En esta concepción, el movimiento individual es uno de los factores más importantes a considerar en el modelado de los efectos de la estructura espacial sobre los procesos ecológicos (Hanski, 1994; Tilman y Kareiva, 1997). Las distancias de dispersión son uno de los factores principales que determinan el funcionamiento de los sistemas metapoblacionales, afectando directamente a la tasa de recolonización posterior a procesos de extinción local, y determinando la extensión espacial de la metapoblación (Hanski, 1999). No obstante, el conocimiento de

la dinámica de metapoblaciones reales en paisajes fragmentados es todavía escaso (Harrison y Taylor, 1997).

El Modelo de Función de Incidencia (MFI) constituye uno de los más sencillos para describir la dinámica metapoblacional de una especie, permitiendo ser utilizado como herramienta para evaluar la viabilidad de una especie en paisajes fragmentados. El MFI considera que la probabilidad de que un parche de hábitat esté ocupado por una especie es consecuencia de las características del parche (área y conectividad) y de los efectos del paisaje sobre la supervivencia y movilidad de los individuos (Hanski, 1994, 1998; Hanski et al., 1996). Particularmente, el MFI está basado sobre dos efectos prácticamente universales de la fragmentación de hábitat sobre la dinámica poblacional (Hanski, 1994):

- 1) poblaciones locales ocupando pequeños fragmentos de hábitat presentan mayores probabilidades de extinción.
- 2) la probabilidad de recolonización de hábitat de parches vacíos disminuye con el incremento de la distancia a las otras poblaciones locales existentes en la trama de parches (Hanski, 1994, 1998; Tilman y Kareiva, 1997). Por ello, la persistencia a largo término de una especie en un paisaje fragmentado, como lo es el área central de la distribución de *C. australis*, depende directamente del tamaño y conectividad de los parches ocupados (lo que determina si las tasas de extinción serán altas o bajas), y de la habilidad dispersiva de la especie (lo cual influye sobre la tasa de recolonización).

A partir de un abordaje metapoblacional, se aplicó el MFI para estudiar la dinámica poblacional de *C. australis* en un sector de costa de 40 km, entre el Río Quequén Salado y Claromecó (Mora 2008). A partir de información recolectada en el campo sobre el estado de ocupación de los parches de hábitat en dicha área y con información referida a las tasas de dispersión máximas en esta especie, el MFI mostró una predominancia a que los parches de pequeños tamaños y más desconectados de la matriz del paisaje estuvieran desocupados (Fig. 5). Además, el

MFI predijo que las poblaciones locales ubicadas en hábitats de pequeño tamaño y con baja conectividad serían más probables a sufrir eventos de extinción local. Esto está de acuerdo con la teoría, la cual sugiere que poblaciones pequeñas serían más vulnerables frente a la estocasticidad demográfica y ambiental. Los resultados de las simulaciones del MFI en el sector analizado mostraron una probabilidad nula de extinción metapoblacional al menos en un intervalo de 200 años, con altos valores de porcentaje de ocupación de parches (Fig. 5).

El MFI destaca la importancia de parches ubicados en el centro de la matriz de paisaje, dándole menor importancia a los parches de los extremos del sistema y priorizando, en mayor medida, la conectividad en relación al área. Esto podría estar relacionado al sistema de distribución lineal que presenta *C. australis* a lo largo de la costa, lo que influye directamente en el sentido en que se desarrolla la migración de individuos entre diferentes demos. Esto demuestra la gran importancia que presentan las discontinuidades del paisaje en relación a la viabilidad de las poblaciones locales de *C. australis*, y sugiere una baja viabilidad de la especie ante posibles aumentos de la fragmentación del ambiente de dunas.

Criterios para la conservación de *C. australis*.

C. australis presenta poblaciones numéricamente menos abundantes que otras especies del mismo género (*C. talarum*, *C. mendocinus*), teniendo un rango de tolerancia de compactación del suelo muy restringido, principalmente ocupando sólo la estrecha franja de dunas costeras con suelos friables y escasa cobertura vegetal (Malizia et al., 1991; Zenuto y Busch, 1995, 1998). El ambiente de esta especie se encuentra sujeto a una fragmentación natural causada por pastizales intermedanosos y sistemas de lagunas y arroyos, y una fragmentación antrópica, causada principalmente por la presencia de forestaciones, urbanizaciones y el avance de la frontera agropecuaria. Dichas discontinuidades generan un importante nivel de aislamiento de los fragmentos de hábitat, en especial en el centro del área de distribución de *C.*

australis, teniendo implicancias en relación al flujo génico y la diferenciación en aislamiento de esta especie, tanto a pequeña escala como a nivel regional. A esto se suma la destrucción del ambiente de médanos causado por el pastoreo, la circulación de vehículos 4x4, y la contaminación de las aguas producida principalmente por agroquímicos.

En cuanto al valor de conservación para esta especie, se puede mencionar la importancia que presentan las unidades comprendidas entre Claromecó y Necochea (con gran superficie y continuidad), y entre el Río Quequén Salado y el Arroyo Claromecó (actualmente con alta fragmentación causada por fuertes discontinuidades en el paisaje).

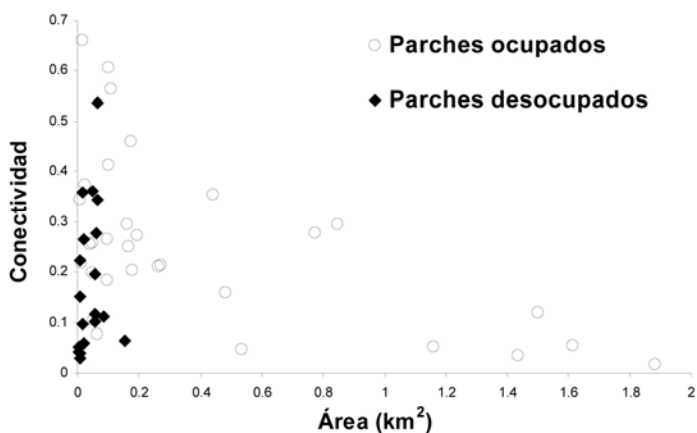


Fig. 5. Estado de ocupación de los parches de hábitat de *C. australis* en función del área (km²) y la conectividad. Este estudio fue realizado en un área costera ubicada entre el Río Quequén Salado y el Arroyo Claromecó.

A diferencia de otras especies del mismo género (ej. *C. talarum*, ver Busch et al., 2000; *C. mendocinus*, ver Rosi et al., 2002), *C. australis* presenta un área de distribución muy restringida, y constituye la única especie de mamífero endémica del sistema de dunas costeras del sureste bonaerense. Además,

otras especies de ctenomidos con distribución costera como *C. flamarioni*, *C. lami*, *C. minutus* y *C. pearsoni*, al igual que *C. australis*, también presentan serios problemas de conservación a consecuencia de la pérdida y fragmentación de hábitat debido a la explotación humana de los ambientes naturales costeros (desarrollo de balnearios, urbanización, forestaciones; Mora et al., 2006; Fernández-Stolz et al., 2007; Fernandes et al., 2007; Tomasco y Lessa, 2007).

Es importante resaltar que *C. australis* presenta tamaños de área de acción mayores en comparación a los tamaños reportados para otros roedores subterráneos y solitarios inferidos por métodos similares (*Ctenomys haigi*: 35.5-38.9 m², Lacey et al., 1998; *Spalax ehrenbergi*: 63 m², Kushnirov et al., 1998; *C. talarum*: 35-70 m², Cutrera et al., 2006), e incluso mayores a los informados en la especie social *Ctenomys sociabilis* (300-350 m², Lacey et al., 1997). Estas características determinan densidades muy bajas de *C. australis* al ser comparado con otras especies del género (Lacey, 2000).

Dado el extremo grado de endemismo que presenta *C. australis* y su alto grado de especificidad de hábitat, la preservación de la especie se halla fuertemente ligada a la preservación de la integridad de todo el sistema de dunas costero del sureste bonaerense. Por ello, en función de diseñar medidas que conduzcan a la preservación de este roedor y de su ambiente resulta necesario un mayor conocimiento de cómo la pérdida y fragmentación de hábitat afecta la dinámica y el flujo génico entre poblaciones.

Conclusiones y recomendaciones

1. Fundamentalmente, a través de políticas municipales que procuren evitar la fragmentación de hábitats de médanos vivos o poco vegetados, cercanos y alejados de la costa en los municipios de Necochea, San Cayetano y Tres Arroyos, no sólo lograrán evitar que se extinga el tuco-tuco de los médanos, sino que logran conservar un ecosistema de alta diversidad de especies animales y vegetales.

2. Resulta de gran prioridad la conservación de las franjas de médanos situadas entre el Río Quequén Salado y Necochea, ya que las mismas conforman las unidades de paisaje de mayor tamaño aptas para la ocupación de esta especie (el 82 % del área total disponible).
3. Es importante entender que la fijación de los médanos costeros por parte del hombre interrumpe la dinámica litoral natural. Los médanos conforman un reservorio de arena que es transportado por la corriente de deriva litoral, el que es redistribuido en el sistema de playas y asegura además un correcto escurrimiento de las aguas pluviales.

Bibliografía

- Agee, J. K., Stitt, S. C. F., Nyquist, M. y Root, R., 1989. A Geographic Analysis of Historical Grizzly Bear Sightings in the North Cascades. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 55(11):1637-1642.
- Allee, W.C. 1931. *Animal Aggregations, a Study in General Sociology*. Chicago: University of Chicago Press.
- Berger, J. 1990. Persistence of different-sized populations: an empirical assessment of rapid extinctions in big horn sheep. *Conservation Biology* 4:91-98.
- Busch, C., Antinuchi, C. D., Del Valle, J.C., Kittlein, M. J., Malizia, A., Vassallo, A. I. y Zenuto, R. R., 2000. Population ecology of subterranean rodents. En Lacey, E.A., J.L. Patton, y G.N. Cameron (eds.), *Life Underground*. University of Chicago Press. Chicago and London, 183-226.
- Cabrera, A.L. 1979. *Manual de la flora de los alrededores de Buenos Aires*. 2 edición. Editorial Acme, 755 pp.
- Cabrera, A.L., y Zardini, E.M. 1993. *Manual de la flora de los alrededores de Buenos Aires*. ACME, Buenos Aires.
- Contreras, J. R., y Reig, O. A., 1965. Datos sobre la distribución del género *Ctenomys* (Rodentia: Octodontidae) en la zona costera de la provincia de Buenos Aires comprendida entre Necochea y Bahía Blanca. *Physis* 25:169-186.
- Cutrerera, A. P., Antinuchi, C. D., Mora, M. S. y Vassallo, A. I.,

2006. Home-range and activity patterns of the South American subterranean rodent *Ctenomys talarum*. *Journal of Mammalogy* 87(6):1183-1191.

Donovan, T.M., Lamberson, R. H., Kimber, A., Thompson III, F. R. y Faaborg, J., 1995. Modeling the effects of habitat fragmentation on source and sink demography of neotropical migrant birds. *Conservation Biology* 9:1396-1407.

Elmhagen, B. y Angerbjörn, A., 2001. The applicability of metapopulation theory to large mammals. *Oikos* 94:89-100.

Esler, D. 2000. Applying metapopulation theory to conservation of migratory birds. *Conservation Biology* 14:366–372.

Fernández-Stolz, G. P., Stolz, J. F.B. y Thales, R.O. F., 2007. Bottlenecks and dispersal in the tuco-tuco das dunas, *Ctenomys flamarioni* (Rodentia: Ctenomyidae): in Southern Brazil. *Journal of Mammalogy* 88(4):935-945.

Fernandes, F. A., Fernández-Stolz, G.P. ., Lopes, C. M y Freitas, T. R. O., 2007. The conservation status of the tuco-tucos, genus *Ctenomys* (Rodentia: Ctenomyidae), in southern Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 67(4): 839-847.

Frenguelli, J. 1928. Observaciones geológicas de la región costanera sur de la Provincia de Buenos Aires. *Anales de la Facultad de Ciencias de la Educación, Paraná, Universidad Nacional del Litoral* 2:1-45.

Gaines, M.S., Diffendorfer, J.E., Tamarin, R.H. y Whittam, T.S., 1997. The effects of habitat fragmentation on the genetic structure of small mammal populations. *Journal of Heredity* 88:294-304.

Gallardo, J.M. 1970. Estudio ecológico sobre anfibios y reptiles del sudoeste de la provincia de Buenos Aires. *Rev. Mus. Cienc. Nat. "B. Rivadavia", Zool.*, 10(3):27-63.

Gonzalez, A., Lawton, J. H., Gilbert, F. S., Blackburn, J.M y Evans-Freke, I., 1998. Metapopulation dynamics, abundances, and distribution in a micro-ecosystem. *Science* 281:2045-2047.

Hammond, E.L., y Anthony, R.G., 2006. Mark-recapture estimates of population parameters for selected species of small mammals. *Journal of Mammalogy* 87(3):618-627.

Hanski, I. 1994. Patch-occupancy dynamics in fragmented

- landscapes. *Trends in Ecology and Evolution* 9(4):131-135.
- Hanski, I. 1998. Metapopulation dynamics. *Nature* 396:41-49.
- Hanski, I. 1999. *Metapopulation Ecology*. Oxford Series in Ecology and Evolution. Oxford University Press, 313 pp.
- Hanski, I., Moilanen, A., Pakkala, T. y Kuussaari, M., 1996. The quantitative incidence function model. *Conservation Biology* 10:578-590.
- Hanski, I., y Gilpin, M. E., 1997. *Metapopulation Biology: Ecology, Genetics and Evolution*. En *Metapopulation Biology: ecology, genetics and evolution* (Hanski, I.A., y M.E. Gilpin, Ed.), pp. 69-91. Academic Press, San Diego, California. USA.
- Hanski, I., y Simberloff, D., 1997. The metapopulation approach, its history and conceptual domain. En *Metapopulation Biology: ecology, genetics and evolution* (Hanski, I.A., y M.E. Gilpin, Ed.), pp. 5-26. Academic Press, San Diego, California. USA.
- Harrison, S. y Taylor, A. D., 1997. Empirical evidence for metapopulation dynamics. En *Metapopulation Biology: ecology, genetics and evolution* (Hanski, I.A., y M.E. Gilpin, Ed.), pp. 27-42. Academic Press, San Diego, California. USA.
- Isla, F. I., Cortizo, L. C. y Schnack, E. J., 1996. Pleistocene and Holocene beaches and estuaries along the Southern Barrier of Buenos Aires. *Quaternary Science Reviews* 15:833-841.
- Isla, F. I., Cortizo, L.C. y Turno-Orellano, H. A., 2001. Dinámica y evolución de las barreras medanosas, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Brasileira de Geomorfología* 2(1):73-83.
- Johnston, C.A., Detenbeck, N. E., Bonde, J. P. y Niemi, G. J., 1988. Geographic Information Systems for cumulative impact assessment. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 54:1609-1615.
- Jonsson, M. 2003. Colonisation ability of the threatened tenebrionid beetle *Oplocephala haemorrhoidalis* and its common relative *Bolitophagus reticulatus*. *Ecological Entomology* 28:159-167.
- Kittlein, M.J., Mora, M. S. y Vassallo, A. I., 2002. Características del hábitat del tuco-tuco de las dunas (*Ctenomys australis*):

- extensión, fragmentación e identificación de poblaciones locales. XVII Jornadas Argentinas de Mastozoología (SAREM).
- Kittlein, M. J., Vassallo, A. I., Mora, M. S., Durana, F., Ricciardulli, M. G. y Tizón, F. R., 2004. Dunas del Sureste Bonaerense. En: *Identificación de Áreas Valiosas de Pastizal en las Pampas y Campos de Argentina, Uruguay y Sur de Brasil* (Bilenca, D., y F. Miñarro, Ed.), pp. 76-77. Fundación Vida Silvestre Argentina. Buenos Aires, Argentina.
- Kushnirov, D., Beolchini, D., Lombardini, F. y Nevo, E., 1998. Radiotracking studies in the blind mole rat *Spalax ehrenbergi* (Abstract number 381). Euro-American Mammal Congress., 19-24 July 1998, Santiago de Compostela, Spain.
- Laaksonen, M., Peuhu, E., Varkonyi, G. Y Siitonen, J., 2008. Effects of habitat quality and landscape structure on saproxylic species dwelling in boreal spruce-swamp forests. *Oikos* 117: 1098-1110.
- Lacey, E. A. 2000. Spatial and Social Systems of Subterranean Rodents. En *Life underground: the biology of subterranean rodents* (Lacey, E.A., J.L. Patton, y G.N. Cameron, Ed.), pp. 257-293. University of Chicago Press, Chicago and London.
- Lacey, E. A., Braude, S. H. y Wieczorek, J. R., 1997. Burrow sharing by colonial tuco-tucos (*Ctenomys sociabilis*). *Journal of Mammalogy* 78:556-562.
- Lacey, E. A., Braude, S. H. y Wieczorek, J. R., 1998. Solitary burrow use by adult Patagonian tuco-tucos (*Ctenomys haigi*). *Journal of Mammalogy* 79:986-991.
- Laurance, W.F. y Bierregaard, R. O., 1997. *Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities*. University of Chicago Press, Chicago.
- Lawes, M. J., Fly, S., y Piper, S. E., 2006. Gamebird vulnerability to forest fragmentation: patch occupancy of the crested guineafowl (*Guttera edouardi*) in Afromontane forests. *Animal Conservation* 9: 67-74.
- Leijs, R., Van Apeldoorn, R. C. y Bijlsma, R., 1999. Low genetic differentiation in North-West European populations of the locally endangered root vole, *Microtus oeconomus*. *Biological Conservation* 87:39-48.

- Levins, R. 1969. The effects of random variation of different types on population growth. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA 62:1061-1065.
- Lindenmayer, D.B. y Possingham, H. P., 1996. Ranking conservation and timber management options for Leadbeater's possum in Southeastern Australia using population viability analysis. Conservation Biology 10:235-251.
- Malizia, A. I., Vassallo, A. I. y Busch, C., 1991. Population and habitat characteristics of two sympatric species of *Ctenomys* (Rodentia: Octodontidae). Acta Theriologica 36:87-94.
- Mora, M. S., Lessa, E. P., Kittlein, M. J. y Vassallo, A. I., 2006. Phylogeography of the Subterranean Rodent *Ctenomys australis* in Sand-Dune Habitats: Evidence of Population Expansion. Journal of Mammalogy 87:1192-03.
- Mora, M.S, Lessa, E. P., Cutrera, A. P., Vassallo, A. I. y Kittlein, M., 2007. Genetic structure and comparative phylogeography of two sympatric species of subterranean rodents: *Ctenomys australis* y *Ctenomys talarum* (Rodentia : Ctenomyidae) from mtDNA. Molecular Ecology 17:3453-3465.
- Mora, M.S. 2008. Biología Metapoblacional del tuco-tuco de las dunas (*Ctenomys australis*): efectos de la estructura espacial del hábitat sobre la ecología y genética poblacional. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Mar del Plata, 185 pp.
- Pereira, J. M. C. y Itami, M. R., 1991. GIS-based habitat modeling using logistic multiple regression: A study of the Mt. Graham Red Squirrel. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 57(11):1475-1486.
- Redford, K. H. y Eisenberg, J. F., 1992. Mammals of the Neotropics, Chicago.
- Rosi, M.I., Cona, M. I. Y Roig, V. G., 2002. Estado actual del conocimiento del roedor fosorial *Ctenomys mendocinus*, Philippi 1869 (Rodentia: Ctenomyidae). Journal of Neotropical Mammalogy 9(2):277-295.
- Stephens, P.A. y Sutherland, W. J., 1999. Consequences of the Allee effect for ecology and conservation. Trend in Ecology and Evolution 14:401-405.
- Stolz, J. F. B. 2006. Dinâmica populacional e relações espaciais

do tuco-tuco-das-dunas (*Ctenomys flamarioni* – Rodentia – Ctenomyidae) Na Estação Ecológica do Taim – RS/Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências.

Sutherland, G.D., Harestad, A. S., Price, K. y Lertzman, K. P., 2000. Scaling of natal dispersal distances in terrestrial birds and mammals. *Conservation Ecology* 4(1):16.

Tilman, D. y Kareiva, P., 1997. *Spatial Ecology: The role of space in population dynamics and interspecific interactions*. Monographs in population biology: 30. Princeton University Press, 368 pp.

Tomasco, I. H. y Lessa, E. P., 2007. Phylogeography of the tuco-tuco *Ctenomys pearsoni*: mtDNA Variation and its Implication for Chromosomal Differentiation. En: *The Quintessential Naturalist: Honoring the Life and Legacy of Oliver P. Pearson* (Kelt, D., E.P. Lessa, J. Salazar-Bravo, y J.L. Patton, Ed.), pp. 859-882. University of California Publications in Zoology 134:1-981.

Zenuto, R. R. y Busch, C., 1995. Influence of the subterranean rodent *Ctenomys australis* (Tuco-tuco) in a sand dune grassland. *Zeitschrift für Säugetierkunde* 60:277-285.

Zenuto, R. R. y Busch, C., 1998. Population biology of the subterranean rodent *Ctenomys australis* (Tuco-tuco) in a coastal dunefield in Argentina. *Zeitschrift für Säugetierkunde* 63:357-367.

Glosario

Alelos deletéreos: cualquier variante alélica de un gen que lleve a una disminución de la adecuación biológica del fenotipo de un organismo en relación a una variante alélica favorecida.

Demo: conjunto de individuos que se mantienen como unidades reproductivas discretas y que mantienen cierto nivel de aislamiento dentro de la misma población.

Tamaño efectivo de la población: se refiere al número de individuos capaces de reproducirse.

Estocasticidad demográfica: Fluctuaciones demográficas debidas a variaciones aleatorias de las tasas de natalidad y de mortalidad.

Estocasticidad ambiental: variaciones en el tamaño de las poblaciones como resultado de la variabilidad al azar del medio biológico y físico.

Filopatría: tendencia que presentan ciertos animales a permanecer en las proximidades de su sitio natal (fidelidad al territorio), en general resultando en tasas de dispersión y/o migración bajas.

Firma espectral: Registro de la distribución espectral y de las intensidades correspondientes de la energía reflejada o emitida por un objeto (o clase de objetos) por medio de las cuales se puede hacer una identificación. Forma en que una superficie interacciona con algún tipo de radiación.

Homozigosis: condición en la cual existen dos alelos idénticos en un mismo locus de cromosomas homólogos.

Radio-telemetría: aproximación que permite medir la ubicación espacial de objetos lejanos a través de la transmisión a distancia y la recepción de ondas de radio de diferente frecuencia.

LOS MEDANOS DEL PARTIDO DE SAN CAYETANO Y TRES ARROYOS, BUENOS AIRES

Luis Camilo Cortizo

CIC-UNMDP

Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario

En la costa de la provincia de Buenos Aires se han emplazado tres barreras medanosas (Oriental, Austral y de Patagones). Estudios científicos han demostrado que la máxima transgresión marina ocurrió hace unos 6000 años (Violante et al., 2004) evidenciado por rasgos geomorfológicos y depósitos conchiles en alturas superiores al nivel del mar actual (Schnack et al., 2005). Dichas barreras medanosas han evolucionado en forma diferencial y se han modelado por factores morfohidrodinámicos naturales e inducidos por efecto antrópico producto de su vertiginoso crecimiento con fines turísticos.

El sector costero medanoso de San Cayetano y Tres Arroyos se encuentra limitado al este por la desembocadura del Arroyo Zabala (38° 44'S, 59° 19'O) y al Oeste por el río Quequén Salado (38° 55'S, 60 30'O), abarcando una franja de 106 km de extensión por unos 3 km de ancho. La zona posee un clima templado húmedo con vientos predominantes del NO y N (Fig.1). Desde un punto de vista descriptivo fueron reconocidos tres ciclos medanosos distintos, distinguiendo médanos altamente humificados y oscuros, vegetados en destrucción de coloraciones pardas y médanos vivos actuales (Frenguelli, 1928). Dataciones radiocarbónicas sobre los suelos infrayacentes han corroborado distintos eventos de emplazamiento (Isla et al., 2001). Su morfología y dimensiones se encuentran condicionadas por la abundancia de arena, topografía de la planicie, clima (vientos, humedad), y factores inducidos.

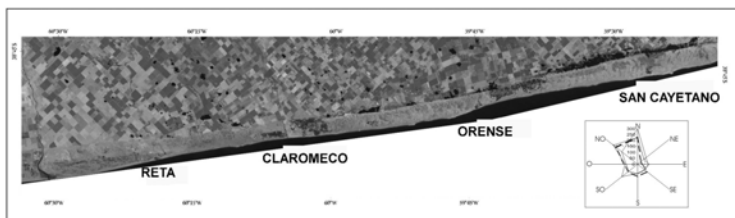


Fig. 1. Imagen Landsat TM de la barrera de San Cayetano y Tres Arroyos con rosa de vientos dominantes.

Geología y Dinámica

Estos médanos de edad holocena se encuentran emplazados sobre acantilados constituidos por limos loessoides entoscados y limos arenosos de edad Plio- pleistocena.

Un perfil próximo a la playa permite observar una serie de rasgos que en su conjunto interactúan en el modelado inicial del mismo aportando el material sedimentario y movilizándolo a lo largo de la playa distal por acción eólica (Fig.2).

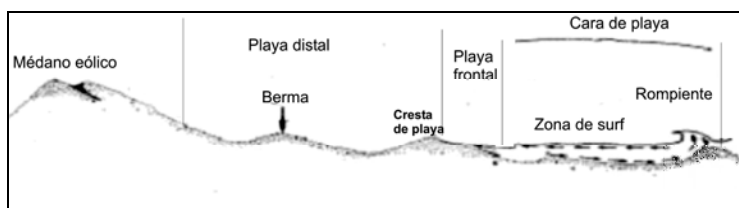


Fig.2. Perfil idealizado del sector playa- médano.

El campo de médanos se encuentra modificado por los vientos dominantes y el clima húmedo que permite el desarrollo de la vegetación natural de tipo pastura y arbustiva que inciden en la movilidad y entrapamiento de arena. Asimismo existe una selección del tamaño del sedimento (de medio a fino) desde el sector de playa hacia el interior (Teruggi, 1959). Un esquema clasificatorio básico según la posición respecto a los vientos

dominantes distingue las siguientes morfologías simples: médanos barján, transversales, parabólicos y en estrella estos originados por vientos multidireccionales (Mac Kee, 1979; Fig 3). Asimismo se utilizan criterios clasificatorios según su movilidad pudiendo distinguir médanos móviles, semifijos y fijos.

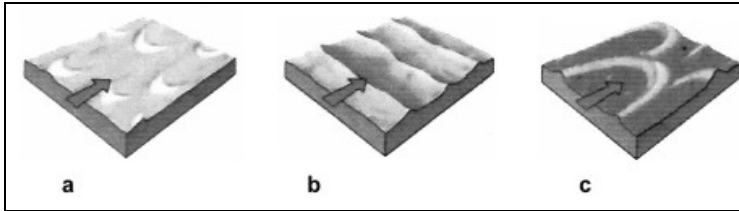


Fig.3. Principales morfologías básicas reconocidas en el área de estudio y su relación a los vientos que los genera. **A)** Barján, **B)** Transversal, **C)** Parabólico.

Utilizando fotografías aéreas y relevamientos de campo se han reconocido morfologías de médanos frontales respecto a su posición sobre el acantilado (médanos colgados, y colgados escarpados). En otros casos, altos médanos móviles aparecen sepultando el acantilado de escasa altura próximo a la línea de pleamares. Algunos autores han efectuado clasificaciones de médanos frontales en incipientes y estabilizados según su altura y al mismo tiempo en estacionales o colonizados (Hesp, 1984). En un perfil idealizado del médano se reconocen el pie, cara de reptación, cresta y cara de deslizamiento (Fig. 4). Su morfología puede ser descripta según ancho, alto, pendientes y orientación de las crestas. La estructura sedimentaria principal es la de capas entrecruzadas.

Modelos experimentales (Bagnold, 1941) permiten calcular una velocidad mínima de 5,5 m/seg para el inicio del movimiento de los granos de arena seca de la playa, así como que el mecanismo principal del movimiento es el de saltación. De acuerdo a estadísticas de frecuencias y velocidad de los vientos, la dinámica eólica es de baja variabilidad direccional y

de baja intensidad, exceptuando el accionar de los vientos del sur y sudoeste que resultan ser los más intensos.

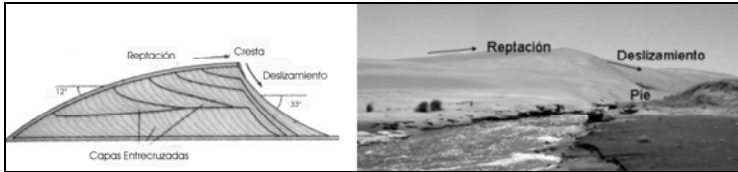


Fig. 4. Médano barjanoides en la desembocadura del Arroyo Cristiano Muerto

2. Partido de San Cayetano

Limitado por los arroyos de Zabala y Cristiano Muerto, este sector se caracteriza por la presencia de médanos transversos barjanoides móviles, los cuales se encuentran próximos a los sectores de pleamares con alturas variables entre 10 y 15 m. conformando médanos aislados y cadenas complejas y alargadas hacia el interior, orientando sus crestas predominantemente en sentido NNE-SSO, de perfil asimétrico. El área intermedanosa varía entre 200 y 400 m. Las formas parabólicas se reconocen en los sectores más estabilizados por la vegetación donde se suelen diferenciar morfologías simples y compuestas, anidadas, y digitadas (Barreto et al., 1997), que en general tienen una distancia y longitud entre brazos de 150 m, variando su altura entre 3 y 7 m con sus brazos apuntando en dirección O y ONO. En otros sectores existen transiciones entre formas barjanoides a parabólicas (Fig. 5).

Las variaciones en el clima y la movilidad de los médanos han dejado su impronta en la morfología medanosa (huellas de migración, rasgos de reactivación y formas no acordes con la dinámica actual). La estadística meteorológica 1950-1990 indica un incremento en las precipitaciones que favoreció el crecimiento de la vegetación natural y elevación de la napa freática. Esto ha disminuido la movilidad de los médanos originando modificaciones en su morfología (Cortizo et al ,2007).

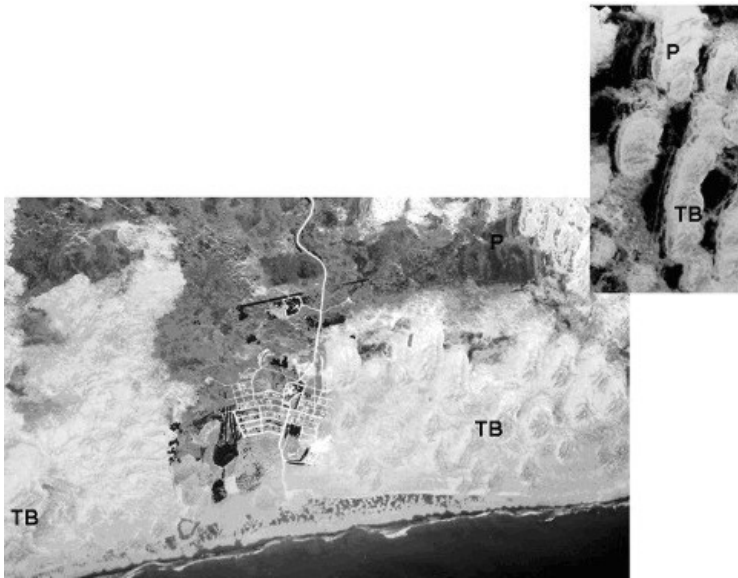


Fig. 5. Campo de médanos del Balneario San Cayetano donde aparecen morfologías transverso barjanoides (TB) y transiciones a formas parabólicas (P).

Un rasgo muy frecuente observado en las morfologías parabólicas es el desarrollo de hoyos en voladura sobre sus crestas y brazos que indica períodos de mayor actividad eólica. Las modificaciones observadas en el perfil de formas barjanoides, permiten determinar que la mayor erosión se produce en la pendiente de reptación y la acumulación en la cara de sotavento. El sector de la cresta es el sitio principalmente colonizado por la vegetación inicialmente a partir del cual se produce un cambio notable en la concavidad del perfil de médano a medida que la vegetación se va fijando. Esto evidencia el rol fundamental que ha ejercido el desarrollo de la vegetación en la evolución morfológica del campo de médanos reduciendo el denominado esfuerzo de corte y el consecuente transporte de arena.

En los períodos de abundantes lluvias, los médanos transversales actúan como obstáculo al natural escurrimiento de los arroyos produciendo anegamientos. Prácticas de canalización artificial sobre la franja medanosa han ayudado a escurrir las inundaciones de campos aledaños, como ocurrió a fines de 2002.

El único emprendimiento turístico desarrollado en la década de 1970 es el Balneario San Cayetano (38° 46'S; 59°22'O). Aquí la estrategia fundamental consistió en fijar de los médanos móviles del sector a partir del diseño de un enquinchado perpendicular a los vientos dominantes. Para ello se implementó el método de la cuadrícula, que consiste en receptáculos de unos 10m² constituidos de estacas de madera cuya función es proteger siembra de gramíneas en su interior, cubiertas por pajas de lino. A medida que dichas gramíneas se enraizaban el médano se estabilizaba, iniciando posteriormente la fijación hacia el continente con especies arbustivas y arbóreas.(Fig.6).

3. Partido de Tres Arroyos

Aquí se presentan las morfologías previamente descriptas, sin embargo se encontró que el campo de médanos fue más rápidamente modificado merced al emplazamiento de tres núcleos urbanos turísticos de importancia (Balneario Reta, Claromecó y Orense).

Dado la mayor extensión de sus playas (240 m promedio) (Isla et al., 2001), se debería esperar un mayor volumen de sedimento a intercambiar con el sector de médanos, sin embargo algunas prácticas como la forestación (vivero dunícola estación forestal San Francisco de Bellocq, creado en 1948) así como el desarrollo urbanístico han fijado grandes áreas de médanos reduciendo la acción de los vientos dominantes que anteriormente aportaban su material al sector de playa desde el continente (Fig 7).

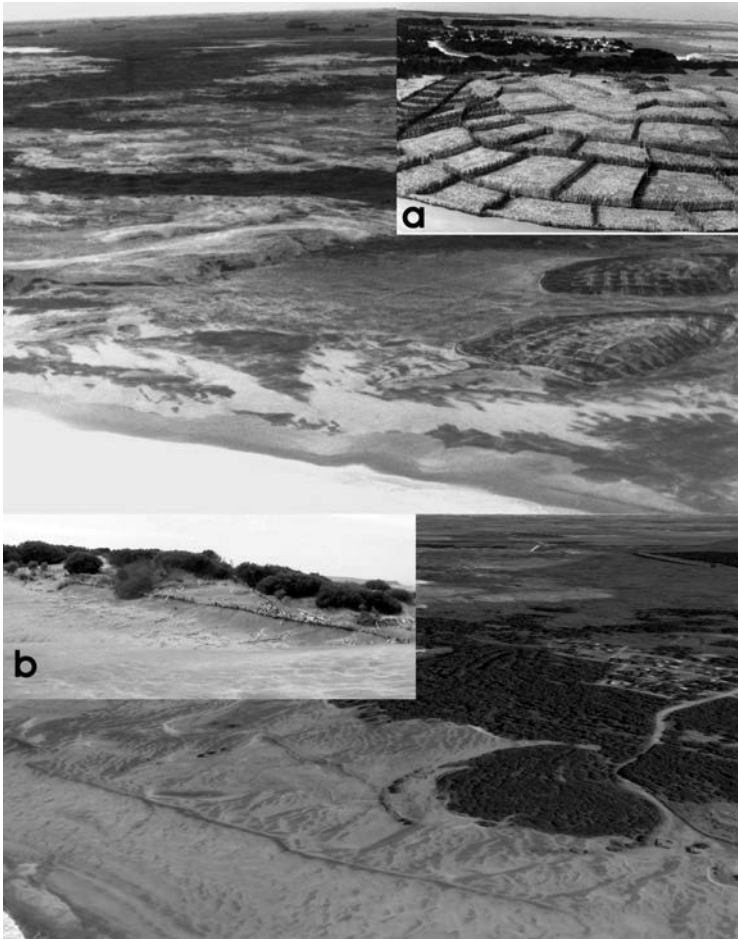


Fig. 6. En sus inicios se debieron aplicar técnicas de fijación de médanos (enquinchado y método de la cuadrícula) a los fines de estabilizar los medanos e iniciar el desarrollo del balneario San Cayetano(a) sector frontal, sin embargo antiguos tablestacados de madera no pudieron impedir que grandes volúmenes de arena continuaran migrando sobre el sector del camping elevando la altura de los médanos (b).

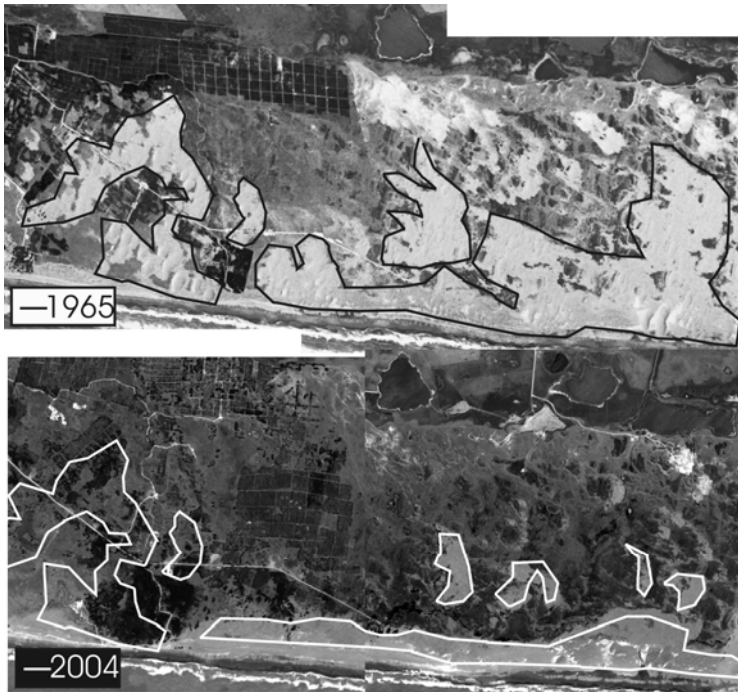


Fig.7. Sector Este del Vivero Forestal en Claromec6 donde se observa la fijaci6n de grandes m6danos transversales por efecto inducido y r6pido crecimiento de vegetaci6n natural de pasturas lo que increment6 la morfolog6a parab6lica reduciendo el 6rea de m6danos libres sobre la costa.

Asimismo el desarrollo de un nuevo emprendimiento urbanístico en el sector costero puede actuar como cortina de reparo en la migraci6n de m6danos, como puede observarse en la evoluci6n del balneario Reta fundado en 1929 (Fig. 8), donde tambi6n se observa la estabilizaci6n del m6dano frontal con especies arbustivas.



Fig. 8. El desarrollo urbanístico también ejerce su accionar reduciendo la influencia de los vientos más frecuentes del N y NO como se evidencia en la desaparición y degradación de médanos transversales en el sector de Reta.

El aumento de la humedad relativa ha favorecido la fijación de los médanos, como se reconoce al oeste del balneario Orense ($38^{\circ}48'S-59^{\circ}44'O$), donde se desarrollan morfologías parabólicas de distintas clases, abarcando un ancho aproximado de 1600m desde el límite con los campos cultivables hacia el mar. Sin embargo, en el sector de médanos móviles cercanos a la costa debió emplearse la técnica del cuadrículado a los fines de fijar y evitar el transporte de arena sobre el mismo balneario cuyo primer loteo data de 1951 (Fig. 9).

Mediante el uso de imágenes satelitales ha sido posible monitorear aspectos relativos a la morfodinámica del campo de médanos, abarcando grandes extensiones y permitiendo un análisis más detallado mediante elaboración de mapas temáticos a los fines de reconocer sectores de erosión –acumulación, migración de médanos, cambios de morfología etc; al respecto se

hace notar que siendo los vientos del SO y S los más intensos pero a su vez los menos frecuentes se evidencia un ritmo de migración lento ya que los vientos del sector continental (N y NO) predominan a lo largo del año (Fig.10) etc.

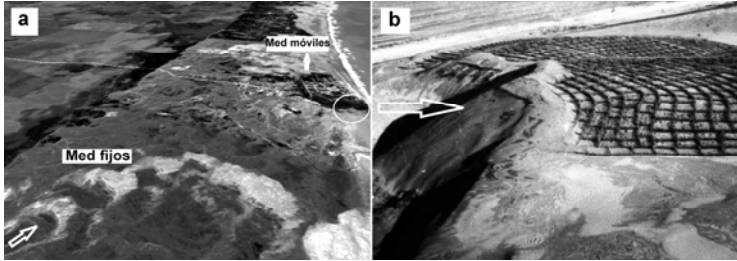


Fig. 9. Médanos fijos actuales al Oeste del Balneario Orense(a) y fijación de médano transversal móvil sobre su pendiente de barlovento en los inicios del desarrollo del balneario Orense (b), (modificado de Google Earth)

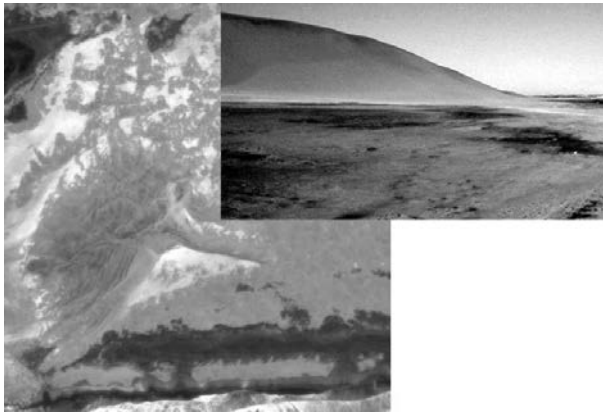


Fig. 10. Grandes Médanos móviles desprovistos de vegetación han migrado cortas distancias a los largo del tiempo en los sectores aledaños a la pleamar habiéndose reconocido fundamentalmente cambios en su morfología mediante uso de imágenes de satélite (cercanías de Orense).

4. Manejo Sustentable

El balance sedimentario entre el sector de playa-médano es posible teniendo en cuenta la dinámica eólica y parámetros oceanográficos (olas, corrientes y mareas). La recurrencia de tormentas es otro factor a tener en cuenta para analizar la estabilidad de los médanos litorales.

La barrera medanosa Austral comprendida en los partidos de San Cayetano y Tres Arroyos no se encuentra actualmente tan antropizada como ocurre en la barrera Oriental Punta Rasa-Mar Chiquita. Los médanos transversos barjanoides han reducido su migración y morfología sobre todo en el Partido de Tres Arroyos ampliándose los sectores con médanos semifijos y fijos representados por formas parabólicas. Los médanos vecinos a la playa (médanos frontales) deberían preservarse como defensa a los embates de tormentas sudestadas evitando construcciones artificiales sobre los mismos (loteo con fines urbanísticos, impermeabilización y descargas de excesos de lluvias; Bértola et al, 2005), fijándolos mediante enquinchados y pasturas pioneras. (Cabrera, 1940; Fig.11), así como especies arbustivas (*Tamarix*), las cuales poseen largas raíces y se adaptan bien al ambiente salino.

La traza urbana del Balneario Reta se presenta bien protegida por un médano frontal estabilizado con vegetación, en el Balneario Claromecó podría reducirse la avenida costanera protegiendo el tope de la barranca mediante médanos artificiales con pastura al igual que en el Balneario Orense.

Los volúmenes de sedimento acumulados en períodos de tormentas por migración de médanos deberían ser redistribuidos a los sectores de playa, a los fines de mantener un balance sedimentario.

En el Balneario San Cayetano se podría estabilizar la pendiente de reptación de los médanos en el sector NO lindero al camping mediante pastura poco densa a los fines de reducir la cantidad de arena que es transportada hacia ese sector, del mismo modo en el frente costero de dicho balneario se puede desarrollar un médano frontal artificial (detrás de las máximas

pleamares promedio) que con sentido O-E contribuiría a reducir el impacto de los vientos mas intensos del Sur y Suroeste.



Fig. 11. Médano frontal artificialmente estabilizado con matas de *Spartina elliptica* (A) mientras que en las depresiones intermedanasas suele aparecer *Cortaderia selloana* (B), entre otras gramíneas.

La práctica de transitar por los sectores de playa-médano mediante todo tipo de vehículo debería desalentarse ya que los mismos ocasionan la modificación del carácter natural del ambiente en cuanto a su dinámica y a su vez destruyen la vegetación y fauna natural del medio.

Los campos de médanos deben ser preservados como fuente reservorio de agua dulce y cualquier nuevo emprendimiento sobre los mismos debe ser evaluado mediante estudios de impacto.

Bibliografía

- Bagnold, R.A 1941. The physics of blown sand and desert dunes. London, Methuen, 265 pp.
- Barreto, A. M. F., Sugio, K., Branco, F. C. and Almeida, T. I. R., 1997. As Megadunas Parabólicas Comostas do Quaternário Tardío do Médio Rio São Francisco (Bahía) e sus Implicações. Resumos expandidos, VI Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário e Reunido sobre o Quaternário da América do Sul. ABEQUA, Curitiba, Brasil, 3-9.
- Bértola, G., Cortizo, L., Juarez, V., Serra, S. y Isla, F., 2005. Determinación de la problemática costera de las playas y médanos de los partidos de Tres Arroyos y San Cayetano, Buenos Aires, informe inédito, convenio CIC-UNMDP 66 pp.
- Cabrera, L. A., 1941. Las Comunidades vegetales de las Dunas Costaneras de la provincia de Buenos Aires. Laboratorio de botánica, dirección de Ganadería, Industria Pcia de Buenos Aires, 46 pp.
- Cortizo, L. C. e Isla, F. I., 2007. Evolución y dinámica de la Barrera Medanosa entre los Arroyos Zabala y Claromecó, partidos de San Cayetano y Tres Arroyos, Buenos Aires.
- Frenguelli, J., 1928. Observaciones geológicas en la región costanera sur de la Pcia de Buenos Aires. Anales de la Fac de Cien. De la Educ., T.II, Paraná, 145 pp.
- Hesp, P. A., 1984. Coastal Geomorphology in Australia. En TOM, B. G. (Ed.) Academic Press, London, 69 pp.
- Isla, F. I., Cortizo, L. C. y Turno Orellano, H., 2001. Dinámica y Evolución de las Barreras Medanosas, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Revista Brasileira de Geomorfología, 2, 73-83.
- McKee, M. D., 1979. Introduction to a study of global sand seas. En Mc Kee, M. D. (Ed.) a study of Global sand seas. U.S Geol. Survey, Prof. Paper 1052, 1-19
- Schnack, E. J.; Isla, F. I., De Francesco F. O. y Fucks, E. E. 2005. Estratigrafía del Cuaternario Marino Tardío en la Provincia de Buenos Aires. Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino, La Plata. Cap. X, 159-182.

Servicio Meteorológico Nacional, 2001. Estadísticas Climatológicas 1991-2000. Pub B1 125 pp.

Teruggi, M. E. 1959. Las arenas de la Costa de la Provincia de Buenos Aires entre Cabo San Antonio y Bahía Blanca. Boletín Ministerio de Obras Públicas, Serie 2(77):1-37.

Violante, R; Parker, G: y Cavalotto J., .2004. Evolución de las llanuras Costeras del Este Bonaerense entre Bahía Sanborombón y Laguna Mar Chiquita durante el Holoceno. Revista de la Asociación Geológica Argentina 56, 1, 51-66.

CONSERVACIÓN EN MÉDANOS: LA VEGETACIÓN DE LA COSTA BONAERENSE EN CORONEL DORREGO, MONTE HERMOSO Y CORONEL ROSALES.

Ana Laura Monserrat

*Laboratorio de Geología Marina y Dinámica Costera,
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA*

En la actualidad resulta relativamente fácil acercarse a un balneario de la costa marina de Buenos Aires y encontrarse con turistas que arriban todos los veranos con fines recreativos y de descanso. Si se le pregunta a cualquiera de estos visitantes cuál es la vegetación que conocen de la zona, típicamente contestará “tamariscos” o bien “pinos”. No es raro encontrar la misma respuesta al inquirir a un residente local. Lo extraño es que ambas especies mencionadas han sido introducidas por la actividad humana. Es claro que son muy pocas las personas que conocen la flora nativa de las barreras medanosas bonaerenses. Al pasear por sectores de la costa en donde aún se encuentran parches de pastizal pampeano, o lotes con algunas especies autóctonas, lo más común es encontrar que la población visitante, y también la residente, se queja por la existencia de esos “fachinales” o “baldíos”. La imagen de los bosques en Buenos Aires es mucho más popular que la de los pastizales, y si un ecólogo hace referencia al valor de la flora nativa de las dunas costeras, deberá acostumbrarse a la expresión de desconcierto del interlocutor.

En este capítulo se describe la estructura de la vegetación nativa de los campos de dunas de la costa bonaerense, con la esperanza de desterrar algunos mitos populares sobre la flora de los médanos y destacar algunos de los rasgos naturales que hacen que ciertos sectores de estas costas sean un tesoro ecológico.

1. Panorámica ecológica del paisaje costero bonaerense

Mediante imágenes satelitales y fotos aéreas, es posible recorrer virtualmente la zona costera y detenerse en aquellos elementos que indican rasgos de interés del paisaje. Hoy en día, cualquier persona interesada en el tema, puede visualizar por Internet la disposición de las barreras medanosas en la costa y evaluar el nivel de urbanización en las mismas. Asimismo, es posible reconocer las forestaciones y, para el ojo adiestrado, encontrar formas asociadas a ecosistemas prístinos.

La Barrera Medanosa Oriental (BMO), entre Punta Rasa y Punta Médanos, presenta un patrón de paisaje altamente urbanizado. En el Partido de la Costa, el paisaje actual se muestra casi totalmente modificado por el hombre. Sin embargo, al sur de la ciudad de San Clemente del Tuyú, se puede reconocer un sector que abarca más de 20 km de costa donde las formas del relieve conservan vestigios de su morfología original. Lamentablemente, estos ecosistemas ya han recibido el impacto de la actividad humana y su integridad se ha visto afectada. No obstante, el valor que este sector puede tener desde un punto de vista ecológico y educativo dista mucho de ser despreciable. Por ejemplo, las formas irregulares que se observan en las imágenes satelitales corresponden en este caso a médanos que aún conservan huellas de la estructura original. Las zonas más claras contienen médanos activos, donde la cobertura vegetal es escasa pero rara vez es nula. Las zonas más oscuras contienen otras especies vegetales y, en los sectores del relieve más bajo, la humedad permite la existencia de asociaciones de distintas especies. En muchos casos, allí se desarrollan “humedales”, es decir, ecosistemas que en algún momento del año se encuentran cubiertos por agua, con lo cual son zonas donde el agua es el principal factor controlador del medio y de la vida vegetal y animal asociada a él (Secretaría de la Convención de Ramsar 2006).

La costa cambia de ángulo al sur de Punta Médanos. Allí, si bien el paisaje está fragmentado por caminos marcados por los cuatriciclos, las dunas poseen especies nativas, y el paisaje

mantiene algunos rasgos de su forma previa a la explotación turística descontrolada. Más al sur, después de las ciudades y de los parches poligonales oscuros, que denotan las forestaciones, la franja de dunas más claras se ensancha. Desde una vista aérea estos médanos parecen estar desprovistos de vegetación, sin embargo esto no es cierto. Las dunas activas, aunque tengan gran magnitud, pueden contener especies adaptadas a un sustrato sometido a la modelación eólica. Estas especies, llamadas “psamófilas” (afines a la arena) y “xerófilas” (afines a la aridez) se distribuyen típicamente cubriendo muy poca superficie del médano, prefiriendo los lugares bajos sobre el cuerpo de la duna, y por ello en la imagen satelital ésta parece desnuda.

Debido a su valor como reservorios de recursos naturales, el gobierno de la Provincia de Buenos Aires y ciertos Municipios de la BMO dispusieron la protección de ciertas áreas mediante legislación. En particular, la reserva de Faro Querandí, de dominio municipal, y la Reserva Provincial Mar Chiquita, están protegiendo gran parte de los médanos costeros. Estas reservas merecen especial atención por parte de las autoridades, porque la BMO posee una flora original, una estructura ecológica propia. Debido a que el sector norte se encuentra en un estado en el cual muchas de sus características previas a la urbanización se han perdido, el sector protegido por estas reservas es lo último que queda de ese paisaje en un estado ecológicamente saludable. Los afloramientos que posibilitaron el establecimiento de la gran ciudad de Mar del Plata separan las dos barreras medanosas que la costa pampeana posee. Al sur de Miramar nace la barrera medanosa austral (BMA, sensu Isla *et al.* 2001), en dirección aproximada de este a oeste. En las imágenes satelitales de alta definición y fotos aéreas puede observarse que la costa presenta acantilados y que los médanos quedan colgados en gran parte de la BMA, sobretodo en sus extremos. La vegetación en esta región costera presenta un patrón espacial que parece estar perfectamente acoplado a la geomorfología. Los sectores en donde se observan patrones de líneas rectas en la vegetación corresponden a plantaciones de pinos o tamariscos, con lo que

las mismas pueden diferenciarse notoriamente de la vegetación espontánea.

El desarrollo urbano ha afectado la continuidad del paisaje natural costero en las dunas australes, principalmente en Necochea, Claromecó y Monte Hermoso. Sin embargo, la BMA tiene un desarrollo amplio en extensión y su geomorfología es muy diversa. Adyacente a la barrera de médanos activos, se encuentran médanos vegetados, con reactivaciones de escaso desarrollo en algunos sectores. Esta región ha sido declarada “área valiosa de pastizal” por el alto valor que posee para las aves que la habitan (Bilenca y Miñarro 2004). En el tramo oeste de la región, en los partidos de Coronel Dorrego, Monte Hermoso y Coronel Rosales, un antiguo campo de médanos no operativos, de gran extensión y complejidad estructural, se dispone adyacente al campo de médanos activos, limitando con el norte de la BMA.

De esta manera, entre las diferentes localidades balnearias del sector costero del distrito pampeano austral (*sensu* Cabrera 1971) se pueden apreciar formas naturales del relieve que caracterizan cada sector de manera particular. Ello permite la existencia de gran cantidad de comunidades vegetales que se adaptan a las diferentes condiciones ambientales actuales.

2. Coronel Dorrego: Remanentes de paisaje prístino

Es de particular interés ecológico el sector costero comprendido entre los ríos Quequén Salado y Sauce Grande (Pdo. de Cnel. Dorrego), donde el paisaje alcanza su mayor complejidad. Allí, las dunas activas de la BMA se intercalan con cordones litorales que dan paso al arroyo Los Gauchos. Detrás del campo activo las dunas fijas albergan vegetación de densa cobertura, y en las depresiones se forman cuerpos de agua cuya extensión varía en espacio y tiempo.

Son escasos aún los estudios en ecología realizados en esta área. La avifauna de la costa dorreguense cuenta con un estudio preliminar realizado por Folguera y Monserrat (2008). Blanco *et al.* (2001) mencionan la zona de playa de este sector en

un estudio sobre aves playeras de escala regional. Actualmente Celsi y Mac Lean (2009) desarrollan un estudio más profundo sobre las aves de la zona y la herpetofauna ha comenzado a ser relevada por Kacoliris y colaboradores (com. pers.). La fauna de mamíferos cuenta sólo con una mención acerca de la presencia del roedor endémico de las dunas, *Ctenomys australis*, (Mora *et al.* 2005). Por otra parte, los datos sobre vegetación son relativamente más completos. En un relevamiento de las plantas vasculares a lo largo de todo el frente costero del partido en una franja de un kilómetro, se encontraron 94 especies de plantas vasculares, de las cuales el 84% correspondió a flora nativa (Celsi y Monserrat 2009; Monserrat y Celsi 2009). En esta franja se encontró un predominio de especies herbáceas sobre leñosas (80-20), conformando asociaciones vegetales que se distribuyen en parches. Típicamente, las dunas costeras presentan vegetación distribuida en zonas, o parches, los cuales responden no sólo a las condiciones climáticas sino, especialmente, a las geomorfológicas (Doing 1985, van der Maarel 1993).

En la playa distal de la costa de Coronel Dorrego, se distribuyen matas aisladas de *Spartina ciliata*, un pasto rústico adaptado a las condiciones dinámicas del sustrato, el cual, modelado por el mar y el viento, mantiene cierta movilidad (**Fig. 1**). Esta gramínea habita la playa distal y montículos de arena frontales al mar de varios sectores de la costa pampeana.

Las dunas activas, tanto las halladas en el frente costero como las que se encuentran detrás de estas, y los montículos de arena móvil, poseen baja cobertura vegetal. Sin embargo existen especies con adaptaciones para sobrevivir sobre estas geoformas. Entre ellas se encuentran principalmente *Calycera crassifolia*, una hierba en cuyas hojas gruesas se almacena humedad y *Sporobolus rigens* una de las gramíneas de mayor porte de la región, que alcanza más de 1.5 m de altura, ambas frecuentemente distribuidas entre las dunas más frontales. *Hyalis argentea*, un bello arbusto de hojas plateadas y textura aterciopelada, que perfuma los médanos menos expuestos al mar con un aroma fresco, también vive en dunas activas. Intercalando con sectores de muy baja cobertura vegetal, es común encontrar estepas y pastizales

psamófilos, donde la vegetación es más densa. Allí domina otra gramínea, *Panicum urvilleanum* comúnmente asociada a un arbusto característico de las dunas costeras australes, que habita la costa desde Centinela del Mar hasta Península de Valdés, el *Senecio bergii* (Long 2002). Estas dos especies no forman comunidades en las dunas de la BMO, lo cual concuerda con un cambio en la fitogeografía regional entre las dos barreras medanosas (Cabrera 1941, Pfadenhauer 1993).



Fig. 1. Playa distal con matas de *Spartina ciliata*. Al fondo se observa el mar; a la derecha un tractor como referencia de tamaño (Pdo. de Cnel. Dorrego).

Al internarse unos metros hacia en el continente, estepas y pastizales pasan a caracterizarse por otras gramíneas, como *Imperata brasiliensis* (pastizales húmedos) y *Poa lanuginosa* (pastizales más secos). Sectores vegetados bien drenados conforman un mosaico con otros más bajos, donde se concentra la humedad. La mayor riqueza de especies se encontró

justamente allí, en montículos vegetados y bajos interdunales (Montserrat y Celsi 2009; Fig. 2). Los sectores mejor drenados son colonizados por densos arbustales (Fig. 2a, fondo), donde predomina por ejemplo *Baccharis divaricata* y, hacia el oeste, se suma la antes mencionada *Hyalis argentea*, ambas especies endémicas del país (Zuloaga y Morrone 1999). En los bajos interdunales, en cambio, es común encontrar pajonales de *Cortaderia selloana* (Fig. 2b) y hunquillares de *Juncus acutus* (Fig. 2a, primer plano), cuyas plantas albergan bajo su cobertura uno, o a veces dos, estratos de vegetación de alta riqueza específica (Montserrat y Celsi 2009).





Fig. 2. a) Hunquillar de *Juncus acutus* en primer plano, obsérvese el denso estrato de vegetación más bajo. Atrás un matorral de *Hyalis argentea*. **b)** Amplio pajonal de *Cortaderia selloana*, al fondo se observan forestaciones asociadas al balneario Marisol. (Pdo. de Cnel. Dorrego).

En el sector del arroyo Los Gauchos el paisaje se transforma, presentando una amplia planicie arenosa en la playa, que termina respaldada por cordones litorales. En estos últimos, se alinea la vegetación, alternando pastizales húmedos, en las crestas de los cordones, con hunquillares, en los bajos entre cordones. Los cursos de agua de este sector permiten la existencia de ecosistemas de humedal con especies adaptadas a crecer en altas concentraciones de sal, es decir “halófilas”. Allí se encuentran estepas y praderas de *Sarcocornia perennis*, *Spartina ciliata* y *Spartina densiflora*, y una gran diversidad de animales.

La diversidad de especies de fauna asociadas a la costa dorreguense es claramente significativa. En los relevamientos de reptiles se encontró gran diversidad de especies en la región costera austral (Kaccoliris *et al.* 2006). La lagartija de los médanos, *Liolaemus multimaculatus*, exclusiva de la costa medanosa argentina,

fue confirmada como habitante abundante en la costa de Coronel Dorrego, acompañada por 5 especies más de lagartijas (Kacolaris, com. pers.). La avifauna, por otra parte, incluye especies de alto valor de conservación que se encuentran actualmente amenazadas de extinción, como *Strunella defilippi* (loica pampeana, Celsi y Mac Lean 2009) y endémicas de la región pampeana, como *Asthenes hudsoni* (espartillero pampeano, Folguera y Monserrat 2008). Los muestreos de fauna efectuados hasta la actualidad indican que Coronel Dorrego tiene aun mucho por brindar al conocimiento científico en el campo de la ecología.

3. Pehuen-có y Monte Hermoso: historia grabada en las rocas y en las plantas

El Partido de Coronel Dorrego limita al oeste con el de Monte Hermoso. Antes de 1906, se denominaba “Monte Hermoso” a otro sitio de la costa, un sector que se encuentra más al oeste, en el actual Partido de Coronel Rosales. Ese sector contaba con una farola, que hoy yace en la arena, y que se denominaba “Farola de Monte Hermoso” (Fig. 3b). Corría el año 1906 cuando, en la antiguamente denominada Punta Catanga, se emplazó el Faro Recalada en su reemplazo. Esta estructura, de 67 m de altura (74 m sobre el nivel del mar, constituyendo aun hoy el faro más alto de Sudamérica), no fue ubicada en el mismo sector que la farola, sino en 4 hectáreas donadas en aquel entonces por el Sr. Dufour. Pocos años después, en los alrededores del Faro Recalada se construyó un hotel, y con él comenzó a crecer el balneario Monte Hermoso (Di Martino, com. pers). Cuando el balneario creció en población, constituyó un Partido en sí mismo. En la actualidad, es el destino de miles de turistas que visitan la costa en verano. A pesar de ello, a ambos lados del balneario aún es posible encontrar un paisaje de dunas con vegetación nativa que se ha preservado del crecimiento urbano.

Los campos de dunas de Monte Hermoso y Pehuen-có (balneario ubicado en el partido de Coronel Rosales) cuentan

con estudios de larga data. La avifauna posee registros publicados por la CIC (Bó y Darrieu 1991) y la fundación Tellus (Delhey *et al.* 1999). La tesis doctoral de Fontana (2004) indaga sobre las condiciones paleoambientales de la zona y la vegetación actual. Este sector también cuenta con estudios detallados de vegetación (Zalba y Nebbia 1999; Monserrat *et al.* 2006; Celsi y Monserrat 2008; Manchiola y Monserrat 2008). Las especies vegetales que se encuentran en este sector costero coinciden en gran parte con las encontradas en Coronel Dorrego. Sin embargo, la estructura del paisaje es diferente, es decir, el arreglo espacial de la vegetación y las asociaciones entre especies cambian nuevamente en esta porción de la costa.

El paisaje, al igual que en gran parte de la costa dorreguense, conforma una matriz de ambientes con parches de comunidades asociadas a los bajos interdunales (Fig. 3a). Estas depresiones contienen alta humedad y en algunos casos lagunas. Dado que el campo de dunas activo conserva movilidad, estas lagunas pueden ser soterradas por el avance de las dunas, así como pueden surgir de tiempo en tiempo nuevos ojos de agua.

La primera diferencia apreciable en este sector costero respecto del antes descrito, es la presencia de una plataforma de abrasión que aflora periódicamente cuando los sedimentos de la playa son llevados por el mar. Los médanos que quedan expuestos al frente costero poseen “escarpas”, es decir, planos de corte producidos, en este caso, por el embate de las olas), evidencia de eventos de erosión.



Figura 3. **a)** Mosaico de dunas vegetadas (al fondo), bajos húmedos (entre las dunas) y dunas activas (al frente). En primer plano se observan ejemplares de *Hyalis argentea* en flor. Pehuen-có (Pdo. de Cnel. Rosales). **b)** Médanos colgados sobre acantilado activo, vegetados con pastizal nativo y una especie invasora en primer plano, comúnmente llamada “uña de gato” (*Carpobrotus edulis*). Acantilados de Farola de Monte Hermoso.

La vegetación de este paisaje cuenta con al menos 75 especies de plantas vasculares, 87% de las cuales son nativas (Celsi y Monserrat 2008). Las comunidades se presentan ubicadas en estrecha relación con la geomorfología, presentando así un patrón espacial que responde a la altura, distancia al mar y geoforma en la que se encuentra. Los pastizales y pajonales se desarrollan en los sectores con menor movilidad del campo de dunas, así como también los matorrales psamófilos. Estos últimos se ubican en los sectores de mayor altitud, con especies leñosas de baja altura (Monserrat *et al.* 2006).





Fig. 4. a) Ejemplar de *Neosparton ephedroides* b) detalle de la flor. Fotos: Cintia Celsi. Pehuén-có (Pdo. de Cnel. Rosales)

La especie más carismática del lugar es *Neosparton ephedroides* (Fig. 4). Este arbusto sin hojas, posee tan pocos elementos, y tan humildes, en sus ramas, que es difícil de notar en el campo si no se lo conoce previamente. Esta población se clasificó primeramente como *N. darwinii*, recolectada en 1832 por Charles Darwin y clasificada como especie endémica de este sector por Hooker en 1876. Si bien había dudas sobre su parecido con *N. ephedroides*, una especie que vive en el norte y oeste del país, la confirmación sobre sus características diferenciales llegó en 1957 mediante un estudio morfológico. Pero este estudio fue rebatido al tiempo por otro análisis que mostró similitudes entre los ejemplares de ambas especies (Curino y Facchinetti 2004). Actualmente la población en

cuestión se considera taxonómicamente similar a las otras. Dado que la población de Pehuen-có, se restringe exclusivamente a un área de 1900 hectáreas aislada del resto de las poblaciones de *N. ephedroides*, ésta conserva un valor especial, en especial para los que investigan biogeografía y genética evolutiva (Zalba y Nebbia 1999, Manchiola y Monserrat 2008).

El sector antes denominado Farola de Monte Hermoso (Fig. 3b), al oeste del balneario Pehuen-có, también cuenta con una historia propia. Lo notable de este punto geográfico es que fue visitado por Charles Darwin. Al parecer, en la misma visita en que recolectó el debatido ejemplar de *Neosparton*, se vio obligado a subsistir con escasos recursos en el sitio varios días, porque el “*Beagle*” no lograba llegar hasta la costa para recoger al naturalista (González Martínez 1996). Afortunadamente, el lugar contiene suficiente material como para entretener a un naturalista por mucho tiempo. La paleofauna de este sector costero fue posteriormente estudiada por varios investigadores (Aramayo y Manera, 1996).

4. Manejo de la vegetación en la costa austral de Buenos Aires. Algunas recomendaciones

Las áreas con médanos más extensos, altos y complejos, se dan en aquellos lugares en donde los efectos de disturbio causados por el viento, y los efectos de fijación causados por crecimiento de plantas, son de fuerza equivalente (Doing 1985). Si otro disturbio, como por ejemplo la actividad humana se suma en esta ecuación, se podría generar un desequilibrio en los efectos, generando una pérdida en la complejidad estructural de los ecosistemas de dunas, con el consiguiente impacto sobre los recursos que contienen. La costa pampeana ya ha sufrido este proceso en gran medida, pero también cuenta con ciertos sectores de dunas cuya heterogeneidad espacial posee aún características que indican un estado de conservación óptimo o cercano al óptimo. Esos sectores, de alto valor, tanto para la investigación científica como para la conservación y el aprovechamiento de los recursos naturales, se encuentran en la

actualidad bajo amenaza de deterioro, reducción o extinción, a causa de diversos factores. Entre los más importantes factores se pueden mencionar: la urbanización, la falla en el control de la explotación de los recursos naturales (turismo, extracción de áridos, sustracción de moluscos), el desacierto en la planificación de obras (trazado de caminos y rutas, construcción de balnearios), y la introducción y expansión de poblaciones de especies exóticas invasoras.

Mediante relevamientos de campo es posible calcular el porcentaje de las especies encontradas que se desarrollaron históricamente en el lugar, es decir que se consideran especies nativas o autóctonas. Las especies que llegaron a estos ambientes por la acción directa o indirecta del hombre, por ejemplo por medio de la ganadería o la agricultura, son consideradas exóticas. En ciertas condiciones, estas especies pueden desplazar a las nativas y colonizar grandes áreas, constituyendo así una invasión. Los médanos de la costa pampeana fueron modificados en gran parte por la introducción de especies vegetales. En muchas oportunidades estas introducciones son intencionales (por ejemplo forestaciones de pinos y plantaciones de tamariscos, las que tienen como objetivo fijar las dunas para la posterior urbanización). Sin embargo, el peligro de invasión puede subestimarse en la planificación de plantaciones de especies exóticas. Por ello es necesario desalentar emprendimientos forestales en zonas aledañas a los sectores que aún conservan alto porcentaje de especies nativas, como la costa de Coronel Dorrego. Sólo el 0,6 % de los campos de dunas de la región presenta protección legal, con lo cual los ecosistemas costeros de la Pampa Austral están sub representados en el sistema de áreas protegidas (Monserrat y Celsi 2009). La implementación de una reserva natural en ese sector, medida que ha sido propuesta a las autoridades pertinentes (Celsi *et al.* 2007), con su debido plan de manejo y zonificación de actividades, sería la herramienta indicada para la conservación y desarrollo sostenible del lugar.

Por otra parte, el sector ubicado entre Monte Hermoso y Pehuen-có que aún no ha sido urbanizado ni forestado, también merece especial atención. La zona de playa, desde el pie de la

duna frontal hasta 5 m de profundidad en el mar, es actualmente reserva natural. Esa reserva tiene como objetivo conservar el patrimonio paleontológico de tres sectores costeros, uno ubicado justo al oeste del balneario de Monte Hermoso, otro a 3 km al este de la Villa Pehuen-có, y un tercero en la zona de Farola de Monte Hermoso. En este caso, considerando que el afloramiento de la playa que contiene fósiles probablemente continúe por debajo de los médanos, la medida de manejo recomendada es la extensión del área de reserva hacia el campo de dunas adyacente. Este sector de la costa bonaerense posee elementos históricos y paleontológicos de alto valor, pero también una estructura vegetal única con especies invaluable, que no cuenta con medidas de protección legal.

Consideraciones finales

1. La estructura de la vegetación es diferente entre los dos sectores de médanos pampeanos costeros, el oriental y el austral. Por ello, las reservas que conservan la flora y fauna de un solo sector no son suficientes para conservar una muestra representativa de toda la costa pampeana.
2. Es necesario delimitar zonas para su uso intensivo y zonas para su conservación, donde el uso de los recursos sea de bajo o nulo impacto. En este proceso corresponde contemplar tanto la zona oriental como la austral como regiones ecológicamente diferentes.
3. El paisaje de dunas costeras en la BMO ya ha sufrido impactos irreversibles por el uso humano y las modificaciones provocadas. Sin embargo, aprovechar el valor educativo de los sectores medianamente impactados, que aún conservan ciertas características propias del sistema de dunas sería una apuesta inteligente. De igual manera, estos sectores aun brindan servicios a las poblaciones residentes en las localidades adacentes a los mismo que deben ser apreciados.

4. Para poder elaborar un plan de manejo racional, es necesario contar con una evaluación y reevaluación periódica del valor de los servicios ecosistémicos en uso actual y de aquellos que podrían ser de uso potencial.

5. La situación de los ecosistemas de la BMA y sectores de dunas adyacentes es diferente a la de la BMO. En la BMA se encuentran áreas extensas que aún poseen valores naturales en buen estado de conservación, pero permanecen a merced del deterioro y reducción espacial ya que no poseen aún protección legal contra la modificación y sobreexplotación de sus recursos.

Agradecimientos

Agradezco a Cintia Celsi por las fotos cedidas, a Federico Kacoliris, Daniel Mac Lean y Vicente Di Martino por los valiosos aportes. Y especialmente a Juan Pablo Manchiola y Diego Urquiza por las acertadas sugerencias.

Bibliografía

Aramayo, S. A. y Manera de Bianco, T., 1996. Edad y Nuevos Hallazgos de Icnitas de Mamíferos y Aves en el Yacimiento Paleocitológico de Pehuen-có (Pleistoceno tardío), Provincia de Buenos Aires, Argentina. Asociación Paleontológica Argentina, Publicación Especial 4, 1º Reunión Argentina de Icnología: 47-57.

Bilenca, D. y Miñarro, F., 2004. Identificación de Áreas Valiosas de Pastizal (AVP's) en las Pampas y Campos de Argentina, Uruguay y Sur de Brasil. -1º ed.- Buenos Aires: Fundación Vida Silvestre Argentina, 2004. 352 pp.

Blanco, D., Dorio, P. y Kandus, P., 2001. Distribution and abundance of migratory shorebirds along the coasts of the Buenos Aires Province, Argentina: towards a model of habitat use and conservation guidelines. Final report to National Fish & Wildlife Foundation NFWF Project No. 00-268.

Bó, N. A. y Darrieu, C. A.. 1991. Ornitocenosis de un sector de la zona de dunas costeras de la Provincia de Buenos Aires. En Situación Ambiental de la Provincia de Buenos Aires. A. Recursos y rasgos naturales en la evaluación ambiental. H. L. López y E. P. Tonni, Coord. Comisión de Investigaciones Científicas. La Plata, 30p.

Cabrera, A. L. 1941. Las comunidades vegetales de las dunas costaneras de la provincia de Buenos Aires. D.A.G.I., La Plata, 1(2):1-44

Cabrera, A. L. 1971. Fitogeografía de la República Argentina. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. Vol. XIV, N° 1-2. Buenos Aires.

Celsi, C. E. y Mac Lean, H. D., 2009. Comparación de la avifauna asociada a la vegetación nativa y exótica en el sistema de dunas costeras del partido de coronel dorrego (Buenos Aires). XIII Reunión Argentina de Ornitología. 03 al 06 Junio 2009, Tañ del Valle, Tucumán.

Celsi, C. E. y Monserrat, A. L., 2009. La Vegetación Costera de las Dunas Pampeanas Australes: su valor ecológico para la conservación (Partido de Coronel Dorrego, Buenos Aires). Multequina. N°17.

Celsi, C. E. y Monserrat, A. L., 2008. Vascular plants, coastal dunes between Pehuen-có and Monte Hermoso, Buenos Aires, Argentina. Checklist 4(1): 37-46

Celsi, C. E., A. L. Monserrat, J. P. Carricart y H. D. McLean. 2007. Propuesta de Incorporación al Sistema de Áreas Naturales Protegidas de la Provincia de Buenos Aires. Reserva Natural Mixta de Objetivos Definidos Mixtos “Arroyo Los Gauchos”, Partido de Coronel Dorrego, Provincia de Buenos Aires. Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires, Expte. N° 22230-156/07.

Curino A. C. y Facchinetti, M.M., 2004. La nueva retama argentina de Darwin. Revista Ciencia Hoy en línea. Volumen 14- N° 83. Octubre Noviembre 2004 <http://www.ciencia-hoy.retina.ar/hoy83/retama.htm>

Delhey, J. K. V., Doiny Cabre, P. C. y Lejarraga, R. E., 1999. Aves de Pehuen-có. Tellus. Bahía Blanca. 63p.

- Doing, H. 1985. Coastal fore-dune zonation and sucesión in various parts of the world. *Vegetatio* 61: 65-75.
- Folguera, L. y Monserrat, A. L., 2008. Primer relevamiento de la avifauna de la zona costera del partido de Coronel Dorrego. III Congreso Nacional de Conservación de la Biodiversidad. FCEyN- UBA y Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Buenos Aires, Argentina. 11-14 Agosto.
- Fontana, S. L. 2004. Present and Past Coastal Dune Environments of South Buenos Aires Province, Argentina. *Acta Universitatis Upsaliensis. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology* 940.38 pp. Uppsala.
- González Martínez, H. V. 1996. El bosque junto al mar. *Memorias de Pehuen-Có*. 2da Ed. Harris y Cía. SRL. Bahía Blanca. 59p.
- Isla F. I., Cortizo L. C. y Turno Orellano, H. A., 2001. Dinámica y Evolución de las Barreras Medanosas, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Brasileira de Geomorfología* 2(1):73-83.
- Kacoliris, F. P., Horlent, N. & Williams, J. (2006) Herpetofauna, Coastal Dunes, Buenos Aires Province, Argentine. *Check List*, 2(3), 15-21.
- Long, M. A. 2002. *Senecio quequensis*, nuevo sinónimo de *Senecio bergii* (Asteraceae, Senecioneae). *Hickenia* 3(33):125-127.
- Manchiola, J. P. y A. L. Monserrat. 2008. Aspectos ecológicos de la población costera marina de *Neosparton ephedroides*. III Congreso Nacional de Conservación de la Biodiversidad. FCEyN- UBA y Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Buenos Aires, Argentina. 11-14 Agosto.
- Monserrat, A. L. y Celsi, C. E. (en prensa). Representatividad del paisaje costero pampeano en las áreas naturales protegidas del sur de Buenos Aires y un área clave propuesta como reserva natural "Arroyo Los Gauchos" (partido de Coronel Dorrego). *Bioscriba*.
- Monserrat, A. L., Celsi, C. E. y Codignotto, J. O., 2006. Zonificación de la vegetación asociada a la geomorfología costera entre Pehuen-có y Monte Hermoso. VI Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar. CENPAT/CONICET-

- UNPSJB- UTN (U.A. Chubut). 4 al 8 de diciembre de 2006. Puerto Madryn, Argentina.
- Mora, M. S., Lessa, E. P., Kittlein M. J. y Vassallo, A. I., 2006. Phylogeography of the subterranean rodent *Ctenomys australis* in sand-dune habitats: Evidence of population expansion. *Journal of Mammalogy*, v. 87 (6), p. 1192-1203.
- Pfadenhauer, J. 1993. Dry coastal ecosystems of temperate Atlantic South America. In: Van der Maarel, E. (Ed.), *Dry Coastal Ecosystems, Part B. Ecosystems of the World*, 2B. Elsevier, Ámsterdam, pp. 495-500.
- Secretaría de la Convención de Ramsar, 2006. *Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971)*, 4a. edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).
- Van der Maarel, E. 1993. Geographical and ecological types of dry coastal ecosystems. En. *Dry Coastal Ecosystems. Parte 2A.* (van der Maarel Ed.). Elsevier. Amsterdam, pp: 9-14.
- Zalba, S. M. y Nebbia, A. J., 1999. *Neosparton darwinii* (Verbenaceae), a restricted endemic species. Is it also endangered? *Biodiversity and Conservation* 8: 1585–1593.
- Zuloaga, F. O. y Morrone, O. (Eds.). 1999. *Catálogo de las Plantas Vasculares de la Argentina. Dicotyledoneae. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden* 74: 1-1246.

ASPECTOS ECOLÓGICOS DE *NEOSPARTON EPHEDROIDES*: LA “NUEVA RETAMA DE DARWIN”, UN SÍMBOLO DE PEHUEN-CÓ

Juan Pablo Manchiola

*Dirección Provincial de Recursos Naturales,
Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible (OPDS).*

Corría el año 1832 cuando Charles Darwin, el autor de “El Origen de las Especies”, libro que revolucionaría a las ciencias biológicas y cambiaría la visión del mundo que hasta entonces se tenía, se encontraba en las despobladas costas del sur de la Provincia de Buenos Aires, dentro de lo que en la actualidad se conoce como Partido de Coronel de Marina L. Rosales. Varado en esas playas, a la espera que su barco, el *Beagle*, llegara a la costa y lo condujera por nuevos derroteros, es fácil imaginar como el joven y todavía ignoto naturalista inglés abrió sus ojos a la naturaleza que lo rodeaba. Sobre los médanos vivos, con sus ramas verdes extendidas, un arbusto sin hojas despertó su curiosidad. Es de ese carismático arbusto que trata este capítulo.

Neosparton ephedroides es un arbusto autóctono que se encontraría, según los especialistas, en peligro de extinción en el territorio provincial (Delucchi y Correa, 1992). Se distribuye en las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán, Catamarca, Mendoza y La Pampa, siempre sobre suelos arenosos. En la provincia de Buenos Aires, la única población habita una superficie muy reducida en la franja medanosa costera del Partido de Coronel Rosales, en los alrededores del balneario Pehuen-có.

Un poco más de historia

Darwin, no conocía la especie y sospechando que se trataba de una novedad, la envió al Museo Británico de Londres para su estudio. El también célebre botánico Hooker, en 1876, determinó que se trataba de una nueva especie para la Ciencia, endémica para el sector relevado por Darwin (Curino y Facchinetti 2004) y la bautizó como *Neosparton darwini* – que

significa “Nueva Retama de Darwin” – por su aspecto exterior similar a la retama y en honor a su descubridor. Aunque posteriormente un estudio morfológico confirmó sus características diferenciales (Troncoso 1957), recientemente investigadores de la Universidad Nacional del Sur, demostraron similitudes entre *Neosparton darwinii* y *Neosparton ephedroides*, especie que vive en el norte y el oeste de nuestro país. Es por ello que, en la actualidad, se considera que la población localizada en Pehuen-có corresponde a la especie *Neosparton ephedroides*. Sin embargo, la nueva situación taxonómica no le resta interés desde el punto de vista científico. Dicha población, que estaría aislada geográficamente de las demás, se distingue del resto de las poblaciones de la especie en que es la única sujeta a la influencia del mar. Esto podría tener consecuencias desde el punto de vista evolutivo: la población local de Pehuen-Có podría estar diferenciándose evolutivamente con respecto a las demás poblaciones de la especie, adquiriendo su estudio una especial importancia desde el punto de vista de la biogeografía y de la genética evolutiva (Nebbia y Zalba 1999, Manchiola y Monserrat 2008). En este sentido, el aislamiento geográfico es un elemento clave en el proceso de diferenciación de formas y surgimiento de nuevas especies. Una población periférica, separada geográficamente y aislada reproductivamente respecto de las poblaciones centrales de la especie, puede seguir evolucionando de forma independiente, hasta convertirse, con tiempo suficiente, en una especie diferente (Mayr, 1954).

Características biológicas y ecológicas

En cuanto a sus características biológicas, *Neosparton ephedroides* es un arbusto muy ramoso y áfilo (que carece de hojas), que forma matas extendidas de uno a dos metros de altura. En primavera produce flores blanquecinas, muy parecidas a las de la “lantana”, de la que es pariente cercano, ya que ambos pertenecen a la familia de las Verbenáceas. (Fig. 1). Es de resaltar que la biología y la ecología de la población local son escasamente conocidas, por lo que se necesita de nuevos

estudios, en especial, de sus aspectos reproductivos, fundamentales a la hora de plantear estrategias de conservación.

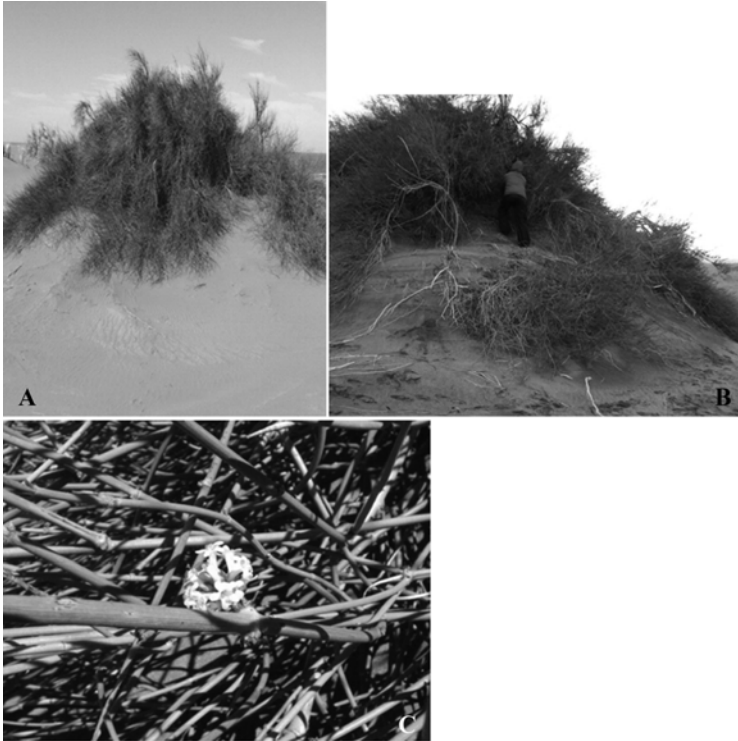


Fig. 1. Aspecto general de *N. ephedroides*: izquierda) ejemplar sobre duna activa; centro) tamaño relativo de individuo característico; derecha) detalle ramas e inflorescencia

En Pehuen-Có, la especie ocupa un área extremadamente reducida desde el punto de vista de la biogeografía, de sólo 1900 has, en los cordones de dunas que se encuentran a ambos lados, oeste y este del pueblo (Zalba y Nebbia 1999). Es una de las pocas especies vegetales nativas de la zona que está adaptada a vivir en los médanos “vivos” o “móviles” (que no están fijos por vegetación y que se encuentran

activos o en continuo movimiento) donde casi ninguna otra planta es capaz de establecerse y prosperar. También se la puede encontrar, asociada a otras especies vegetales, sobre los médanos fijos, y en los “bajos interdunales” o zonas de depresiones más húmedas entre los médanos. En las dunas vivas, móviles, se encuentran los ejemplares de mayor porte, mientras que los de menor tamaño crecen en las dunas fijas y en los bajos (Manchiola y Monserrat 2008). Entre las especies asociadas a *Neosparton ephedroides* (Fig.2), la gran mayoría nativas, se destaca la presencia de *Senecio bergii*, *Hyalis argentea* (olivillo), *Panicum urvilleanum* y *Calycera crassifolia*, en los médanos vivos y de *Discaria americana*, *H. argentea*, *Solidago chilensis* (vara de oro) y *Schinus johnstonii*, en las dunas fijas y bajos interdunales (Manchiola y Monserrat, 2008).

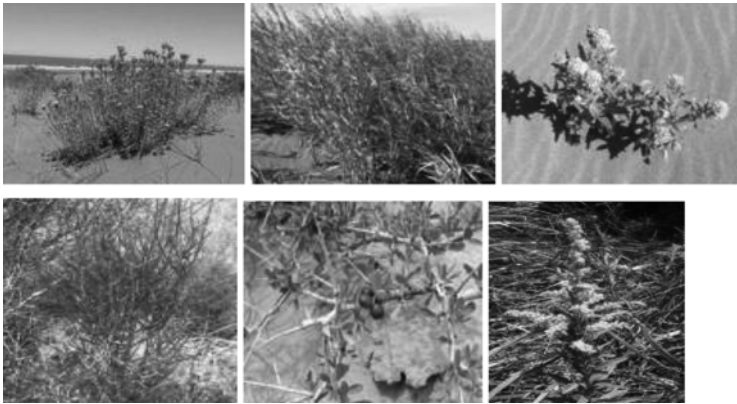


Fig. 2: Algunas especies acompañantes: primera fila izquierda) *Senecio bergii*; centro) *Hyalis argentea*; derecha) *Calycera crassifolia*; segunda fila izquierda) *Discaria americana*; centro) *Schinus johnstonii*; derecha) *Solidago chilensis*. Fotos: Cintia Celsi

Una población en peligro

En la Provincia de Buenos Aires, la única población de *Neosparton ephedroides* enfrenta serias amenazas para su supervivencia. En primer lugar, por su escasa distribución, puede

considerarse una especie rara y amenazada a nivel local, más aún si se tiene en cuenta el avance de las actividades humanas sobre la zona (Zalba y Nebbia 1999; Monserrat y Celsi 2005). En especial, el proceso creciente de urbanización, representado por la construcción anárquica y desordenada de viviendas, calles y avenidas costaneras, y la circulación no controlada de vehículos 4x4 en los médanos, impactan seriamente sobre la integridad de las dunas y su biodiversidad asociada, incluyendo a *Neosparton ephedroides*. Además, estudios realizados muestran que los ejemplares de la especie presentan parte de su estructura aérea expuesta al mar seca (muerta), por lo que sugieren que la cercanía al mar afectaría negativamente a los individuos de la especie (Monserrat y Celsi 2005). Esto adquiere especial importancia desde el punto de vista del cambio climático y del posible ascenso del nivel del mar (Brown y McLachlan, 2002). Por otra parte, una gran proporción de las semillas producidas por *Neosparton ephedroides* es al parecer destruida por un insecto parásito, endémico de Pehuen-Có (Zalbia y Nebbia 1999). Sin embargo, hacen falta estudios para confirmar esta hipótesis; ya que no se han encontrado retoños del arbusto en ninguna oportunidad, se piensa en la posibilidad de otros factores que estén restringiendo el crecimiento de la población.

Desde el punto de vista legal, la población local de *Neosparton ephedroides* está protegida por ordenanza municipal (Ordenanza N° 2099 del municipio de Coronel Rosales). Sin embargo, en la práctica, las amenazas citadas no se han eliminado, por lo que se necesita que los especialistas en conservación de la biodiversidad, en conjunto con los organismos de gobierno locales y provinciales con incumbencia en la temática, y sobre todo, con los distintos actores y organizaciones locales, elaboren un plan de manejo integral del área costera de Pehuen-Có que, sumado a una estrategia efectiva de educación, difusión y concientización, dirigida a los pobladores y a los turistas, impida que este emblema de Pehuen-Có y de las costas bonaerenses desaparezca.

Recomendaciones para su conservación:

Con el objetivo de conocer más acerca de la biología y ecología de *Neosparton ephedroides* en Pehuen-Có, y así contribuir a su conservación, desde la Dirección Provincial de Recursos Naturales del OPDS (Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible), en conjunto con investigadores del Grupo de Trabajo de Conservación Costera (GTCC), se desarrollaron trabajos de campo en la región. En primer lugar, se diseñó una estrategia de muestreo de la especie, para posteriormente efectuar un relevamiento a campo de su población, marcando con posicionador satelital GPS los distintos ejemplares encontrados y volcando en planillas los datos de altura, perímetro, porcentaje seco, cobertura y vegetación, entre otros parámetros.

En una primera etapa, se relevó el área comprendida entre Pehuen-Có y la localidad de Monte Hermoso, hacia el lado oeste del pueblo. Los datos allí obtenidos fueron procesados, volcados en un mapa (Fig. 3), analizados y presentados en el último Congreso Nacional de Biodiversidad (Buenos Aires, agosto de 2008). La siguiente etapa, a desarrollarse durante el año 2009, planea la realización de un nuevo muestreo, esta vez en el área comprendida hacia el este de Pehuen-Có, en los médanos que se prolongan hasta lo que se conoce como Farola Monte Hermoso, donde también se detectó la presencia del arbusto. La realización de sucesivos muestreos en la zona permitirá completar el mapa de distribución de la especie y conocer más acerca de su estado de conservación.



Fig. 3. Detalle del área de estudio: Cada punto amarillo corresponde a un individuo de *N. ephedroides* muestreado. Se incluyó una porción de Pehuen-có, la localidad más cercana. Se indican las coordenadas geográficas de las esquinas del mapa. Imagen tomada de Google Earth (www.googleearth.com).

Como resultado preliminar, se considera que para favorecer la conservación de *Neosparton ephedroides* a mediano y largo plazo, es necesario incorporar la totalidad de los cordones medanosos que constituyen el hábitat del arbusto, al área de la Reserva Provincial Geológica y Paleontológica de Pehuen-Có, que en la actualidad sólo protege un sector de playa que contiene huellas de fauna fósil de distintos períodos geológicos. Cabe resaltar que esta opinión es compartida por los vecinos de la zona, nucleados en la Sociedad de Fomento de Pehuen-Có y por las autoridades del Museo Carlos Darwin de Punta Alta, por iniciativa de los cuales se creó la Reserva Provincial. De concretarse la ampliación de la Reserva se minimizarían, por medio de un plan de manejo adecuado, las distintas amenazas citadas anteriormente, en especial, aquellas derivadas del avance de las actividades humanas. De esta forma, conservando la integridad de los médanos que conforman su hábitat, se

contribuiría a asegurar la supervivencia a largo plazo de “La Nueva Retama de Darwin”.

Agradecimientos

Agradezco a Carlos Lasta y Manuel Ortale por haberme estimulado a escribir este capítulo. A Juan Manuel Fernández Bressa y Germán Larrán por las acertadas sugerencias. A Cintia Celsi, por el material fotográfico. Y especialmente a Ana Laura Monserrat y D’Antoni por sus valiosos aportes.

Bibliografía

- Brown, A. C. y McLachlan, A., 2002. Sandy shore ecosystems and the threats facing them: some predictions for the year 2025 *Environmental Conservation* 29 (1): 62-77).
- Curino A. C. y Facchinetti, M. M., 2004. La nueva retama argentina de Darwin. *Revista Ciencia Hoy en línea*. Volumen 14- N° 83. Octubre Noviembre 2004. <http://www.ciencia-hoy.retina.ar/hoy83/retama.htm>
- Delucchi, G. y Correa, R. F., 1992. Las especies vegetales amenazadas de la Prov. de Bs. As., CIC (Situación Ambiental de la Prov.). N° 14. La Plata.
- González Martínez, H. V. 1996. El bosque junto al mar. *Memorias de Pehuen-Có*. 2da Ed. Harris y Cía. SRL. Bahía Blanca. 59p.
- Manchiola, J. P. y Monserrat, A. L., 2008. Aspectos ecológicos de la población costera marina de *Neosparton ephedroides*. III Congreso Nacional de Conservación de la Biodiversidad. FCEyN- UBA y Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Buenos Aires, Argentina. 11-14 Agosto.
- Mayr, E., 1954. Change of genetic environment and evolution. Pp. 157-180 en: Huxley J., Hardy A. C. y Ford E. B. (eds). *Evolution as a process*. Allen & Unwin, Londres.
- Troncoso, N. S., 1957. El género “Neosparton” (Verbenaceae). *Darviniana* 1: 163-192.

Zalba, S. M. y Nebbia, A. J., . 1999. *Neosparton darwinii* (Verbenaceae), a restricted endemic species. Is it also endangered? *Biodiversity and Conservation* 8: 1585–1593.

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD A LA EROSIÓN DEL CORDÓN COSTERO EN EL PARTIDO DE LA COSTA

Carlos Lasta^{1,2}; Emiliano González¹; Eleonora Verón^{1,3}; Ayelén Mutti¹; Valeria Marchi¹, Leandro Ezpeleta¹ y Daniel Alonso¹.

¹ *Centro de Estudios Recursos Costeros, Partido de La Costa.*

² *OPDS, Dirección Provincial de Recursos Naturales³*
Universidad Nacional de Mar del Plata. CONICET

Las áreas costeras constituyen ambientes sumamente frágiles y dinámicos dada la multiplicidad de procesos naturales y antrópicos que en ellas se producen. Esta relación Sociedad-Naturaleza esta caracterizada por diferentes dinámicas entre los tiempos de la naturaleza y los del hombre, generalmente más cortos y bajo el dominio de una racionalidad netamente economista y una manifestación predatoria del espacio costero. Uno de los procesos principales que muestra esta situación, es el avance de la urbanización sobre las costas, producido por el crecimiento de las ciudades y de las actividades productivas, ya sean industriales, portuarias y/o turísticas, a lo que se le suman los efectos posibles por el calentamiento global y el aumento del nivel del mar. Esta ocupación de la costa se ha realizado sin una estrategia de planificación, que resguarde los procesos naturales que en su conjunto, sustentan la productividad del ambiente. Esta situación ha generado una alteración en el equilibrio de la dinámica natural costera, produciendo e intensificando fenómenos como el retroceso de la línea de costa y el descenso del nivel de playa. Estudios previos en la zona costera de la Provincia de Buenos Aires, han evidenciado en los partidos de Pinamar, Villa Gesell, La Costa y General Pueyrredón, un retroceso de la línea de costa de 1-2 m/año (Isla et al., 1998). En este escenario, el riesgo de erosión constituye un aspecto común en las zonas costeras bonaerenses, que necesita ser ponderado y monitoreado, con la finalidad de brindar una herramienta útil para la gestión de las áreas costeras. El riesgo es el daño esperado a partir de la probabilidad de que ocurran eventos de origen natural o humano valorados como peligrosos,

tomando en cuenta la vulnerabilidad de los elementos expuestos en un cierto sitio en un período de tiempo determinado (Cardona, 1993). Por lo tanto puede resumírsela como el resultado de la expresión Peligrosidad X Vulnerabilidad (Bennett y Doyle, 1997). De esta manera, y al definir los elementos que componen al riesgo, en el presente trabajo, se considerará a la vulnerabilidad como la susceptibilidad intrínseca de un elemento –el cordón costero- a sufrir daño causado por agentes externos (erosión costera). Su evaluación en particular es un medio fundamental para el ordenamiento territorial, especialmente cuando se trata de determinar la aptitud ambiental de posibles zonas de expansión urbana o de localización de nueva infraestructura (Cardona, 2001). A partir de lo expuesto, la finalidad del presente trabajo es aportar un método para la evaluación de la vulnerabilidad de erosión del cordón costero basado en el análisis de indicadores ambientales (geomorfodinámicos y antrópicos). A partir de ellos se plantea identificar áreas más o menos vulnerables ponderadas en 5 niveles: muy alta, alta, media, baja y muy baja.

El método se ha experimentado en el Partido de la Costa dado que es un distrito en el cual tanto la expansión urbana, como la localización de nuevas infraestructuras, son procesos constantes. El 60% del cordón costero del municipio está urbanizado a partir de la duna posterior llegando en algunos casos a ser removidas para diversos usos como bajadas de playas, construcción de balnearios, entre otras. Cuando las dunas son afectadas por la urbanización, extracción, nivelado y actividades recreativas, el límite con la playa sufre procesos erosivos por déficit de arenas y las playas se exponen a la acción destructiva de las ondas de tormenta. El sistema duna-playa es, entonces, un espacio frágil que requiere medidas de control y conservación (Schnack, 2001). Al ser un partido cuyo origen y desarrollo gira en torno a la actividad turística dependiente del atractivo de sus playas, realizar una evaluación de la vulnerabilidad de sus costas es primordial a la hora de planificar una gestión sustentable del espacio.

Caracterización del área de aplicación

El Partido de La Costa se encuentra situado al este de la Provincia de Buenos Aires, Argentina, desde Punta Rasa, en el extremo sur de la Bahía Samborombón, hasta Punta Médanos. Se extiende a lo largo de 96 Km de playas de tipo reflexivo, con pendiente suave, presencia de arenas finas y poca a nula diferencia entre los elementos propios de la playa (playa distal, berma y playa frontal) (Dadón, 2003). La morfología de la costa está representada por playas angostas de entre 40 m (Mar del Tuyú) y más de 120 m (San Clemente del Tuyú) y compuesta por una ambiente intermareal (playa frontal) con una pendiente suave, entre $0,9-1^\circ$ (Mar del Tuyú) y $1,7-2^\circ$ (San Clemente del Tuyú). Las playas son afectadas por la corriente de deriva litoral en sentido sur – norte, que moviliza los sedimentos en ese sentido (Mazzoni y Spalleti, 1978). El cordón costero comprende la playa (desde la línea definida por el nivel de bajamares medias hasta el espaldón ubicado al pie del médano) y las dunas (hasta la primer calle que la corta o, en caso de que la misma no exista, hasta la primer evidencia de ruptura del médano) y depende de los balances de movimiento de los sedimentos. En este artículo médano y duna son considerados como la misma estructura.

La erosión que sufre el cordón costero, es en ciertas zonas, un fenómeno natural que se intensifica por acción antrópica y se manifiesta como problema ambiental a lo largo del Partido de la Costa. En las localidades de Santa Teresita y Mar de Tuyú se estudiaron casos de erosión severa (Schnack et al., 1998), donde las crecientes urbanizaciones y las actividades extractivas llevaron a la destrucción de la duna costera. Por lo tanto, las áreas costeras son sistemas vulnerables, condición que será mayor o menor de acuerdo a las características intrínsecas de la misma para responder a la acción externa.

Método de evaluación de vulnerabilidad a la erosión costera

Existen en la literatura numerosos intentos por desarrollar métodos que permitan construir indicadores e índices para evaluar el comportamiento de las costas ante diferentes procesos como al aumento del nivel del mar (Pérez, et al., 1999; Martínez, N., 2001; Kotot, et al., 2004) o a la erosión del área costera (Marcomini, et al., 2007; del Río, et al., 2007). En el Partido de la Costa, Marcomini y Lòpez (2001) han evaluado la vulnerabilidad de la playa y duna costera a la erosión en la localidad de Las Toninas, basándose en la ponderación de cuatro indicadores (erosión de la costa, conservación de las dunas, erosión de playa y desagües pluviales) y realizando una matriz general de vulnerabilidad. El método planteado en el presente trabajo tiene la particularidad de basarse en la observación directa y la escritura de planillas sencillas en campo de manera tal que puede realizarse por variado personal y en periodos de tiempo cortos. Las variables consideradas para cada transecta de observación, constan de unas 100 observaciones. Esto posibilita un seguimiento periódico del estado del cordón costero y así poder contribuir de manera más eficaz a la toma de decisiones en la gestión local del espacio costero. El mismo se sustenta en la determinación previa de las unidades de estudio, en la construcción de indicadores ambientales cuantificados durante los relevamientos de campo y en la elaboración de coeficientes individuales de los tres parámetros que se tomaran como base para el cálculo de la vulnerabilidad a) el médano; b) la playa y; c) construcciones sobre playa y médano. Cada unidad espacial de trabajo, con su determinado valor Intrínscico de Vulnerabilidad, es influenciada de manera positiva o negativa, por las unidades contiguas. El criterio de influencia de la vecindad, ha sido ponderado mediante la determinación de la vulnerabilidad de cada unidad espacial, donde se conjugan los valores individuales de cada una de ellas.

Determinación de las unidades de estudio

La determinación de las unidades de estudio es establecida, en primera instancia, por la continuidad estructural del médano frontal, ya que los cortes transversales del médano indican la división de una unidad y la siguiente. El segundo criterio de división es la cobertura vegetal del médano, se considera una nueva unidad donde se produzca una variación de más de 25% de cobertura vegetal. En los sectores donde el médano frontal está totalmente removido se considera una unidad hasta que termine la línea de construcciones. Las bajadas de las calles a la playa se toman como unidades independientes de análisis.

Determinación de los coeficientes individuales

Para determinar el coeficiente propio a cada sector de la franja costera primero se evalúa por separado los sectores de playa, médano y construcciones, teniendo en cuenta sus características geomorfológicas, modificaciones y usos antrópicos. Cada indicador es ponderado con un valor determinado de acuerdo a su influencia o vinculación sobre los procesos erosivos en forma directa o indirecta. Aquellos elementos que son considerados negativos para el sistema se ponderan con valores negativos, a medida que los indicadores se asocian a un sistema estable se ponderan con valores más altos. Cabe aclarar que las ponderaciones se asignan no sólo por la presencia de un indicador ambiental, positivo o negativo, durante el análisis, sino por como ese elemento contribuya a la fragilidad del sistema.

- Coeficiente de Playa

A los fines de obtención de los indicadores se identifican dentro de este ambiente la playa proximal y distal (Fig. 1).

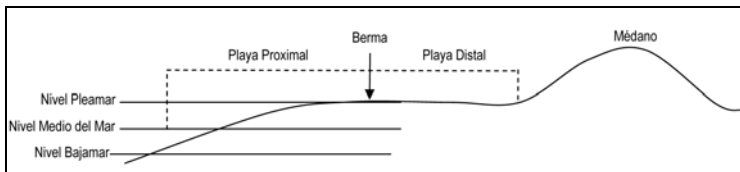


Fig. 1. Esquema de la estructura de la playa considerada en el trabajo

Para calcular el coeficiente de playa (Ecuación 1) se tienen en cuenta diversos indicadores que hacen referencia a la geomorfodinámica de la playa (Tabla 1).

$$CPI = \frac{PD}{4} + \frac{PP}{10} + BER + Ppp + Ppd + BAR$$

Ecuación 1 – Donde: CPI: Coeficiente de playa; PD: Ancho de playa distal; PP: Ancho de playa proximal; BER: Berma; Ppp: Pendiente de playa proximal; Ppd: Pendiente de playa distal; BAR; Barra longitudinal

Parámetro	Detalle Observado	Ponderación
Playa Distal (PD)	Ancho de Playa Distal	Medida en metros
Pendiente de Playa Distal (Ppd)	Ausencia	-1
	Leve	0
	Moderada	1
	Fuerte	2
Berma (BER)	Presencia	1
	Ausencia	0
Playa Proximal (PP)	Ancho de Playa Proximal	Medida en metros
Pendiente de Playa Proximal (Ppp)	Ausencia	-1
	Leve	0
	Moderada	1
	Fuerte	2
Barra Longitudinal (BARRA)	Presencia	1
	Ausencia	0

Tabla 1. Ponderación de los indicadores ambientales de la playa.

Las estimaciones de los valores que componen el cálculo de estos coeficientes se deben medir teniendo en cuenta los fenómenos de periodicidad. La medición de los parámetros de playa, como la longitud de playa distal o proximal, la presencia de berma y la pendiente de playa se deben medir y promediar durante un tiempo considerable, con la finalidad de reducir el error.

Longitud de la playa distal se toma desde el pié del médano, y en ausencia de este, desde la línea de construcciones hasta la berma de playa, entendiéndose esta como la zona alcanzada permanentemente por el nivel de las pleamares. En caso de no existir berma se mide hasta la línea de más bajas mareas.

Pendiente de la playa distal se considera ausencia a pendientes que tienen hasta $0,5^\circ$. Son leves las pendientes hasta 1° , moderadas cuando tienen de 1° a $1,2^\circ$ y fuertes a mayores de $1,2^\circ$.

Longitud de la playa proximal se toma la berma hasta la línea de la bajamar. En ausencia de berma se considera la extensión entre pleamar y bajamar.

Pendiente de la playa Proximal se considera ausencia a pendientes hasta $0,5^\circ$, leve a pendientes hasta 1° , se consideran moderadas cuando tienen de 1° a $1,5^\circ$ y fuertes a mayores de $1,5^\circ$.

Barra longitudinal (barras de lavado) y la **berma** se deben considerar cuando sean registradas en más del 75% de las observaciones para una unidad de análisis.

- Coeficiente de Médano

Como parte de las observaciones interesa identificar las características estructurales del médano (altura, ancho, etc), su continuidad o nivel de fragmentación, su estado general y las características de la vegetación que lo cubre.

En este programa de observaciones se plantea dividir al médano en 4 secciones paralelas a la costa **a) Pie de médano, b)**

Médano frontal, 3) Médano central, y 4) Médano posterior (Fig. 2).

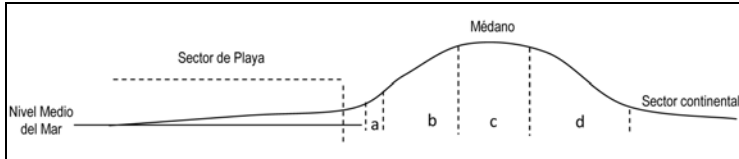


Fig. 2 . Esquema de la estructura del Médano: a) Pie de médano ;b) Médano Frontal; c) Médano Central y, d) Médano Posterior.

Sobre cada una de estas secciones se analiza un conjunto de parámetros que servirán para considerar el grado de conservación del médano o su grado de estabilidad.

Para el cálculo del coeficiente de médano (Ecuación 2) se deben determinar indicadores sobre la estructura, su protección y estado general (Tabla 2).

$$CMe = EM + COND + CV + PRO + ER + EST + ASED + PEN + CTRA + DEL + US$$

Ecuación 2 – Donde: CMe: Coeficiente de Médano; EM: Estructura del Médano; COND: Condición; CV: Cubierta Vegetal; PRO: Protección del Médano; ER: Evidencia de erosión; EST: Estado general del médano; ASED: Evidencia de acumulación de sedimentos; PEN: Pendiente del médano frontal; CTRA: Cortes transversales; DEL: Delimitación del médano; US: Usos del médano.

Las mediciones sobre la estructura del médano que se realizan a campo permiten determinar el coeficiente de este sector. Se atienden los parámetros que muestra la Tabla 2, ponderarlos de acuerdo a su vulnerabilidad sobre los procesos erosivos y su función de protección de las estructuras de los corredores urbanos.

En primer lugar se pondera la **estructura del médano** según sus dimensiones. Las mediciones se realizan sobre el ancho (considerado desde el límite de la playa distal hasta el final del médano posterior), la altura promedio del médano y la

extensión del mismo. Se toma como largo a la longitud de médano en su totalidad, si este fuese mayor que la unidad de análisis se debería incluir la totalidad de su extensión, incluso la que esté fuera de la unidad de análisis.

Parámetro	Detalle Observado	Ponderación	
		Urbano	Rural
Estructura del Médano (EM)	Estructura (ancho, largo y altura)	Cálculo de ponderación de la estructura del médano (Ecuación 3)	
		Urbano	Rural
Condición (COND)	Fijo	1	-1
	Semifijo	0	0
	Vivo	-1	1
Cobertura Vegetal (CV)	0-25%	-1	2
	25-50%	0	1
	50-75%	1	0
	75-100%	2	-1
Protección del Médano (PRO)	S/Protección	-1	0
	Cubierta Vegetal	2	2
	Enquinchado	0	1
	Geotextiles-Bolsas rellenas	1	1
	Piedras o similares	-1	0
Evidencia de Erosión (ER)	Si		-2
	No		2
Acumulación de sedimentos (ASED)	Presencia		1
	Ausencia		-1
Estado general del Médano (EST)	En Formación		0
	Estable		1
	Degradado		-1
	Destruído		-2
	Removido		-6
Pendiente del Médano Frontal (PEN)	Leve		1
	Moderada		0
	Fuerte		-1
Cortes Transversales (CTRA)	No Observados		0
	Paso Peatonal		-1
	Paso Vehicular		-3
	Drenaje Pluvial		-4
Delimitación del Médano hacia Tierra (DEL)	Calle de Tierra		-1
	Calle de Asfalto		-2
	Viviendas		-3
	Otras		0
Usos del Médano en general (US)	Circulación de Vehículos		-1
	Senderos		-0,5
	Otros		0

Tabla 2 . Ponderación de los indicadores ambientales del médano

Se estima una ponderación de esta estructura, calculando un coeficiente (Ecuación 1) basado en la comparación de las medidas obtenidas a campo del médano analizado en la unidad de estudio con las medidas mínimas que debe tener un médano en buenas condiciones para que cumpla las funciones de protección. Los valores de una estructural ideal se obtuvieron a partir de medidas de distintos médanos del Partido de La Costa que cumplen con la condición mencionada y no presentan signos de erosión severa. Las dimensiones mínimas de este médano ideal son de aproximadamente 65m de largo, con 25m de ancho y 2,5m de altura,

$$M = \left(\frac{x_1}{x} \right)^3 \cdot \left(\frac{y_1}{y} \right)^2 \cdot \left(\frac{z_1}{z} \right)$$

Ecuación 3 – Cálculo de la ponderación de la estructura del médano, donde: M: ponderación de la estructura; x_1 : Ancho del médano en la base; y_1 : Altura del médano; z_1 : Largo del Médano. x : 25 m; y : 2,5 m; z :65 m

Cuanto mayor es el valor obtenido se reducen las posibilidades de sufrir erosión y el médano protege mejor las estructuras que se encuentran detrás o sobre él.

El parámetro de **condición** del médano tiene en cuenta las siguientes variables:

Se considera **vivo** cuando posee escasa vegetación, se aprecia un movimiento de la arena sobre la duna que ocasiona un desplazamiento general de la estructura medanosa. **Fijo** se denomina cuando estructuras diversas o vegetación (generalmente exótica) mantienen a la arena del médano en su lugar y no se aprecian movimientos significativos de la misma. Por último, **semifijo** se considera un intermedio entre los puntos anteriores, la arena de la duna se desplaza parcialmente por causa de los agentes erosivos.

El hecho que el médano limite con un ambiente urbano o rural, condicionará las ponderaciones sobre la **condición, cobertura vegetal y protección del médano**.

La fijación de los médanos litorales induce el estampamiento de arena fina que altera la dinámica costera: las playas ceden arena pero desde las dunas forestadas no reciben arena de vuelta, por lo que la fijación de dunas litorales puede causar erosión (Isla, 2006). Si bien Isla señala la relación directa entre la fijación y la erosión de la playa, en ambientes urbanos las dunas vivas se degradan rápidamente, no solo por el barrido del sedimento sobre las calles, sino también por el uso que se le da a estas como cuatriciclos, 4x4, motos, etc.

En el caso de paisajes urbanos, un médano vivo genera menor protección que uno fijo o semifijo ya que el sedimento desplazado por el viento del este (desde la playa hacia el médano) no encuentra una barrera y es depositado sobre la calle o la infraestructura urbana. Las dunas vivas en el ambiente urbano, se traducen en una pérdida de arena. En este caso la vegetación sobre el médano central, facilita la retención de los sedimentos y favorece al crecimiento del médano.

En ambientes rurales los médanos vivos son un indicador de un sistema costero saludable, donde los sedimentos se mueven entre la playa y el continente, lo que se traduce en aumento en su ancho y extensión. Estos espacios forman parte de los ambientes naturales y albergan numerosas especies de aves y plantas.

La **cobertura vegetal** es de importancia en la fijación del médano y por ende en la protección de este sobre las estructuras posteriores. Retiene arena sobre la duna, pero no permite un intercambio dinámico con el sistema costero. En el caso de las dunas sobre zonas urbanas, la retención de arena por parte de la cobertura vegetal es de sumo interés debido a que desde el continente no existe aporte de sedimento para mantener la dinámica.

La estimación de la cubierta vegetal se determina a través del parámetro de cobertura. Se considera cobertura a la proporción del suelo ocupado por la comunidad vegetal,

estableciendo rangos de 25% en los valores, así se obtienen rangos de 0 a 25%, de 25 a 50%, de 50 a 75% y de 75 a 100% de cobertura vegetal. Estos valores se miden para toda la estructura de la duna (médano frontal, central y posterior).

La **protección del médano** conserva el sedimento ante los agentes erosivos. Se refiere a cualquier estructura natural o artificial que se sitúe por delante del médano o sobre él, con la finalidad de reducir el impacto del mar y el viento sobre el mismo.

La observación in situ interesa para determinar el tipo de protección que tiene el médano. Estas condiciones de protección se deben considerar solamente en el caso que ocupen más del 75% de la extensión de la duna y no por la presencia de algunos elementos en algún sector del médano.

La **pendiente del médano** frontal se considera leve a pendientes menores a 20°, moderada a pendientes de 20 a 45° y fuerte a pendientes mayores a 45°.

La **evidencia de erosión** se observa directamente sobre el pié del médano. La formación de escarpes por embates del mar sobre este sector de la duna es el indicador que indica la erosión. No refiere a procesos de disminución de altura por procesos eólicos ni por drenajes pluviales.

La evidencia de **acumulación de sedimentos** está indicada como depósitos de arena fina, con una pendiente de transición continua entre la playa distal y la cara frontal del médano.

Se consideran **cortes transversales** a cualquier interrupción en la cadena del médano, provocada naturalmente o por acciones antrópicas. Estos pueden ser pasos que se utilizan como ingreso a la playa, como los **pasos peatonales**, que son cortes en la línea de médanos que se utilizan para el acceso peatonal a la playa, **pasos vehiculares**, que son cortes en la línea de médanos que son utilizadas como paso de vehículos desde y hacia la playa. También hay cortes utilizados como **drenajes pluviales** hacia el mar.

El **uso en general** que se le da al médano determina su estado de conservación. Para el estudio se consideran distintos

usos como senderos o caminos de uso peatonal sobre la duna o entre la cubierta vegetal, circulación de vehículos, cuatriciclos o 4x4.

Se considera la **delimitación del médano** a la finalización continental del mismo. Se especifica cual es la estructura que determina la finalización del médano posterior.

Las **calles** se diferencian de acuerdo a su constitución, entre calles carpeta asfáltica o adoquines y calles de tierra a los caminos de suelo blando o semiblando de arena, conchilla, tierra que puede o no estar compactada. Se considera la delimitación con **viviendas** cuando las zonas donde el médano posterior limitan en forma directa con diversas estructuras habitacionales.

El **estado general del médano** refiere a la conservación de la estructura del médano ante la acción erosiva de factores naturales y antrópicos. Se considera **en formación** cuando la duna muestra signos de acreción, con acreción de sedimentos y escasa cubierta vegetal, sin denotar signos de daños por acciones antrópicas. Se asocia a las dunas vivas. Se considera **estable** a las dunas que no presentan signos de daño por acciones antrópicas. Conservan su altura y cubierta vegetal. Se considera **degradado** a aquellos médanos que presentan signos de daños por acción antrópica, se observan fragmentaciones y evidencias de erosión. Se considera **destruido** a los médanos que prácticamente han desaparecido por acción antrópica pero conserva parcialmente su extensión. Por último se considera **removido** en aquellas situaciones en la cual la duna ha desaparecido por diferentes causas como erosión o por acción antrópica.

- **Coefficiente de Construcciones**

Para el cálculo del coeficiente de construcciones (Ecuación 4) se deben determinar indicadores sobre el destino y uso de las construcciones y de la posición con respecto a la línea de costa (Tabla 3).

$$CCo = SIT + TIPO + POS$$

Ecuación 4. Donde: CCo: Coeficiente de construcciones; SIT: Situación; TIPO: Tipoy función de la construcción; POS: Posición relativa a la marea.

Parámetro	Detalle Observado	Ponderación
Situación (SIT)	Sin Construcción	2
	Con Construcción	-2
Tipo y Función de la Construcción (TIPO)	Murallón Costero, Defensa Costera	-1
	Actividades Náuticas	-3
	Balnearios	-2
	Viviendas	-4
	Bajadas de playa	-1
	Otros	0
	Posición relativa a la marea (POS)	Fuera del Rango de Mareas
Alcanzada por las mareas más altas		-1
Alcanzada por Tormentas		-2
Alcanzada por Mareas Regulares		-3
Siempre Bajo Agua		-4

Tabla 3. Ponderación de los indicadores ambientales de las construcciones

En primer lugar se hace indicación si la unidad de análisis presenta o no construcciones. Se considera **con construcción** cuando exista cualquier estructura artificial que se observe en la unidad de análisis. Si se observa alguna construcción deberá completarse este apartado. Se indicará la presencia de construcciones en cualquier escala, estado y función.

Se considera **sin construcción** cuando el médano y la playa carecen de cualquier estructura artificial. Este indicador es excluyente, ya que si no hay construcciones no se contemplan los indicadores siguientes.

Si existen construcciones es importante definir que tipo de estructura es, y cual es su función. Las **defensas costeras**, como los murallones, por ejemplo, son paredes rígidas o

semirígidas, paralelas a la costa que sirven como defensa del médano o construcción de los embates del mar o del viento. Pueden ser de hormigón, bloques, etc.

Se llaman **actividades náuticas** cuando la estructura esta relacionada con el uso y bajada de embarcaciones de la playa al mar, como actividades recreativas o pesca artesanal.

Los **balnearios** son complejos de playa que brindan determinados servicios asociados a la recreación y descanso del turismo, como baños, restaurantes y cafeterías, carpas en la playa y estacionamiento. Ocasionalmente algunos balnearios presentan bajadas náuticas.

El indicador de **viviendas** hace referencia a las viviendas familiares, hoteles, departamentos y cualquier otra construcción de residencia permanente o temporal.

La **bajada de playa** es un corte transversal por donde se tiene acceso a la playa con una estructura rígida que la forma. Las bajadas de playa pueden ser de uso peatonal cuando su uso se refiere exclusivamente el acceso de personas la playa, vehicular cuando por ella también transitan vehículos y comercial son bajadas donde existen puntos de venta de mercaderías, alquileres de vehículos y cualquier otra actividad comercial.

Se debe considerar la posición que ocupan las construcciones en relación con la marea. La construcción está **fuera del rango de mareas** cuando la pleamar nunca alcanza la construcción. Es **alcanzada por mareas altas regulares** cuando la construcción es alcanzada por la pleamar de forma regular. La construcción es **alcanzada por las mareas más altas** cuando la pleamar, en ocasiones en las que ocurren crecidas significativas, no observadas en forma periódica, llega sobre la estructura. Se considera **alcanzada por tormentas** cuando las construcciones son alcanzadas con las crecidas intensas debido a las tormentas. Se consideran **siempre bajo agua** cuando las construcciones quedan cubiertas bajo el agua.

Determinación del coeficiente de vulnerabilidad

En primer lugar se determina la **vulnerabilidad propia** del sector dado. Queda determinada por la sumatoria de los coeficientes de los tres parámetros de estudio (Ecuación 5).

$$V = CPL + CMe + CCo$$

Ecuación 5 - Donde: V : Coeficiente de Vulnerabilidad Propia del sector; CPL : Coeficiente de Playa; CMe : Coeficiente de Médano; CCo : V

Pero se debe tener en cuenta que las zonas contiguas a un sector influyen sobre el primero. Es decir, hay un efecto de *vecindad* que modifica el coeficiente de vulnerabilidad intrínseca de un sector. Para ajustar el coeficiente de vulnerabilidad propia de un sector al efecto de vecindad se aplican los distintos valores propios de cada uno de ellos con las distancias que estos se extienden (Ecuación 6).

Se calcula la vulnerabilidad para un sector B:

$$V_b = \frac{(v_b \cdot d_b) + \frac{(v_a \cdot d_a) + (v_c \cdot d_c)}{4}}{d_b + \frac{(d_a + d_c)}{4}}$$

Ecuación 6 - Donde: v_b : vulnerabilidad del sector b ajustada al efecto de vecindad, v_a : vulnerabilidad del sector a; v_b : vulnerabilidad del sector b; v_c : vulnerabilidad del sector c; d_a : extensión del sector a; d_b : extensión del sector a; d_c : extensión del sector a;

Los distintos valores obtenidos en el análisis matricial reflejan la clasificación de vulnerabilidad de cada unidad (Tabla 4)

Coefficiente de vulnerabilidad	Clasificación de vulnerabilidad
Hasta -6	Muy Alta
-5 a 0	Alta
1 a 5	Media
6 a 9	Baja
10 en adelante	Muy Baja

Tabla 4. Clasificación de vulnerabilidad según el coeficiente obtenido en la matriz.

En la tabla 4 se observan los coeficientes obtenidos a partir de las ecuaciones que dan lugar a las cinco categorías de vulnerabilidad en las que se clasificara las unidades de estudio. La correspondencia entre los valores de los coeficientes y su clasificación se determinaron a partir de la selección en el campo sectores que mostraban características ambientales propias para cada categoría y sobre estos se aplicó la metodología de evaluación propuesta.

A modo de ejemplo

La metodología se ha probado en campo en diferentes localidades del Partido de la Costa, Mar del Tuyú y Punta Médanos. En la localidad de Mar del Tuyú dado que es un espacio altamente antropizado y afectado por los procesos erosivos, en donde la cadena de médanos ha desaparecido en muchos sectores; y en la localidad de Punta Médanos, una zona con rasgos de naturalidad predominante, donde no hay construcciones aún y los médanos se encuentran en un estado prístino.

Así y luego de realizar las transectas, el trabajo de campo relevando los indicadores y determinando los coeficientes correspondientes (de playa, de médanos y de construcciones) realizado las ponderaciones, determinado el coeficiente de

vulnerabilidad propia del sector, y el coeficiente de vulnerabilidad, se llegó a la clasificación de vulnerabilidad para todos los sectores. De los datos obtenidos se ejemplifican cinco situaciones que determinan cada clasificaciones de vulnerabilidad (Tabla 5).

Segmento	Coefficiente de vulnerabilidad	Clasificación de vulnerabilidad
Punta médanos	55,1	Muy Baja
Mar del Tuyú – Calles 55/56	-2	Baja
Mar del Tuyú – 57/58	4	Media
Mar del Tuyú – Calles 71/72	-2	Alta
Mar del Tuyú – Calle 58	-17	Muy Alta

Tabla 5. Clasificación de vulnerabilidad en los segmentos Punta Médanos y Mar del Tuyú según el coeficiente obtenido en la matriz.

Tal como puede observarse Punta Médanos posee una **Muy Baja Vulnerabilidad** dada principalmente por las altas ponderaciones en los dos sectores (playa y médano) al poseer una amplia playa distal y proximal y médanos estables y con evidencia de acumulación. De la misma manera en cuanto a los indicadores para el coeficiente de construcciones, al no poseer ningún tipo de estructura se registra una condición buena. Como ejemplo de **Vulnerabilidad Baja** se encuentra una porción de territorio de Mar del Tuyú, entre las calles 55 y 56, donde se observan una playa más estrecha y de pendiente leve, donde la playa distal tiene una longitud aproximada de 6 metros y no hay evidencia de berma. El médano presenta una estructura estable con una importante cubierta vegetal, una extensión de 180 metros, y una dimension de 3 metros de alto por 20 de ancho. Sobre el médano no hay construcciones, que comienzan a 50 a 60 metros tierra adentro y son viviendas en general.

Un sector de **Vulnerabilidad Media** es el comprendido entre las calles 57 y 58 de la citada localidad. Es similar al anterior en cuanto a características de playa y de médano, pero se diferencian fundamentalmente en dos situaciones. Este sector presenta construcciones, como viviendas, en el sector posterior

del médano y está situado entre varios sectores de muy alta vulnerabilidad, lo que reduce el coeficiente obtenido en el cálculo.

El sector comprendido entre las calles 71 y 72 de Mar del Tuyú constituye un claro ejemplo de **Vulnerabilidad Alta**. Este sector presenta una playa muy angosta-playa distal de 3 metros y de pendiente leve. El médano está muy degradado por la acción del proceso erosivo y en la actualidad se asemeja a un terraplén de 3 metros de ancho que limita con una calle de tierra, en un sector altamente urbanizado. Como es un sector urbano, se evidencian los cortes transversales en el médano en las bajadas de las calles que actúan como drenaje pluvial.

En el otro extremo, es decir una **Vulnerabilidad Muy Alta**, se encuentra la transecta de la calle 68 de la mencionada localidad, en la que los tres coeficientes manifestaron las peores condiciones al poseer muy poca extensión de playa distal y proximal, poseer una fuerte evidencia de erosión, ausencia total de cordón de médanos y encontrarse las construcciones expuestas a las mareas regulares.

Conclusiones

La metodología propuesta en el trabajo permite evaluar la vulnerabilidad a la erosión en un sector determinado. Los valores que resultan del análisis de la matriz permiten diagnosticar cuál es el estado de vulnerabilidad del cordón costero. Estas clasificaciones tienen el objeto de ayudar a la hora de planificar acciones de cualquier tipo sobre la franja costera. Aquellos sectores de **Vulnerabilidad Muy Alta y Alta** son los que requieren mayor atención de los organismos pertinentes, ya que son los sectores más propensos a sufrir daños por acción de la erosión. Cuando las unidades de análisis muestran una **Vulnerabilidad Media**, el corredor costero tiene menos probabilidades de sufrir daños por los procesos erosivos, siendo un importante indicador de la necesidad de acciones para protección de los sectores que aún no fueron degradados por la conjunción de la erosión natural y la antropización del ambiente.

Por último están las unidades que tienen una clasificación de **Vulnerabilidad Baja** y **Muy Baja**. Dada las ponderaciones asignadas a los indicadores ambientales, en esta categoría solo corresponden ambientes donde la estructura del médano esté en un estado ideal. Esta clasificación es la que indica que un sector prácticamente no corra riesgos de sufrir daños por los procesos de erosión. No obstante estas zonas tienen la particularidad de constituir áreas estables y dinámicas, por lo cual también deben ser aquellas en las que se centren los esfuerzos para proteger y no permitir que se conviertan en espacios con vulnerabilidad decreciente.

Esta metodología se probó en campo en el Partido de La Costa en las localidades de Mar del Tuyú y Punta Medanos donde se efectuaron algunas correcciones sobre las ponderaciones que le fueron asignadas a cada indicador ambiental y la metodología para la obtención de los datos a campo. Los resultados finales sobre la clasificación de vulnerabilidad de las unidades de estudio se ajustan a las observaciones realizadas in situ, donde la transecta realizada en Punta Médanos registra una Muy Baja vulnerabilidad y Mar del Tuyú Muy Alta. El aporte principal de este trabajo se refleja en la práctica, sencilla y rápida obtención de datos para construir las matrices y los indicadores de evaluación de vulnerabilidad. Su determinación y monitoreo, resultan un interesante elemento para la evaluación, mitigación de la zona costera, mientras que su aplicación comparativa en el tiempo, permite evaluar un indicador de gestión.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido llevado adelante parcialmente, por fondos provenientes de Proyecto Buenos Aires III/ 2006 del Consejo Federal de Ciencia y Técnica. Los autores quieren agradecer al apoyo recibido por las autoridades del Partido de La Costa. A la Fundación Ecocostas que a través de la Red de Manejadores Costeros de Latinoamérica han motivado esta iniciativa y han financiado parcialmente estas actividades. A la

Cooperativa de Servicios Públicos San Clemente del Tuyu, la Fundación Patagonia Natural; Fundación Mundo Marino, Hostería Santa Teresita, Fundación Avina por su apoyo para la concreción de actividades. A A. Scalise, G. Caille, A. Martinez ; M. Polette ; M. Bello; J.M. Musmesci; J. De Jesús, N. Fernades, G. Mendez y F. Deyuanini por sus aportes al trabajo y en la participación del Taller de discusión en Santa Teresita.

Bibliografía

Bennett, M. y Doyle, P. 1997. Environmental Geology. Geology and Human Environment, John Wiley & Sons, Chichester, New York, 501 pp.

Cardona, O.D., 1993. Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. Elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo. En Maskrey, A. (Ed.). Los desastres no son naturales. LA RED de estudios sociales. Primera edición. Bogotá. 45-65.

Cardona, O.D., 2001. La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo: una crítica y revisión necesaria para la gestión. International work-conference of vulnerability in disaster theory and practice. En: LA RED de estudios sociales. Wageningen, Holanda.

Dadón, J., 2003. Impactos ambientales del turismo costero en la provincia de Buenos Aires. Bs. As. FCEN, UBA. Buenos Aires.

Del Río, L y Gracia, F. 2007. Análisis de la vulnerabilidad de los acantilados atlánticos de la provincia de Cádiz ante la erosión costera. *Rev. C & G.*, 21 (1-2), 87-101.

Isla, F., 2006. Erosión y Defensas Costeras. En Lasta C. E Isla, F. Editores, Manual de Manejo Costero para la Provincia de Buenos Aires. UNMDP-Eudem, 125-148.

Isla, F. I., Juárez, V., Cortizo, L. C, Bértola, G. R. y Farenga, M., 1998. Invucobo: Inventario de la Vulnerabilidad costera bonaerense. En: V Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerense, v.2, 17-24. Mar del Plata.

Kokot, R. R, Codignotto, J. O. y Elissondo, M., 2004. Vulnerabilidad al ascenso del nivel del mar en la costa de la

Provincia de Río Negro *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 59 (3): 477-487.

Marcomini, S. y López, R. 2001. Método de evaluación de vulnerabilidad de playa. Caso tipo Las Toninas. III Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial del MERCOSUR. Actas CD-ROM. 6pp. Mar del Plata.

Marcomini, S., López, R. y Spinoglio, A., 2007. Uso de la morfología costera como geoindicador de susceptibilidad a la erosión en costas cohesivas, Necochea, Buenos Aires. *Rev. Asoc. Geol. Argent.* v.62 n.3 Buenos Aires.

Martínez, J., 2001. Vulnerabilidad y adaptabilidad de la zona costera colombiana al ascenso acelerado del nivel del mar. Documento Inédito Ministerio de Medio Ambiente de Colombia. Bogotá.

Mazzoni, M.M. y Spalletti, L A., 1978. Evaluación de procesos de transporte de arenas litorales bonaerenses a través de análisis texturales y mineralógicos. *Actas Oceanografía Argentina* II(1):51-67.

Pérez, M. y Linares, A. 1999. Escenarios de vulnerabilidad por ascenso del nivel del mar en la costa mexicana del Golfo de México y el Mar Caribe. *Investigaciones Geográficas. Boletín* 39.

Schnack, E.J. y O'Neill, M., 2001. Erosión y acreción costera en la costa arenosa oriental de la Provincia de Buenos Aires. Informe técnico, Proyecto OEA/CIDI.

Schnack, E. J., Pousa, J. L. and Isla, F. I., 1998. Erosive processes on the sandy coastline of Argentina. *In: Christoph Preu (Ed.), Aktuelle Beiträge zur interdisziplinären Meeres- und Küstenforschung. Vechtaer Studien zur Angewandten Geographie und Regionalwissenschaft, Band* 20: 133-136.

BARRERAS MEDANOSAS DEL PASADO

Federico Ignacio Isla

CONICET-UNMDP

Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario

Los médanos fósiles son reconocibles en el registro geológico a través de sus estructuras sedimentarias cruzadas. Cuando estas estructuras se orientan en un único sentido, la dirección de inclinación de los estratos indica el sentido de transporte de la arena en tránsito. Cuando las estructuras se cruzan en ambos sentidos queda claro que son médanos reversibles, es decir que se han movido en un sentido y luego han migrado en sentido opuesto (**Fig. 1**).

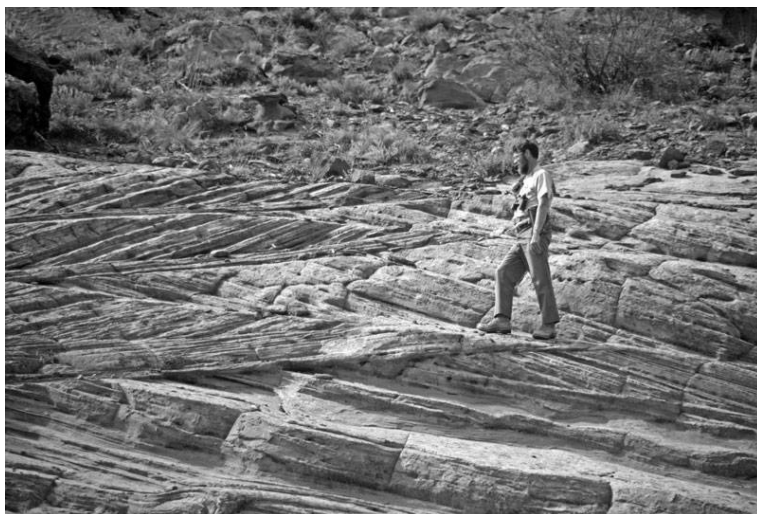


Fig. 1. Ralph Hunter (USGS, Menlo Park, California) caminando sobre estructuras medanosas fósiles de la Arenisca Navajo (Estados Unidos).

Las barreras medanosas se dan en el registro geológico y han sido consideradas de interés como potencial roca reservorio de petróleo. Por su proximidad a lagunas costeras, potencial roca-

madre de petróleo, estos sistemas barrera-laguna han sido preferidos como potenciales trampas estratigráficas de petróleo (Clerot et al. 2004). En nuestro país, algunos ejemplos han sido evaluados por su potencial petrolero en la Cuenca Neuquina (Valenzuela 2002).

1. Modelos de evolución de barreras medanosas

Las barreras medanosas, como hemos visto en diferentes capítulos, evolucionan en relación con el comportamiento del nivel del mar. Si el mar avanza las barreras migran hacia el interior como consecuencia de ese ascenso del nivel del mar (transgresión; Fig. 2A). Si el mar retrocede, las barreras se van haciendo más anchas conformando cadenas de médanos (progradación; fig. 2B). Puede suceder que el mar suba pero al haber un significativo aporte de sedimento, los médanos costeros así como otros ambientes costeros van acumulando material (agradación; fig. 2C).

De acuerdo a la inclinación de la planicie costera sobre la que aumenta el nivel del mar, la barrera puede migrar hacia el interior (transgresión) o puede ser completamente erosionada (Roy et al. 1995). Con suaves inclinaciones de la planicie costera las barreras migran hacia el interior, pero son erosionadas si el mar avanza sobre una planicie de gran pendiente (Fig. 3).

Este efecto de la pendiente de la planicie costera sobre la que se asientan las barreras medanosas es particularmente determinante de la arquitectura que toman ambas barreras para una misma fluctuación del nivel del mar (Isla et al. 1996). La Barrera Medanosa Oriental (BMO, Villa Gesell-Mar Chiquita) consiste en una sucesión de formaciones que fueron acumulándose (agradando) en los últimos 6000 años (Fig. 4). La Barrera Medanosa Austral (BMA, Miramar-Pehuen Co), en cambio, es una acumulación de arenas que en los últimos 6000 años se montó sobre antiguos depósitos continentales en los que se distinguen viejos acantilados. La diferencia entre ambas radica en la pendiente regional de la planicie y la abundancia de arena.

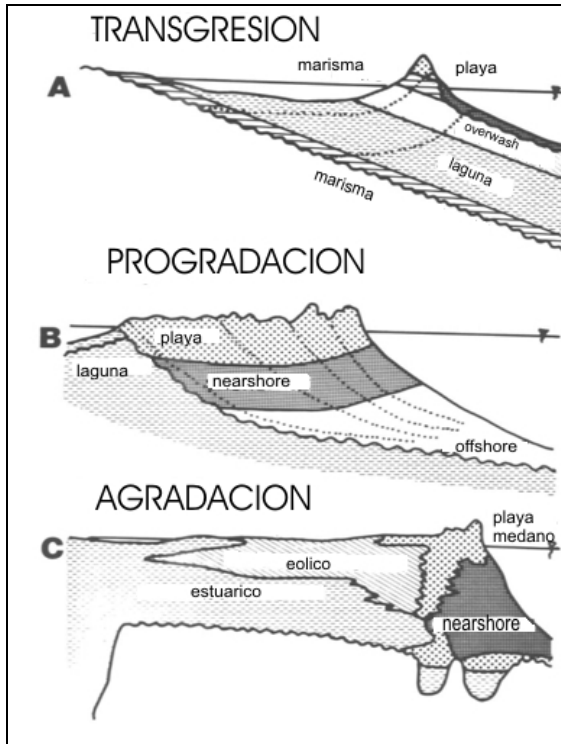


Fig. 2. Perfiles estratigráficos de secuencias costeras transgresivas, progradantes y agradacionales (modificado de Galloway y Hobday 1983).

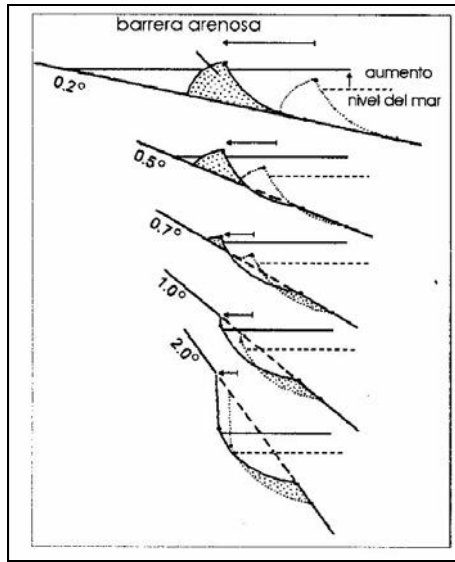


Fig. 3. Evolución de una barrera medanosa de acuerdo a la pendiente de la planicie costera (modificado de Roy et al. 1995).

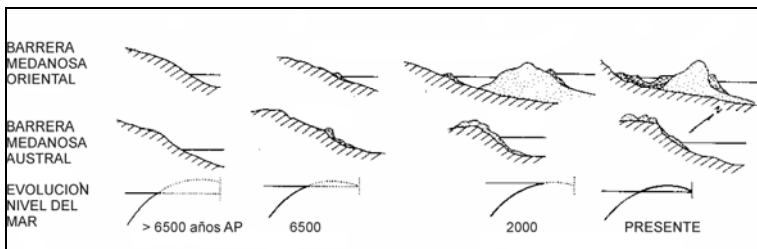


Fig. 4. Modelo comparado de evolución de las barreras medanosas oriental y austral de Buenos Aires en relación a la fluctuación del nivel del mar.

Una muy buena aproximación al comportamiento natural de barreras medanosas se puede lograr a través de la interpretación de cartas antiguas, como la de Cardiel de 1749 (Fig. 5).

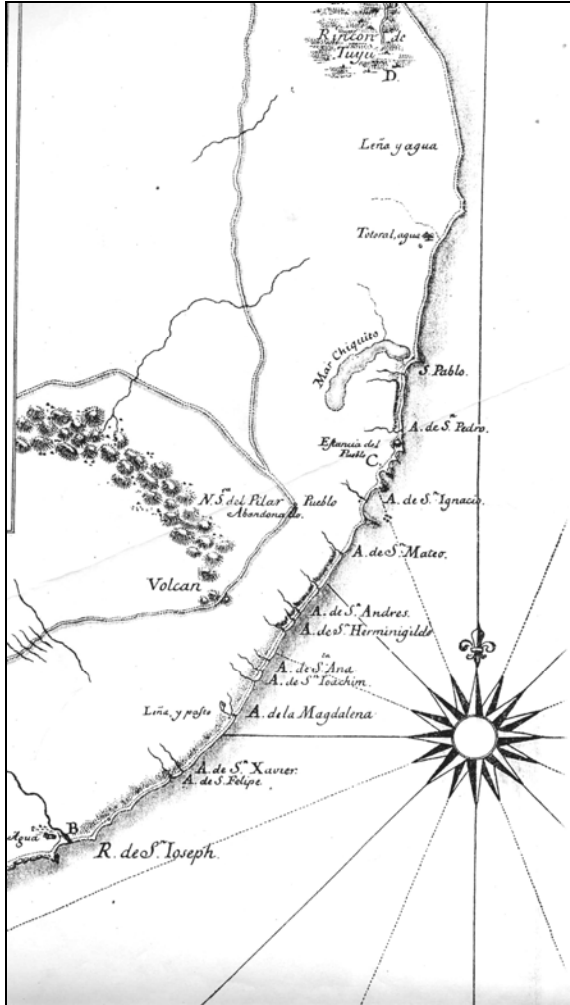


Fig. 5. Mapa de las barreras Oriental y Austral de acuerdo a la información recabada por el jesuita José Cardiel en 1749.

2. La edad de los médanos

Evidencias de médanos que hoy no están activos se pueden reconocer en algunas de las areneras que se explotaron o se explotan actualmente. Los paleosuelos en un ambiente de barrera constituyen antiguas acumulaciones de materia orgánica originada por la particular vegetación de una laguna intermedanosa que fue sepultada por un médano. Estas acumulaciones de materia orgánica pueden ser analizadas en su relación Carbono estable/Carbono radiactivo para conocer su edad, antes de ser sepultados por médanos costeros. Estos paleosuelos sepultados entre médanos de barrera nos pueden dar evidencias de estabilidad climática o abundancia de lluvias (que permitieron la formación de suelos en un ambiente arenoso), cambios en el régimen de vientos (que indujeron el transporte de los médanos en un sentido diferente), o aumento de la aridez (los médanos se reactivaron). Es por todo ello, que se ha procurado buscar estas referencias paleoclimáticas en barreras medanosas del Holoceno (10,000 años).

En Europa, algunos cambios en los médanos de barrera han sido relacionados a cambios climáticos como la Pequeña Edad de Hielo (Tastet y Pontee1998). Tanto en las barreras de Buenos Aires (Isla et al. 2001) como de Río Grande do Sul (Martinho et al 2008) se formaron suelos a partir de la estabilización del nivel del mar (Fig. 6). Este máximo transgresivo habría ocurrido antes en Buenos Aires (6000 años AP) que en Río Grande do Sul (5000 años AP). De todos modos, en ambas barreras se han distinguido 3 momentos de estabilidad (edad de paleosuelos), con posterioridad a los cuales habrían comenzado a moverse nuevamente los médanos costeros.

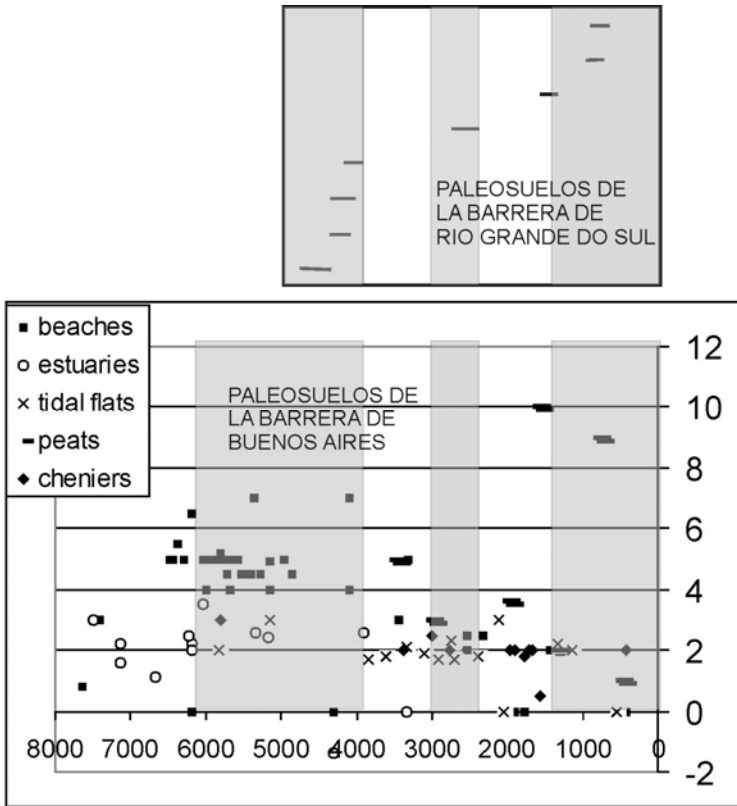


Fig. 6. Estadios de formación de suelos (peats) en las barreras holocénicas de Río Grande do Sul (arriba; modificado de Martinho et al. 2008) y Buenos Aires (abajo, modificado de Isla et al. 2001).

3. Barreras recicladas o canibalizadas

La reconstrucción geológica de las barreras medanosas nos permite ver además otras variables que condicionan su evolución o preservación. En algunos sectores se han visto playas fósiles o paleocantilados que fueron formados durante antiguos niveles altos del mar. En Punta Mogotes, Centinela del Mar y Claromecó, la erosión costera descubre antiguas playas

fósiles que yacían adosadas a antiguos acantilados. Mientras hubo abundancia de arena, las dunas trepaban estos antiguos acantilados y los rasgos antiguos permanecían tapados por la arena (Fig. 7 A). Cuando la arena comenzó a escasear, se desactivaron las rampas que operaron desde la playa y los médanos litorales quedaron colgados sobre los antiguos acantilados. (Fig. 7B). Antiguas playas fueron exhumadas como las que aparecen al pie del Faro de Claromecó. Esta exhumación de antiguas playas puede dar lugar a playas compuestas de arena fina y grava como las de Costa Bonita. Los médanos colgados son testimonio de una abundancia de arena fina que hoy no existe (Fig. 7C), sea por causas naturales como inducida por actividades humanas. En la región de El Moro (partido de Lobería) existen ondulaciones medanosas totalmente desvinculadas de la costa actual (Fig. 8).

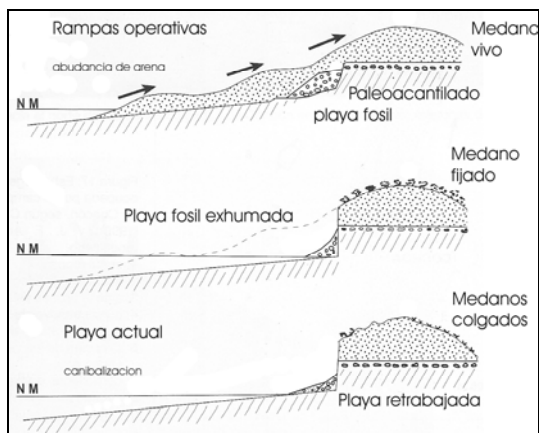


Fig. 7. Distintos estadios de evolución de una barrera medanosa desde la abundancia de arena original a la escasez de arena y la canibalización de antiguos depósitos costeros (modificado de Paskoff y Manríquez 2004).



Fig. 8. Acumulaciones de postbarrera fijadas por vegetación y forestadas en la Estancia Moromar (partido de Lobería).

En el delta del Río Colorado, existieron islas alineadas que conformaban “islas de barrera” que hoy día han desaparecido. Efectivamente, en la carta náutica del piloto De la Peña (1796; Fig. 9) se precisaron una serie de islas alineadas que habían desaparecido en la carta levantada por la tripulación inglesa al mando de FitzRoy (1833).

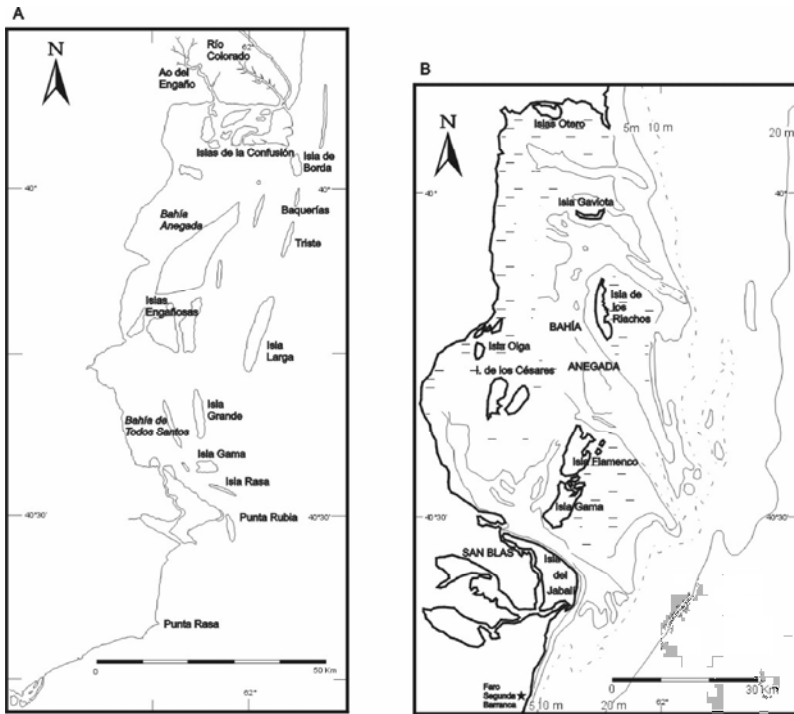


Fig. 9. Cambios en las islas de barrera de la planicie deltaica del Río Colorado antes y luego de que cambiara su desembocadura (modificado de Spalletti e Isla 2003).

Paleo-barrera medanosa Austral de Buenos Aires

En los partidos de Gral. Alvarado, Necochea y Tres Arroyos existen tres evidencias de una antigua barrera medanosa que se extendía en este tramo, cuando el nivel del mar alcanzó unos 6 m por encima del actual. Este nivel alto del mar (*highstand*) ocurrió en todo el mundo durante lo que fue el anterior estadio Interglacial (el agua de los hielos se había derretido como lo hacen actualmente). Estos 3 afloramientos son vestigios de aquella barrera medanosa de hace 120.000 años y se presentan en ambientes diferentes denominados facies. En Centinela del Mar

(Gral. Alvarado) se pueden ver acumulaciones de areniscas conteniendo trozos de conchillas (bioclástica) en elevaciones que representan antiguos médanos (Fig. 10).

Al oeste de Necochea, cerca del límite con el partido de San Cayetano (Arroyo Zabala), existe otro afloramiento costero vestigio de esta barrera medanosa del Pleistoceno superior. Al pie del faro de Claromecó (Partido de Tres Arroyos) también se dan estas areniscas sino que contienen restos fósiles del gasterópodo *Tegula patagonica*, que se depositaron en una playa similar a las actuales. Si bien estos moluscos fueron datados por el método del decaimiento de Uranio en Torio como muertos hace 93.500 ± 3500 años antes del presente, se supone que corresponden en realidad al Interglacial de hace 120.000 años. Los afloramientos de Centinela del Mar corresponden al Interglacial denominado “Belgranense” y han sido declarados de interés municipal por el Municipio de Gral. Alvarado. Existió otra barrera medanosa similar a esta, que se extendió entre Mar Chiquita y Bahía Samborombón, pero se presenta en restos saltuarios al oeste de la ruta 11.



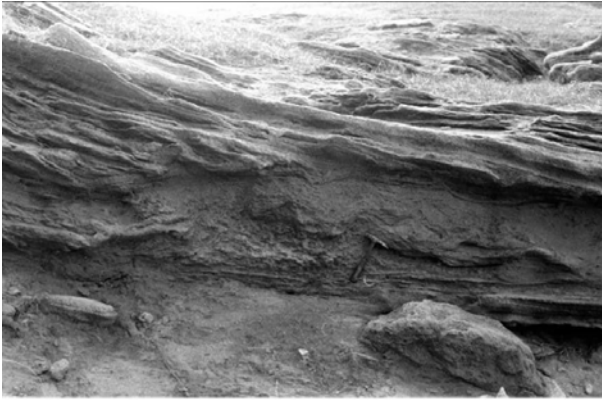


Fig. 10. A) Médanos que se movían de oeste a este (izquierda a derecha) hace 120.000 años en Centinela del Mar (Partido de Gral. Alvarado). **B)** En su extremo oriental, los médanos fueron sepultando una laguna.

Estas barreras medanosas son muy comunes en el sur de Brasil. La laguna dos Patos se formó en una depresión compuesta por una sucesión de barreras medanosas que ocuparon un sector aproximadamente similar durante diferentes estadios de nivel alto del mar o interglaciales (Fig. 11). En algunos sectores, estas barreras de diferente edad se las puede reconocer adosadas unas a otras. Si existe aporte de sedimento, las barreras están separadas por depresiones o depósitos del relleno de antiguas lagunas costeras. Lógicamente, barreras de diferente edad pueden presentarse asociadas si no existió levantamiento o sumergencia tectónica de la costa (Fig. 12).

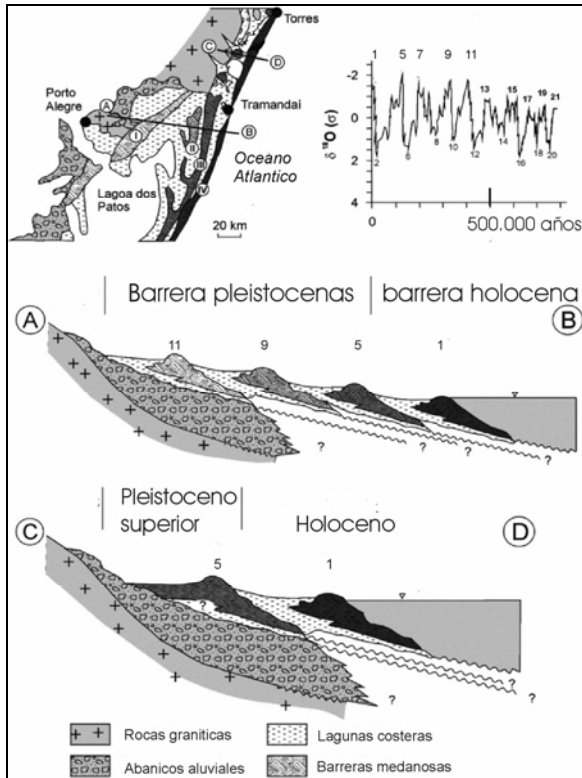


Fig.11. Emplazamiento de barreras medanosas fósiles al norte de Río Grande do Sul (modificado de Tomazelli et al, 2000).

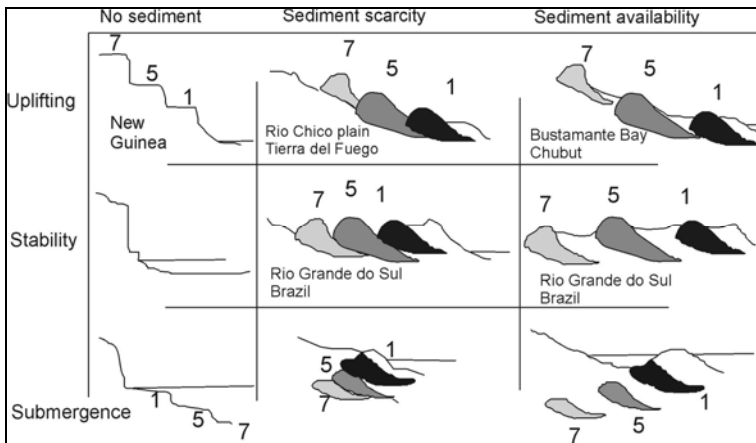


Fig. 12. Emplazamiento de barreras y terrazas de erosión marina en relación al comportamiento tectónico de la costa (modificado de Isla y Bujalesky 2008)

Conclusión

Las barreras medanosas se han formado y destruido repetidamente en el registro geológico, y resultan de interés como cuerpos arenosos porosos capaces de almacenar hidrocarburos.

Bibliografía

- Clerot, L. C. P., Tomazelli, Luis, J, Dillenburg, S. y Medeanic, S., 2004. Characterization of an analogous reservoir: the example of holocene coastal sand barrier in Rio Grande do Sul, Southern Brazil. 3er. Congreso Brasileiro de Petróleo e Gás, 6 pp.
- Galloway, W.E. y Hobday, H. K., 1983. Terrigenous clastic depositional systems. Springer Verlag, NY, 423 pp.
- Isla, F. I. y Bujalesky, G. G., 2008. Coastal Geology and morphology of Patagonia and Fuegian Archipelago. En Rabassa, J. R. (ed.) The Late Cenozoic of Patagonia and Tierra del Fuego. Elsevier Sci. Publ., Ch. 10, 227-240.

- Isla, F. I., Cortizo, L. C. y Schnack, E. J., 1996. Pleistocene and Holocene beaches and estuaries along the Southern Barrier of Buenos Aires. *Quaternary Science Reviews* 15, 8-9, 833-841.
- Isla, F. I., Cortizo, L. C. y Turno Orellano, H., 2001. Dinámica y evolución de las barreras medanosas, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. Uniao da Geomorfologia Brasileira, Rio de Janeiro, 2, 1, 73-83.
- Martinho, C. T., Dillenburg, S. R., y Hesp. P. A., 2008. Mid to Late Holocene evolution of transgressive dunefields from Rio Grande do Sul coast, southern Brazil. *Marine Geology* 256, 49-64.<
- Paskoff, R., y Manríquez, H., 2004. Las dunas de las costas de Chile. Instituto Geográfico Militar, Santiago de Chile, 112 pp.
- Roy, P. S., Cowell, P. J., Ferland, M. A. y Thom, B. G., 1995. Wave-dominated coasts. En Carter, R. W. G. and Woodroffe, C. D. (eds.) *Coastal evolution: Late Quaternary coastal morphodynamics*. Cambridge Univ. Press, 121-186.
- Spalletti, L. A. e Isla, F. I., 2003. Evolución del delta del Río Colorado (“Colú Leuvú”), Provincia de Buenos Aires, República Argentina. *Revista AAS*, 10, 23-27.
- Tastet, J. P. y Pontee, N. I., 1998. Morpho-chronology of coastal dunes in Médoc. A new interpretation of Holocene dunes in Southwestern France. *Geomorphology* 25, 93-109.
- Tomazelli, L. J., Dillenburg, S. R. and Vilcock, J. A., 2000. late Quaternary geologic history of Rio Grande do Sul coastal plain, Southern Brazil. *Revista Brasileira de Geociências* 30, 3, 470-472.
- Valenzuela, M., 2002. Los reservorios del miembro Avilé de la Formación Agrío. En Schiuma, M., Hinterwimmer, G., Vergani, G. (eds.) *Rocas reservorio de las cuencas productivas de la Argentina*. Simposio del V Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos Mar del Plata, IAPG, 433-446.

